



Российская Академия Наук



приоритет2030[^]
лидерами становятся



COLLECTION OF SCIENTIFIC PAPERS

II International Scientific and Practical Conference "DEVELOPMENT AND MODERN PROBLEMS OF AQUACULTURE" ("AQUACULTURE 2022" Conference)

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 26 — October 02, 2022



#Агропром

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

II МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

**«РАЗВИТИЕ И СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ АКВАКУЛЬТУРЫ»
(КОНФЕРЕНЦИЯ «АКВАКУЛЬТУРА 2022»)**

с применением дистанционных технологий

с. Дивноморское,
26 сентября – 02 октября 2022 г.

Донской государственный технический университет
г. Ростов-на-Дону
2022

COLLECTION OF SCIENTIFIC PAPERS

II INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE

**"DEVELOPMENT AND MODERN PROBLEMS OF AQUACULTURE"
("AQUACULTURE 2022" CONFERENCE)**

using remote technologies

Divnomorskoye,
September 26 – October 02, 2022

Don State Technical University
Rostov-on-Don
2022

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Б.Ч. Месхи — ректор Донского государственного технического университета, член-корреспондент Российской академии образования, д-р техн. наук, профессор

Г.Г. Матишов — заместитель президента Российской академии наук, член президиума Российской академии наук, академик Российской академии наук

И.М. Донник — член отделения сельскохозяйственных наук Российской академии наук, академик Российской академии наук

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

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

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, канд. 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

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

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

- P17 **Развитие и современные проблемы аквакультуры (Конференция «Аквакультура 2022»):** сборник научных трудов II Международной научно-практической конференции (с. Дивноморское, 26 сентября – 02 октября 2022 г.) / ред. кол. Б.Ч. Месхи [и др.]; ДГТУ – Ростов-на-Дону: ДГТУ-Принт, 2022. – 172 с.

ISBN 978-5-6049121-4-0

Сборник издан по результатам II Международной научно-практической конференции «Развитие и современные проблемы аквакультуры», проводимой факультетом «Агропромышленный» Донского государственного технического университета, и предназначен для специалистов в области аквакультуры, охраны водных ресурсов, селекции и генетики, а также обучающихся соответствующих специальностей, и для широкого круга читателей, интересующихся научными исследованиями и разработками в этой области.

В сборнике содержатся материалы, отражающие многогранный подход к изучаемой тематике. Рассмотрены такие темы, как осетроводство, пробиотические препараты, разведение специфических пород рыбы на Дону, вопросы разведения скатов и кораллов, акватерапия. Широкий круг вопросов свидетельствует о том, что аквакультура была и остаётся в центре внимания научного сообщества и что данная отрасль имеет первостепенное значение для не только для хозяйства Юга России и всей страны в целом, а также для мирового научного и производственного сообществ, в рамках конференции объединяющих свои усилия для создания проектов, необходимых для активного развития отрасли, бизнеса и науки.

ПРЕДИСЛОВИЕ

С 26 сентября по 02 октября в СОСК «Радуга» пос. Дивноморское прошла II Международная научно-практическая конференция «Развитие и современные проблемы аквакультуры» (Конференция «Аквакультура 2022»). Мероприятие проведено в рамках реализации в форме субсидий из федерального бюджета образовательным организациям высшего образования на реализацию мероприятий, направленных на поддержку студенческих научных сообществ.

Организатором данной Конференции выступил Донской государственный технический университет при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Российской академии наук и Южного научного центра Российской академии наук.

Конференция «Аквакультура 2022» является современной площадкой для обмена новейшими достижениями и разработками, обсуждения перспектив взаимодействия науки, образования и бизнеса, охватывающими 7 основных направлений Конференции: «Интенсивные технологии аквакультуры», «Современные подходы к диагностике и организации лечебно-профилактических мероприятий в аквакультуре», «Генетические методы и современная селекция в аквакультуре», «Производство и перспективы рынка рыбных кормов», «Проблемы образования в отрасли аквакультуры и рыболовства», «Пробиотические препараты направленного модулирования здоровья сельскохозяйственных животных и объектов аквакультуры» (в рамках Мегагранта № 075-15-2022-285 Минобрнауки России) и «Проблемы водных ресурсов и аквакультуры южного макрорегиона».

За время проведения Конференции были представлены более 100 докладов от ведущих представителей научного, образовательного и индустриального сообщества в очном и дистанционном форматах. Докладчиками выступили специалисты со всей России и стран ближнего и дальнего зарубежья: Москва, Новосибирск, Санкт-Петербург, Астрахань, Волгоград, Краснодар, Ростов-на-Дону, Луга, Тамань, Петрозаводск, Самара, Республика Крым, Республика Узбекистан, Республика Вьетнам, Болгария и другие.

Выступления участников Конференции отличались тематическим разнообразием: сохранение и охрана биологических ресурсов Мирового океана, профилактика заболеваний рыб и других объектов аквакультуры, применение генетических методов и современной селекции в аквакультуре, изучение перспективных источников сырья и развитие интеллектуальных технологий в аквакультуре.

Программный и организационный комитеты, а также все участники Конференции выражают благодарность партнерам и журналу «E3S Web of Conferences», индексируемому библиографическими базами данных Web of Science и (или) Scopus, за публикацию статей Конференции «Аквакультура 2022».



PREFACE

From September 26 to October 02, 2022, at the SSHC "Raduga" (village of Divnomorskoye) DSTU hosted the II International Scientific and Practical Conference "Development and Modern Problems of Aquaculture" ("Aquaculture 2022" conference). The event was held as part of the implementation in the form of subsidies from the federal budget to educational organizations of higher education for the implementation of activities aimed at supporting student scientific communities.

Don State Technical University organised this conference with the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, the Russian Academy of Sciences and the Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. The Conference is a modern platform for the sharing of the latest achievements and developments, discussion of prospects for the interaction of science, education and business, covering 7 main areas of the Conference: "Intensive aquaculture technologies", "Modern approaches to the diagnosis and organisation of therapeutic and preventive measures in aquaculture", "Genetic methods and modern breeding in aquaculture", "Production and prospects of the fish feed market", "Problems of education in the aquaculture and fishing industry", "Probiotic drugs aimed at modulating the health of farm animals and aquaculture objects" (within the framework of Megagrant No. 075-15-2022-285 of the Ministry of Education and Science of Russia), "Problems of water resources and aquaculture of the southern macroregion".

During the conference, more than 100 reports were presented from leading representatives of the scientific, educational, and industrial community in both on-site and remote formats. The speakers were experts from all over Russia and countries of the near and far abroad: Moscow, Novosibirsk, St. Petersburg, Astrakhan, Volgograd, Krasnodar, Rostov-on-Don, Luga, Taman, Petrozavodsk, Samara, the Republic of Crimea, the Republic of Uzbekistan, the Republic of Vietnam, Bulgaria and others.

Presentations at the conference were distinguished by thematic diversity: conservation and protection of the biological resources of the world's oceans, prevention of fish diseases and other aquaculture objects, application of genetic methods and modern breeding in aquaculture, study of prospective sources of raw materials, development of intellectual technologies in aquaculture.

The Program and Organising Committees express their gratitude to the "E3S Web of Conferences" journal indexed by the bibliographic databases Web of Science and Scopus, for the publication of articles "Aquaculture 2022" conferences.





Дорогие коллеги, от лица Российской академии наук рад обратиться к участникам Конференции «Аквакультура 2022»!

В сложившихся условиях современного мира, мы видим, насколько важно развитие рыбной отрасли в нашей стране. Аквакультура способствует обеспечению продовольственной безопасности, увеличению занятости, развитию бизнеса в различных секторах экономики.

Второй год подряд Донской государственный технический университет проводит Конференцию, позволяющую объединить усилия по развитию научно-исследовательских работ и новейших технологических разработок инновационной деятельности.

Считаю, что вопросы аквакультуры привлекут еще больше представителей научного и образовательного сообществ, промышленных партнеров со всего мира.

Геннадий Григорьевич Матишов

*Заместитель президента Российской академии наук,
Член президиума Российской академии наук,
Академик Российской академии наук*

Dear colleagues, on behalf of the Russian Academy of Sciences, I am pleased to address the participants of the Conference "Aquaculture 2022"!

In the current conditions of the modern world, we see the importance of development of the fishing industry in our country. Aquaculture contributes to ensuring food security, employment increasing, business development in various sectors of the economy.

For a second year in a row, the Don State Technical University holds the conference, which allows combining efforts in development of scientific and research work and the latest technological developments of innovative activity.

I believe that issues of aquaculture will attract even more representatives of scientific and educational communities, industrial partners from all over the world.

Gennady Matishov

*Deputy President of the Russian Academy of Sciences,
Member of the Presidium of the Russian Academy of Sciences,
Academician of the Russian Academy of Sciences*



Уважаемые коллеги!

Развитие современной науки и техники несёт не только новые перспективы, но и новые вызовы, на которые мы обязаны дать ответ. Аквакультура – одна из самых важных отраслей хозяйства России. Реки и моря всегда играли важную роль в жизни нашей страны, и современная эпоха снова подтверждает значимость водных артерий.

Очень важно заботиться о том, что мы имеем, сохранять и приумножать накопленное: не только материальные ресурсы, но и опыт, знания. Радостно видеть, что Конференция привлекает внимание молодёжи, которая, основываясь на разработках своих великих предшественников, и сама привносит нечто новое в научную сокровищницу России.

Желаю всем участникам Конференции плодотворных дискуссий на благо науки и всей страны!

Бесарион Чохоевич Месхи

*ректор Донского государственного технического университета,
член-корреспондент Российской академии образования*

Dear colleagues, guests, and participants of the Conference!

Development of modern science and technic brings not only new perspectives but also new challenges to which we must respond. Aquaculture is one of the most important branches of the Russian economy. Rivers and seas have always played an important role in the life of our country, and the modern era once again confirms the importance of waterways.

It is very important to take care of what we already have and multiply what we have accumulated: not only material resources, but also experience and knowledge. It is a great joy to see that the conference attracts the attention of young people who, basing on the developments of their great predecessors, themselves bring something new to the scientific treasury of Russia.

I wish all participants of the conference fruitful discussions for the benefit of science and the whole country!

Besarion Meshki

*Rector of Don State Technical University,
Corresponding Member of the Russian Academy of Education*



Дорогие коллеги!

Рыбохозяйственная отрасль играет важную роль в поддержании продовольственной безопасности Российской Федерации, сохранении водных биоресурсов и улучшении качества жизни населения. В настоящее время, вопросы развития аквакультуры набирают свою актуальность в сфере научных исследований. Участники конференции «Аквакультура 2022» сделали весомый вклад в развитие рыбной отрасли нашей страны. Полученные результаты научных исследований, новейшие разработки и технологии несомненно должны быть использованы в практической деятельности. Считаю, что главная цель проведения конференции «Аквакультура 2022» заключается в обмене передовым опытом и знаниями.

Благодарим представителей индустриальной аквакультуры, международных организаций, сотрудников отраслевых научных институтов и специалистов предприятий за проявленный интерес и участие в Конференции. Удачи и успехов!

Сергей Владимирович Бердников
Директор ЮНЦ РАН

Dear colleagues!

Fishing industry plays an important role in maintaining the food security of the Russian Federation, preserving aquatic biological resources and improving the quality of life of the population. Currently, issues of the aquaculture development are gaining their relevance in the field of scientific research. The participants of the "Aquaculture 2022" conference made a significant contribution to the development of the fishing industry of our country. The obtained results of scientific research, the latest developments and technologies should undoubtedly be used in practical activities. I believe that the main purpose of the conference "Aquaculture 2022" is to share with best practices and knowledge.

We express gratitude to representatives of industrial aquaculture, international organizations, and employees of industry scientific institutes and specialists of enterprises for their interest and participation in the Conference. We wish you good luck and success!

Sergey Berdnikov
Chairman of the Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences

СОДЕРЖАНИЕ

ОЦЕНКА ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ БЕЛУГИ (HUSO HUSO) АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОГО БАССЕЙНА НА ОСНОВАНИИ ИДЕНТИФИКАЦИИ МИТОХОНДРИАЛЬНЫХ ГАПЛОТИПОВ	12
Алимова А.Ш., Воробьева А.В., Гайдамаченко В.Н., Головинов И.В., Небесихина Н.А., Абросимова Е.Б.	12
ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ ПРЕПАРАТА ДОН-1 ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ВЫЖИВАЕМОСТИ ИКРЫ И ПРЕДЛИЧИНОК ОСЕТРА	15
Басанкин А.В., Семенов М.П., Басанкина В.М., Кожина Н.Д.	15
ПРОБИОТИЧЕСКИЕ ПРЕПАРАТЫ КАК АЛЬТЕРНАТИВА АНТИБИОТИКАМ В АКВАКУЛЬТУРЕ	18
Байдук Е.А., Попова С.Н., Карасева А.Ю., Ткачева И.В.	18
ПРИМЕНЕНИЕ АКВАТЕРАПИИ В КОРРЕКЦИОННО-ЛОГОПЕДИЧЕСКОЙ РАБОТЕ С ДЕТЬМИ С ОВЗ	21
Бочарова Е.В., Климкина Е.А.	21
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОБИОТИЧЕСКИХ БАКТЕРИЙ С ЛАКТОНАЗНОЙ АКТИВНОСТЬЮ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЖИВОТНЫХ ОТ МИКОТОКСИНОВ, СОДЕРЖАЩИХСЯ В КОРМАХ	25
Бриславский Я.А., Празднова Е.В., Рудой Д.В., Ольшевская А.В., Одабашян М.Ю., Пруцков А.С., Вершинина А.В.	25
ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ЖЕЛЧИ НЕКОТОРЫХ МОРСКИХ И ПРЕСНОВОДНЫХ ВИДОВ РЫБ И ЕГО ВОЗМОЖНОЕ ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ В УСЛОВИЯХ АКВАКУЛЬТУРЫ	29
Шокурова А.В., Анищенко О.В., Кашинская Е.Н., Соловьев М.М.	29
ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ БЛАГОПОЛУЧИЯ МАРИКУЛЬТУРНЫХ УСТРИЧНЫХ ХОЗЯЙСТВ	32
Бугаев Л.А., Войкина А.В., Морозова М.А., Мальцев В.Н.	32
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В ДИАГНОСТИКЕ СОСТОЯНИЯ ГИГАНТСКОЙ УСТРИЦЫ (CRASSOSTREA GIGAS) ИЗ МАРИКУЛЬТУРНЫХ ХОЗЯЙСТВ ЧЕРНОГО МОРЯ	37
Войкина А.В., Бугаев Л.А., Зыкина В.В., Кириченко О.В.	37
ОЦЕНКА ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ РЕМОНТНО-МАТОЧНОГО СТАДА РУССКОГО ОСЕТРА ДОНСКОГО ОСЕТРОВОГО ЗАВОДА ПО МИКРОСАТЕЛЛИТНЫМ ЯДЕРНЫМ МАРКЕРАМ	41
Воробьева А.В., Головинов И.В., Алимова А.Ш., Гайдамаченко В.Н., Небесихина Н.А.	41
ГЕНЕТИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ФОРМИРОВАНИЯ МАТОЧНЫХ СТАД СЕВРЮГИ (A. STELLATUS)	44
Гайдамаченко В.Н., Алимова А.Ш., Воробьева А.В., Головинов И.В., Небесихина Н.А.	44
ПРИМЕНЕНИЕ ДНК ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (экоДНК) В АКВАКУЛЬТУРЕ	47
Головинов И.В., Воробьева А.В., Алимова А.Ш., Гайдамаченко В.Н., Небесихина Н.А.	47
ПЕРСПЕКТИВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БАКТЕРИОФАГОВ ДЛЯ ПРОФИЛАКТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ БАКТЕРИОЗОВ РЫБ	50
Елеев Э.Л., Зулькарнеев Э.Р.	50
ИДЕНТИФИКАЦИЯ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ ДИПЛОСТОМОЗОВ МАССОВЫХ ВИДОВ РЫБ СИБИРИ МЕТОДОМ ДНК-БАРКОДИРОВАНИЯ	53
Изотова Г.В., Власенко П.Г., Кашинская Е.Н., Соловьев М.М.	53
ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ БОРЬБЫ С САПРОЛЕГНИОЗОМ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА РЕЗУЛЬТАТ ВЫКЛЕВА ПРЕДЛИЧИНОК ОСЕТРОВЫХ	56
Илюшина П.С., Бригида А.В.	56
ЗАРАЖЕННОСТЬ КАРПОВЫХ РЫБ МОНОГЕНЕЯМИ (MONOGENEA; PLATYHELMINTHES) В ДЕЛЬТЕ РЕКИ ДОН И ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ	58
Казарникова А.В., Степанова Ю.В.	58
АНАЛИЗ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ ЭКТОПАРАЗИТИЧЕСКИХ РАКООБРАЗНЫХ (ARGULUS FOLIACEUS И LERNAEA CYPRINACEA) – ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ВЕКТОРОВ ВТОРИЧНЫХ ИНФЕКЦИЙ У РЫБ	62
Кашинская Е.Н., Симонов Е.П., Власенко П.Г., Шокурова А.В., Соловьев М.М.	62

ОПЫТ ВЫРАЩИВАНИЯ МОЛОДИ ФОРЕЛИ В УЗВ НИЦ ПО АКВАКУЛЬТУРЕ ПЕТРГУ	64
Поздняков А.П., Хуобонен М.Э.	64
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОСТОЯНИЯ МОЛОДИ ПИЛЕНГАСА PLANILIZA НАЕМАТОСНЕИЛА (ТЕММИНСК & SCHLEGEL, 1845) ПО ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ	68
Кириченко О.В., Войкина А.В., Бугаев Л.А., Зыкина В.В., Юрченко К.А., Павлова А.С., Котенева Д.А. ...	68
ТРЕБОВАНИЯ К ПАСТООБРАЗНЫМ КОРМАМ ДЛЯ РЫБ	71
Коханов Ю.Б.	71
СОСТОЯНИЕ АУТОФЛОРЫ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ В НЕКОТОРЫХ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ВОДОЁМАХ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ	74
Кучко А.А., Сидорова Н.А.	74
РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ CHLORELLA VULGARIS В КОРМОВОМ РАЦИОНЕ МОЛОДИ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ.....	77
Матросова С.В., Сидорова Н.А., Кучко Т.Ю.	77
КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ МОНИТОРИНГА ПРУДОВЫХ ВОДОЕМОВ С КАРТИРОВАНИЕМ И ВЫДЕЛЕНИЕМ ЗОН БИОРЕМЕДИАЦИИ	81
Медведева Л.Н.....	81
КИШЕЧНОПОЛОСТНЫЕ КАК ОБЪЕКТ АКВАКУЛЬТУРЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ	88
Нейдорф А.Р., Жукова П.А.	88
ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ПРИМИТИВНЫХ РЫБ В АКВАКУЛЬТУРЕ.....	92
Нейдорф А.Р., Партафеева А.С.....	92
ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАННАНОЛИГОСАХАРИДОВ В КОМБИКОРМАХ ДЛЯ ЛИЧИНОК ОСЕТРОВЫХ РЫБ	96
Новоселова Ю.А., Арнаутов М.В., Гершунская В.В.	96
ПРОТЕКТОРНОЕ ДЕЙСТВИЕ ГИДРОКСИПРОИЗВОДНОГО ХАЛКОНА	100
Осипова А.Д., Половинкина М.А., Осипова В.П., Коляда М.Н., Великородов А.В.	100
ПРИМЕНЕНИЕ АНТИОКСИДАНТОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ В КАЧЕСТВЕ КРИОПРОТЕКТОРОВ ПРИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОМ КОНСЕРВИРОВАНИИ РЕПРОДУКТИВНЫХ КЛЕТОК ОСЕТРОВЫХ РЫБ.....	103
Осипова В.П., Коляда М.Н.	103
ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СОЛЕННОСТИ АЗОВСКОГО МОРЯ НА ПРОМЫСЛОВЫЕ ЗАПАСЫ ХАМСЫ, ТЮЛЬКИ И БЫЧКОВ	106
Попова С.Н., Байдук Е.А., Карасева А.Ю.....	106
ИЕРСИНИОЗ У РЫБ СЕМЕЙСТВА ЛОСОСЕВЫХ.....	109
Решетникова О.В., Сбойчаков В.Б., Панин А.Л., Краева Л.А.....	109
ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА КОМБИКОРМА ИЗ МНОГОЛЕТНИХ ЗЕРНОВЫХ КОЛОСОВЫХ КУЛЬТУР ДЛЯ АКВАКУЛЬТУРЫ	114
Рудой Д.В., Мальцева Т.А., Саркисян Д.С.	114
ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОГО ДЕЙСТВИЯ КОМБИКОРМОВ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ МОЛОДИ ЛЕНСКОГО ОСЕТРА (ACIPENSER WAERII BRANDT, 1869) В УСЛОВИЯХ УЗВ	118
Севастеев С.В., Качалов И.О.	118
ОЦЕНКА ТЕМПОВ РОСТА МОЛОДИ ШИПА ACIPENSER NUDIVENTRIS ВЫРАЩИВАЕМОЙ В АКВАКОМПЛЕКСЕ ЮНЦ РАН.....	122
Сергеева В.А., Тажбаева Д.С., Коваленко М.В.....	122
ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОПУЛЯЦИИ ОСЕТРОВЫХ.....	127
Слюсарев Г.Е.....	127

БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВОСПРОИЗВОДСТВА МОЛОДИ РЫБ НА РОГОЖКИНСКОМ РЫБОВОДНОМ ЗАВОДЕ ФГБУ «ГЛАВРЫБВОД» (РОСТОВСКАЯ ОБЛАСТЬ).....	129
Смирнов А.О., Зипельт Л.И., Барсегова А.В.	129
ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ В СИМПАТРИЧЕСКИХ ПАРАХ СИГОВ РОДА <i>COREGONUS</i> КАК ОСНОВА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВИДОСПЕЦИФИЧНЫХ КОРМОВ	135
Соловьев М.М., Кашинская Е.Н., Симонов Е.П., Шокурова А.В.	135
ВЫРАЩИВАНИЕ ДОНСКОГО РЫБЦА (<i>VIMBA VIMBA</i>) В УЗВ	138
Старикова Т.С., Пономарева Е.Н., Старцев А.В.	138
ИННОВАЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РЫБОВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА ООО «ПРИБОЙ»	143
Старцев А.В., Корчунов А.А., Савицкая С.С., Кузов А.А.	143
ПАРАЗИТОФАУНА КАМБАЛЫ <i>SCORPHTHALMUS MAEOTICUS</i> (PALLAS, 1814) ЮЖНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА.....	148
Суханова М.В., Кондрачук Д.А., Ткачева И.В.	148
ТЕХНОЛОГИЯ ВЫРАЩИВАНИЯ АВСТРАЛИЙСКОГО КРАСНОКЛЕШНЕВОГО РАКА (<i>CHERAX QUADRICARINATUS</i>).....	151
Ткачева И.В., Румянцева Е.В., Оганисян М.М.	151
ВЛИЯНИЕ НОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ФЕНОЛА С ПИРРОЛИДИНОВЫМ ФРАГМЕНТОМ НА РЕПРОДУКТИВНЫЕ СВОЙСТВА ПОЛОВЫХ КЛЕТОК ОСЕТРОВЫХ.....	154
Фирсова А.В., Половинкина М.А., Григорьев В.А., Осипова В.П., Кудрявцев К.В.....	154
ТЕХНОЛОГИЯ ВЫРАЩИВАНИЯ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ НА ПРЕДПРИЯТИИ «ПЛЕМЕННОЙ ФОРЕЛЕВОДЧЕСКИЙ ЗАВОД АДЛЕР».....	157
Харитонов А.А., Гладкова В.В.....	157
БИОИНКАПСУЛЯЦИЯ ПРОБИОТИЧЕСКИХ БАКТЕРИЙ В ЛИЧИНКАХ ЧЕРНОЙ ЛЬВИНКИ (<i>HERMETIA ILLUCENS</i>)	160
Хидирова М.А., Хушвактов Э.М., Маматраимова Ш.М., Туйчиев К.С., Чистяков В.А., Пепоян А.З., Миралимова Ш.М.....	160
ВЛИЯНИЕ ПРОБИОТИЧЕСКОЙ БАКТЕРИИ <i>LACTOBACILLUS RHAMNOSUS</i> L108 НА ЭКСПРЕССИЮ ГЕНОВ ХОЗЯИНА (НА МОДЕЛИ <i>CAENORHABDITIS ELEGANS</i>).....	165
Челомбицкая Д.С., Рудой Д.В., Ольшевская А.В., Одабашян М.Ю., Вершинина А.В.	165
ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ОРГАНИЗМОВ.....	168
Григорян М.А., Кутыга М.А., Миляева Л.В.	168

ОЦЕНКА ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ БЕЛУГИ (*HUSO HUSO*) АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОГО БАССЕЙНА НА ОСНОВАНИИ ИДЕНТИФИКАЦИИ МИТОХОНДРИАЛЬНЫХ ГАПЛОТИПОВ

^{1,2}Алимова А.Ш., ^{1,3}Воробьева А.В., ^{1,3}Гайдамаченко В.Н., ^{1,3}Головинов И.В.,
¹Небесихина Н.А., ²Абросимова Е.Б.

¹ Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), г. Ростов-на-Дону, Россия

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

³ Южный федеральный университет, Академия биологии и биотехнологии им. Дмитрия Иосифовича Ивановского, Ростов-на-Дону, Россия

Аннотация. В статье представлено исследование генетического полиморфизма естественной популяции белуги Азово-Черноморского бассейна при помощи анализа контрольного региона митохондриальной ДНК (D-петли) методом капиллярного электрофореза с детекцией сигнала флуоресценции. В проведенном исследовании установлено, что две исследованные выборки популяций Черного и Азовского морей не имеют между собой значимой генетической дифференциации ($P < 0,5$). Однако, общее генетическое разнообразие в естественной популяции Азово-Черноморского бассейна в период 2001-2010 годов находилось на сравнительно высоком уровне.

Ключевые слова. Популяция, полиморфизм, мтДНК, контрольный регион, гаплотип, белуга.

CHARACTERIZATION OF THE GENETIC DIVERSITY OF THE GREAT STURGEON (*HUSO HUSO*) IN THE AZOV-BLACK SEA BASYN BASED ON THE IDENTIFICATION OF MITOCHONDRIAL HAPLOTYPES

^{1,2}Alimova A.Sh., ^{1,3}Vorobieva A.V., ^{1,3}Gaidamachenko V.N., ^{1,3}Golovinov I.V., ¹Nebesikhina N.A.,
²Abrosimova E.B.

¹Azov Fisheries Research Institute (AzNIIRKH), Rostov-on-Don, Russian Federation

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

³Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract. The article presents a study of genetic polymorphism of the natural population of the great sturgeon of the Azov-Black Sea basin using the analysis of the control region of mitochondrial DNA (D-loop) by capillary electrophoresis with the detection of a fluorescence signal. In the study, it was found that the two studied samples of the populations of the Black and Azov Seas do not have significant genetic differentiation among themselves ($P < 0.5$). However, the overall genetic diversity in the natural population of the Azov-Black Sea basin in the period 2001-2010 was at a relatively high level.

Keywords. Population, polymorphism, mtDNA, control region, haplotype, great sturgeon.

Белуга (*Huso huso* Linnaeus, 1758) – анадромный литофильный вид, относящийся к семейству осетровых. Ранний период развития проходит в реках, ювенильные особи затем мигрируют по течению в море. Нагуливаются в мелководных участках от 1,5 до 30 м (в зимний период до 130-180 м) в Азово-Черноморском бассейне (в северо-западной части), в последствии уходящим на нерест в пресные воды Дона, Кубани, Дуная.

Исторически Азово-Черноморский бассейн находился в числе лидирующих рыболовных районов по объемам вылова осетровых видов рыб, в том числе и белуги. Однако вследствие интенсивного гидротехнического зарегулирования крупных рек и нерациональной промысловой нагрузки, естественная популяция белуги начала катастрофически снижаться. На данный момент белуга включена в Красную книгу России и Приложение CITES.

Исследование генетической структуры естественной популяции белуги в настоящее время имеет широкое распространение и непосредственное значение как для разработки природоохранных, так и воспроизводственных мероприятий. В современный период поддержание Азово-Черноморской популяции белуги осуществляется исключительно за счет искусственного воспроизводства на рыбобreedных заводах, что является невозможным без учета генотипических особенностей естественной популяционной структуры.

Цель исследования заключалась в изучении нуклеотидной последовательности контрольного региона мтДНК (D-петли) естественной популяции белуги в Азово-Черноморском бассейне.

Материалом исследования служили 40 особей белуги, выловленные в бассейнах Азовского и Черного морей в период с 2001 по 2010 год. Отбор производился посредством прижизненного отрезания фрагмента хвостового плавника, после чего проба фиксировалась в 96-% спирте. Выделение суммарной геномной ДНК производилось при помощи набора реагентов «ДНК-ЭКСТРАН - 2». Первичная обработка данных проводилась на устройстве для секвенирования ДНК «НАНОФОР 05». Оценку внутрigrуппового генетического разнообразия и тест Таджimy на нейтральность проводили в программе «Mega v.5» и «DNAsp».

Длина последовательности контрольного региона мтДНК составила 614 п.н. В анализ были включены лишь особи женского пола и рекруты, поскольку передача митохондриальной ДНК осуществляется исключительно по материнской линии. Выявлено 18 митохондриальных гаплотипов, определяющихся полиморфизмом 42 позиций мтДНК, что составляет 6,84% от общего количества сайтов.

Количество синглетонных сайтов составило 28, парасимоничных или информативных филогенетически – 14. Нуклеотидный состав контрольного региона мтДНК характеризуется смещением в сторону аденина (частота нуклеотидов А=31,3%) и тимина (Т=26,6%) относительно цитозина (С=25,9%) и гуанина (G=16,1), что свойственно митохондриальному геному животных.

Две исследуемые группы особей Азовского и Черного морей характеризуются высоким гаплотическим разнообразием (H) (при $P > 0,1$), что подчеркивает уникальность отдельных гаплотипов. Нуклеотидное разнообразие, напротив, оказалось относительно низким для каждой из выборок – 0,0126 и 0,0173 соответственно (таб.1).

Таблица 1 – Показатели генетического разнообразия белуги Азово-Черноморского бассейна.

<i>m</i>	<i>S</i>	<i>H</i>	<i>п</i>	<i>SD</i>	<i>D</i>
Азовское море					
5	23	1±0,016	0,0173	0,126	-0,56496
Черное море					
15	30	1±0,016	0,0126	0,024	-1,38478
Примечание: <i>m</i> - количество гаплотипов; <i>S</i> – количество полиморфных сайтов; <i>H</i> – гаплотическое разнообразие; <i>п</i> – нуклеотидное разнообразие; <i>SD</i> – стандартное отклонение; <i>D</i> – тест Таджimy на нейтральность					

Показатели теста Таджimy на нейтральность у двух выборок имели отрицательные значения (-0,56496 и -1,38478 соответственно), что отражает высокое число редких замен в сравнении с ожидаемым. Отрицательные значения теста Таджimy свидетельствуют о наличии направленного отбора в популяциях, сформированных под действием искусственного воспроизводства.

От общего количества выявленных гаплотипов 13 являются уникальными для Черного моря и лишь 3 для Азовского (HUS_HAP13, HUS_HAP14, HUS_HAP15). Общими же для двух бассейнов оказались 2 гаплотипа - HUS_HAP24 и HUS_HAP30 (таб.2).

Таблица 2 – Распределение выявленных гаплотипов белуги в исследованных популяциях

№	Гаплотип	Популяция	Число особей	№	Гаплотип	Популяция	Число особей
1	HUS_HAP2	Черноморская	1	10	HUS_HAP28	Черноморская	2
2	HUS_HAP12	Черноморская	1	11	HUS_HAP29	Черноморская	1
3	HUS_HAP13	Азовская	2	12	HUS_HAP30	Азовская	4
						Черноморская	1
4	HUS_HAP14	Азовская	4	13	HUS_HAP31	Черноморская	4
5	HUS_HAP15	Азовская	2	14	HUS_HAP32	Черноморская	1
6	HUS_HAP19	Черноморская	1	15	HUS_HAP38	Черноморская	1
7	HUS_HAP22	Черноморская	2	16	HUS_HAP39	Черноморская	2
8	HUS_HAP23	Черноморская	4	17	HUS_HAP52	Черноморская	2
9	HUS_HAP24	Азовская	3	18	HUS_HAP54	Черноморская	2
		Черноморская	1				

В Азовском море было выявлено два мажорных гаплотипа - HUS_HAP14 и HUS_HAP30 с частотой встречаемости 26,6 %. В Черном море наиболее часто встречающимся оказался гаплотип HUS_HAP23.

В целях уточнения наличия филогенетических отношений между исследуемыми популяциями была построена дендрограмма с использованием метода ближайшего соседа (Bootstrapped Neighbour-Joining Tree) с бутстрап-поддержкой (рис. 1)

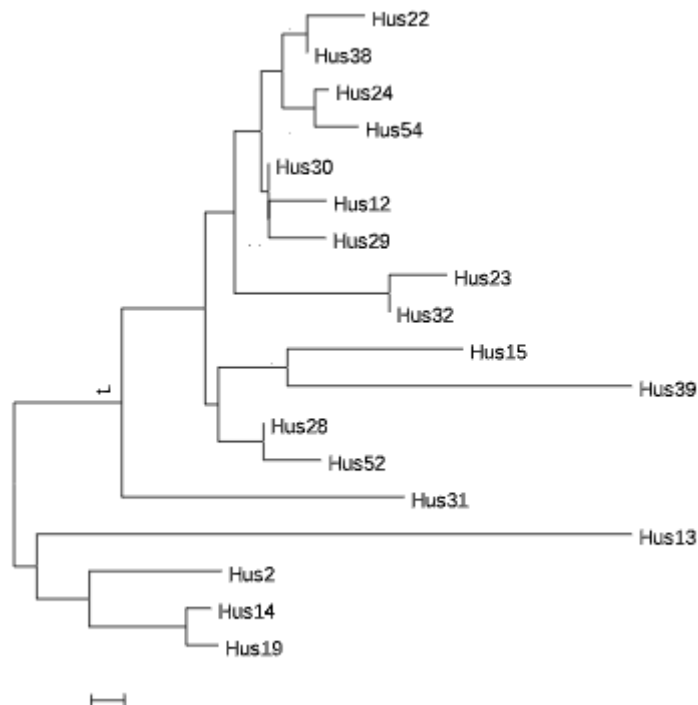


Рисунок 1 - Дендрограмма гаплотипов белуги

Степень генетической дифференциации популяций белуги оценивалась при помощи показателя попарных различий популяций F_{st} . Ключевое значение $F_{st} < 0,05$ свидетельствует о незначительной межпопуляционной генетической дифференциации. Наиболее статистически значимыми среди 18 выделенных гаплотипов оказались HUS_HAP13, HUS_HAP31 и HUS_HAP39.

Согласно проведенному исследованию митохондриальных гаплотипов, можно сделать вывод о статистически незначимой генетической дифференциации между азовской и черноморской популяциями белуги. Однако, стоит отметить, что общий уровень генетического разнообразия естественной популяции в 2001-2010 годах находился на сравнительно высоком уровне. Полученные результаты исследования целесообразно применять для рационального формирования ремонтно-маточных стад на осетровых заводах, тем самым поддерживая природное генетическое разнообразие.

Список использованных источников

1. Полиморфизм контрольного региона митохондриальной ДНК восьми видов осетровых и разработка системы ДНК-идентификации видов / Н.С. Мюге [и др.] // Генетика. - 2008. - Т. 44, №7. - С. 913-919.
2. Тимошкина Н.Н. Молекулярно-генетические маркеры в исследовании внутри- и межвидового полиморфизма осетровых рыб (Acipenseriformes) / Н.Н. Тимошкина [и др.] // Экологическая генетика. - 2010. - Т.8, №1. - С. 12-24.

ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ ПРЕПАРАТА ДОН-1 ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ВЫЖИВАЕМОСТИ ИКРЫ И ПРЕДЛИЧИНОК ОСЕТРА

¹Басанкин А.В., ¹Семененко М.П., ¹Басанкина В.М., ²Кожина Н.Д.

¹Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии,
г. Краснодар, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»
г. Краснодар, Российская Федерация

Аннотация. В статье представлены результаты изучения токсичности биологически активного препарата ДОН-1 на икру осетра со стадии оплодотворения до личиночного возраста. В результате установлено, что растворы препарата в концентрациях до 1,0 мг/л не оказывают отрицательного влияния на развитие зародышей, а выживаемость при применении данных концентраций составляет 97–100 %. По показателям выживаемости икры и предличинок в качестве пороговых можно считать концентрации 10,0 и 1,0 мг/л соответственно.

Ключевые слова. Аквакультура, рыбоводство, комплексный препарат, острая токсичность, икра оплодотворенная.

ASSESSMENT OF THE TOXICITY OF THE DRUG DON-1 BY SURVIVAL INDICATORS CAVIAR AND PRE-LARVAE OF STURGEON

¹Basankin A.V., ¹Semenenko M. P., ¹Basankina V.M., ²Kozhina N.D.

¹Krasnodar Research Center for Animal Husbandry and Veterinary Medicine,
Krasnodar, Russian Federation

²FSBEI HE «Kuban State Technological University»
Krasnodar, Russian Federation

Abstract. The article presents the results of studying the toxicity of the biologically active drug DON-1 on sturgeon caviar from the stage of fertilization to larval age. As a result, it was found that solutions of the drug in concentrations up to 1.0 mg/ l do not adversely affect the development of embryos and the survival rate when using these concentrations is 97-100%. According to the survival rates of caviar and pre-larvae, concentrations of 10.0 and 1.0 mg/l, respectively, can be considered as thresholds.

Keywords. Aquaculture, fish farming, complex preparation, acute toxicity, fertilized eggs.

Сложившаяся в настоящее время ситуация в рыбоводстве на территории Российской Федерации характеризуется катастрофической нехваткой эффективных и современных лекарственных средств, и кормовых добавок, что отрицательно сказывается на конечном результате – воспроизводстве и сохранности культивируемых видов рыб и других гидробионтов [4].

В последнее время произошли существенные изменения – санкционная политика и стагнация международного товарооборота привели к кратному удорожанию лечебно-профилактических мероприятий, отрицательно повлияв на общую экономическую эффективность отрасли.

В промышленном рыбоводстве профилактика заразных болезней, вызываемых патогенными и условно-патогенными микроорганизмами, вирусами, бактериями, грибами, паразитами, является основным блоком мероприятий, повышающих эффективность рыбоводства [2].

Учитывая вышеизложенное, развитие и совершенствование профилактических мероприятий, повышающих резистентность объектов аквакультуры к воздействию стрессовых факторов, связанных с пересадкой, бонитировкой, транспортировкой рыб, а также к воздействию химических токсинов, загрязняющих водную среду, является весьма актуальным направлением деятельности [1, 3].

Как показывает практика, у сельхозтоваропроизводителей имеется интерес к химическим соединениям, проявляющим биологическую активность. Особое внимание уделяется препаратам, которые могут применяться в незначительных количествах и оказывать влияние на увеличение роста сельхозпродукции.

Разнообразным биологическим действием на различные организмы и растения обладает фурфурол и его производные, в частности, бутенолиды, входящие в качестве структурных фрагментов в состав многих природных соединений. Они применяются при производстве лекарственных препаратов, в том числе для ветеринарного применения, регуляторов роста растений и т.д. Эти соединения вследствие своей полифункциональности являются перспективными полупродуктами органического синтеза, в том числе и для получения высокоэффективных биологически активных веществ [5]. Однако действие производных бутенолидов на гидробионтов не изучено не достаточно.

В связи с чем, целью настоящего исследования явилось изучение токсикометрических свойств препарата ДОН-1, разработанного в ФГБОУ ВО Кубанский государственный технологический университет.

Лекарственная форма препарата – раствор для внесения в водоем либо в бассейн. В качестве активных веществ в ДОН-1 содержится: кротонолактон – 35 %, органические кислоты (янтарная, фумаровая, малеиновая) – 35 %, вода – 30 %.

Оценка токсичности препарата ДОН-1 для гидробионтов и установления ПДК для водоемов рыбохозяйственного значения изучена при его воздействии на икру осетра со стадии оплодотворения до личиночного возраста в диапазоне концентраций 0,001–100,0 мг/л. Для чего было сформировано семь групп икры – шесть опытных и одна контрольная. Икру, полученную от производителей осетра в возрасте 6 лет, тщательно перемешивали, раскладывали в чашки Петри по 100 шт. Одновременно вносили сперму, взятую предварительно от 3-х самцов. Осеменение икры производили в растворах препарата соответствующих концентраций. Оплодотворенную икру промывали теми же растворами. Опыт считали оконченным через 15 суток после вылупления предличинок в контроле.

Установлено, что в растворах ДОН-1 с концентрацией 0,001мг/л развитие икринок шло также, как у контрольной группы. Стадия вылупления наступала одновременно с контрольной группой. Вылупилось 99,0 % личинок. Аномалий в развитии вылупившихся предличинок не выявлено. Эмбриональное развитие продолжалось 76 часов.

В растворах препарата концентрацией 0,1–0,01 мг/л темп развития икры был на уровне контрольной группы. Всего вылупилось 100,0 % предличинок, все без патологических изменений. Эмбрионы развивались 76 часов.

В растворах ДОН-1 с концентрацией 1,0 мг/л в развитии икринок отличий от контрольной группы также выявлено не было. Вылупилось 97,0 % предличинок без аномалий и уродств. Эмбриональное развитие продолжалось 76 часов.

В растворах ДОН-1 с концентрацией 10 мг/л гибель икринок отмечалась на этапе гастрюляции (4 %), органогенеза (3 %), при развитии эмбриональной сосудистой системы (5 %) и перед вылуплением (8 %). Всего вылупилось 80,0 % предличинок, из них 7 % с аномалиями в развитии. Эмбриональное развитие продолжалось 78 часов.

В растворах ДОН-1 с концентрацией 100 мг/л, как и в предыдущих растворах препарата, развитие икринок не отличалось от контрольной группы, но процент гибели икринок в период эмбрионального развития был значительно выше, чем в растворах ДОН-1 меньших концентраций (табл. 1). На этапе гастрюляции погибло 10 % эмбрионов, на этапе органогенеза 12 %, при развитии эмбриональной сосудистой системы 18 % и 26 % при выклеве. Всего вылупилось 34 % предличинок, из них – у 16 % предличинок отмечены нарушения в развитии – водянка перикарда и искривление хорды. Стадия вылупления в растворах препарата с концентрацией 100 мг/л наступила на 6 часов позже, чем в контрольной группе, но вылупление проходило более дружно.

Таблица 1 – Показатели развития икры осетра в растворах ДОН-1 с этапа оплодотворения, %

Концентрация, мг/л	Отход икры по этапам				Количество вылупившихся предличинок
	Гастрюляция (желточная пробка)	Органогенез (16-22 миотом)	Развитие эмбриональной сосудистой системы	Вылупление	
Контроль	0	0	0	1	99
0,001	0	0	0	0	99
0,01	1	0	0	0	100
0,1	0	0	0	0	100
1,0	0	2	1	0	97
10,0	4	3	5	8	80
100,0	10	12	18	26	34

Результаты опыта показали, что растворы ДОН-1 с концентрацией 0,001–1,0 мг/л не оказывают влияния на развитие зародышей. В указанных растворах развитие заканчивалось вылуплением предличинок от 97 до 100 %.

В растворах препарата с концентрацией 10 и 100 мг/л количество вылупившихся предличинок составило 80–34% соответственно, из них у 7–16 % особей обнаружены аномалии в развитии. До перехода на активное питание все они погибли. Оставшееся количество предличинок развивалось на уровне контроля и в последующем перешло на активное питание.

Таким образом, по показателям выживаемости икры и предличинок осетра в качестве пороговых концентраций препарата ДОН-1 можно считать 10,0 и 1,0 мг/л соответственно.

Список используемых источников

1. Бахарева А.А. Научно-обоснованные методы повышения продуктивности ремонтно-маточных стад за счет оптимизации технологии кормления и содержания в условиях рыбоводных хозяйств Волго-Каспийского бассейна. Автореф. дисс. канд. с/х наук, 2016, 32 С.
2. Буяров В.С. Пути повышения эффективности товарного рыбоводства. /В.С. Буяров, Ю.А. Юшкова, А.В. Буяров. //Вестник Воронежского государственного университета. Ж. – 2019. – № 1 (60), с. 161-168.
3. Виноградов Е.В. Стрессоустойчивость карпа (*Cyprus Carpio*, L) в раннем онтогенезе и ее влияние на рыбо-биологические характеристики. Дисс. канд. биол. наук, 2021, с. 15-20.
4. Наумова А. Современные ветеринарно-санитарные средства защиты рыб от болезней в рыбоводных хозяйствах России. /А. Наумова, В. Енгашев. //Ветеринария сельскохозяйственных животных. Ж. – 2021. – № 5, с. 36-41.
5. Угурчиева Т.М. Достижения в синтезе природных бутано- и бутенолидов. /Т.М. Угурчиева, В.В. Веселовский //Успехи химии. Ж. – 2009. – Т. 78. № 4, с. 337-373.

ПРОБИОТИЧЕСКИЕ ПРЕПАРАТЫ КАК АЛЬТЕРНАТИВА АНТИБИОТИКАМ В АКВАКУЛЬТУРЕ

¹Байдук Е.А., ²Попова С.Н., ³Карасева А.Ю., ¹Ткачева И.В.

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

²Азово-Черноморское территориальное управление Федерального агентства по рыболовству, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

³Министерство природных ресурсов и экологии Ростовской области, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация. В статье приводятся обзор научных исследований пробиотиков в рыбоводстве и аквакультуре. Анализ данных свидетельствует о том, что пробиотические препараты эффективны и экологически безопасны, поэтому подходят для всей системы аквакультуры, весьма положительно влияя на здоровье культивируемых гидробионтов, и здоровье потребителей. Выявлено оптимальное применения пробиотиков в аквакультуре для динамичного развития рыбоводства, уменьшения распространения резистентности к антибиотикам и химических средствам, а также для лечения и профилактики болезней в рыбных хозяйствах.

Ключевые слова. Пробиотические препараты, антибиотики, рыбоводство, микробиота, аквакультура.

PROBIOTIC PREPARATIONS AS AN ALTERNATIVE TO ANTIBIOTICS IN AQUACULTURE

¹Baiduk E.A., ²Popova S.N., ³Karaseva A. Yu., ¹Tkacheva I.V.

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

²Azov-Black Sea Territorial Administration of the Federal Agency for Fishery, Rostov-on-Don, Russian Federation

³Ministry of Natural Resources and Ecology of Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract. The article provides an overview of scientific research on probiotics in fish farming and aquaculture. Analysis of the data demonstrates that probiotic drugs are effective and environmentally safe, so they are suitable for the whole system of aquaculture, having a very positive effect on the health of cultured hydrobionts, as well as the health of consumers. The worthy application of probiotics in aquaculture for the dynamic development of fish farming, reducing the spread of resistance to antibiotics and chemical agents, as well as for the treatment and prevention of diseases in fish farms is revealed.

Keywords. Probiotics, antibiotics, fish farming, microbiota, aquaculture.

Уже всем давно известно, что различные патогенные микроорганизмы могут являться причиной разнообразных инфекций, вспышек различных заболеваний, и давать сбой в нормальной работе организма, нанося удар по иммунной системе. При этом, необходимо помнить, что именно бактерии, находящиеся в кишечнике организма, обеспечивают защиту от болезнетворных микроорганизмов, формируют иммунитет, способствуют усвоению питательных веществ, вырабатывают необходимые ферменты, витамины и гормоны. Даже незначительные изменения в количественном и качественном составе собственной микрофлоры организма отражаются на его здоровье, что ведет за собой множество проблем. При дисбалансе кишечника начинает активно проявлять себя условно-патогенная микрофлора, что вследствие приводит к развитию аллергических, воспалительных, иммунодефицитных и других заболеваний.

В рыбоводстве, при выращивании и разведении гидробионтов, часто приходится сталкиваться с проблемой снижения у рыб иммунного барьера, что подвергает их организм к развитию заболеваний. Связанно это с действующими факторами стресса, органическим загрязнением среды обитания, возможными перепадами температурного режима и концентрации кислорода, в не правильном питании, происходят количественные и качественные бактериальные изменения микрофлоры кишечного тракта организма. Применение антибиотиков в этом вопросе уже не актуально, и может только усугубить проблему, приведя в конечном итоге к значительному снижению естественных защитных функций организма. Постоянное и бесконтрольное применение антибактериальных препаратов приводит к

резистентности и снижению их эффективности в целом, со всеми вытекающими последствиями, а также к нарушению экосистем и микробиоценозов.

На протяжении достаточно длительного времени антибиотики были практически единственным решением вопроса при заболевании рыб, их использовали поскольку их действие позволяло достаточно быстро остановить развитие заболевания. Действительно, в своё время благодаря антибиотикам в рыбоводстве были достигнуты определённые успехи. Однако нам известно, что у медали две стороны, у любого лекарства есть побочный эффект. Было выявлено, что постоянное использование антибактериальных препаратов отрицательно влияет на иммунный статус рыб. Например, есть данные, что при инъекции препаратом окситетрациклина или кормлении, на 40-75% было уменьшение сывороточных иммуноглобулинов, а количество бляшкообразующих клеток в передней, средней почке и селезёнке уменьшено на 85-95%.

Дисбаланс микробиоты водоёма приводит к активному развитию патогенной микрофлоры, в которой преобладают Enterobacteriaceae – граммотрицательные бактерии, возникает широкое распространение ранее очень редких или не выделяющиеся возбудители: *Pseudomonas fluorescens* var. *capsulate*, *Acinetobacter baumannii*, капсулообразующие энтеробактерии, аэромонады, неферментирующие щелочобразователи.

Стало доказано, что такое широкое применение антибактериальных препаратов в секторе сельского хозяйства и рыболовства, тесно связано с резистентностью к лекарствам, возникающей у людей. На сегодняшний день, среди потребителей во всем мире, растёт спрос на экологически безопасную продукцию, не содержащую вредных веществ, в том числе антибиотиков, консервантов и пестицидов.

Аквакультура – является одним из самых быстрорастущих продовольственных направлений в мире, её производство стабильно растёт на 7,5 % в год начиная с 1970 г., ожидается, что к 2030 г. производство аквакультуры достигнет 109 млн т. Однако, по прогнозам FAO, при достижении такого роста аквакультура может столкнуться с огромными экологическими проблемами, требующими нового подхода и стратегически устойчивого развития. Существенная проблема в аквакультуре состоит в том, что растёт возникновение новых, устойчивых возбудителей, вызывающих неизвестные заболевания, которые быстро распространяются, в том числе по национальным границам, что может вызывать крупные производственные убытки. Быстрое расширение интенсивной аквакультуры во всем мире уже привело к увеличению распространённости трансграничных вирусных, бактериальных, паразитарных и грибковых инфекций у культивируемых водных организмов.

В настоящее время растёт интерес к отрасли в области контроля и ликвидации использования антибиотиков. Для обеспечения и поддержания здоровой микробной среды в аквакультуре, необходимо разработать новые, экологически безопасные альтернативные методы. Достаточно эффективным и наиболее перспективным методом в решении этих комплексных проблем является применение пробиотических бактерий для борьбы и профилактики с потенциальными патогенами, это позволит получить экологически чистую и безопасную рыбную продукцию.

Механизмы защитного действия различных пробиотиков к инфекциям, бактериальным и вирусным энтеропатогенов сводятся к образованию ингибирующих антимикробных веществ, таких как бактериоцины и органические кислоты. Механизм их действия имеет положительное воздействие на организм и иммунитет гидробионта. В итоге перерабатываются органические вещества и разрушаются токсичные соединения, тем самым улучшая качество воды, обеспечивая организм гидробионта ферментами, способствующим улучшать пищеварение и усвоение корма, что способствует быстрому и качественному набору товарной массы, а также к активации и выработки иммуностимуляторов, химических соединений, обеспечивающих резистентность организма к заболеваниям вызванным бактериями, вирусами, грибами и другими всевозможными паразитами, без применения различных химических препаратов.

В настоящее время выделено 4 поколения пробиотических препаратов:

- 1) Монокомпонентные препараты
- 2) Самоэлиминирующиеся антагонисты (представители рода *Bacillus*)
- 3) Комбинированные препараты (несколько штаммов бактерий или добавки, усиливающие их действие)
- 4) Живые бактерии, иммобилизованные на сорбенте.

Бактерии рода *Bacillus* являются одними из наиболее перспективных для создания рекомбинантных пробиотиков благодаря их высокой антагонистической активности и удобству клонирования в них чужеродных генов про- и эукариотического происхождения. Кроме того, бактерии рода *Bacillus* не образуют биопленок на слизистых оболочках организма хозяина, в следствии чего лишены способности бесконтрольно персистировать в его организме.

Bacillus subtilis является высокоэффективным лечебно-профилактическим пробиотическим препаратом на основе живых бактерий, который успешно применяется в рыбоводных хозяйствах.

Препарат обладает антагонистическим действием в отношении достаточно широкого спектра патогенных и условно патогенных микроорганизмов, высокой ферментативной активностью, позволяющей регулировать и стимулировать процесс пищеварения. Отмечено иммуностимулирующее действие препарата на рыбу. После применения пробиотика у рыб значительно повышается бактерицидная активность сыворотки крови и уровень агглютинирующих антител к аэромонадным штаммам.

Пробиотические микроорганизмы, обладающие иммуномодулирующими свойствами, влияют на синтез многих опозиционных цитокинов. От баланса этих цитокинов непосредственно зависит кооперативное взаимодействие между различными типами иммунных клеток, а также между патогенами и клетками микроорганизма, определяющее характер развития иммунного ответа и завершение патологического процесса. Важнейшим механизмом действия пробиотиков является изменение продукции ряда иммунорегуляторных цитокинов, особенно интерферонов, отвечающих за формирование клеточного звена иммунитета. Поэтому создание новых штаммов пробиотических бактерий, которые влияют на продуцирование различных цитокинов, а, соответственно, и на иммунный ответ в целом, будет являться актуальной альтернативой антибактериальным препаратам.

Список использованных источников

1. Чижаяева А.В., Олейникова Е.А., Амангелды А.А., Алыбаева А.Ж. Преимущества использования пробиотиков на основе молочнокислых бактерий в аквакультуре // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2021. – № 9. – С. 12-16.
2. Применение пробиотиков «Субтилис» и «СУБ-Про» при товарном выращивании осетровых пород рыб: учебное пособие / И.В. Ткачева, А.Р. Нейдорф, А.В. Старцев, Е.А. Байдук // Объединенный фонд электронных ресурсов «Наука и образование». – 2018. – No 23515.
3. Ткачева И.В., Тищенко Н.Н. Экономическая эффективность использования пробиотического препарата в питании рыб // Стратегия модернизации современной экономики России: направления, механизмы: материалы Международной научно-практической конференции. – пос. Персиановский, 2010. – С. 27-30.
4. Кулаков Г.В. Субтилис - натуральный концентрированный пробиотик. - М.: ООО Типография «Визави», 2003. - 48 с.
5. Шулъга Е.А., Потапов Д.Э., Федоровых Ю.В. «Субтилис» - эффективный препарат для повышения выживаемости молоди рыб // Материалы второй ежегодной научной конференции студентов и аспирантов базовых кафедр Южного научного центра РАН - Ростов -на-Дону: 2006.-С. 48-49.

ПРИМЕНЕНИЕ АКВАТЕРАПИИ В КОРРЕКЦИОННО-ЛОГОПЕДИЧЕСКОЙ РАБОТЕ С ДЕТЬМИ С ОВЗ

¹Бочарова Е.В., ¹Климкина Е.А.

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

Аннотация. В статье описывается коррекционно-логопедическая работа с детьми с ОВЗ. Описывается применение нетрадиционной методики – акватерапии. Целью акватерапии является повышение эффективности коррекционно-логопедической работы в работе над речевыми навыками через интегративное взаимодействие с игровым сенсорным материалом. В работе приведены коррекционно-логопедические упражнения с водой, которые показали свою эффективность.

Ключевые слова. Дети с ограниченными возможностями здоровья, акватерапия, коррекционно-логопедическая работа.

THE APPLICATION OF AQUA THERAPY IN CORRECTIONAL SPEECH THERAPY WORK WITH CHILDREN WITH DISABILITIES

¹Bocharova E.V., ¹Klimkina E.A.

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

Abstract. The article describes correctional and speech therapy work with children with disabilities. The application of an unconventional technique – aquatherapy is described. The aim of aquatherapy is to increase the effectiveness of correctional speech therapy in working on speech skills through integrative interaction with game sensory material. The paper presents correctional speech therapy exercises with water, which have shown their effectiveness.

Keywords. Children with disabilities, aquatherapy, correctional and speech therapy work.

На сегодняшний день современное общество переживает непростой период в развитии. Такие явления в мире как: экологические проблемы, наследственные заболевания, повлияли на темпы развития детей и их поведение в социуме. Согласно прогнозам ученых, количество здоровых детей будет сокращаться, уже сейчас увеличивается процент детей с врожденными патологиями центральной нервной системы [1]. Особенностью XXI века по сравнению с предыдущим 100-летним периодом является замедление темпа физического и психического развития детей.

Детям с ограниченными возможностями здоровья свойственна инертность в интересе к окружающему миру, а также низкий уровень в эмоционально-волевой сфере.

Поиском эффективных методов профилактики и коррекции нарушений психо-речевого развития детей занимаются специалисты в области специальной педагогики, психологии и медицины. Для логопедической практики одним из направлений является гармоничное всестороннее развитие личности. Одна из главных проблем физиологии и психологии произвольной двигательной активности человека – это развитие речевой регуляции моторных функций. Именно при помощи слов все движения могут обретать ту сознательность и преднамеренность, которые их отличают по качеству в сравнении с произвольными движениями представителей животного мира.

Забуга О.В. в своем исследовании «Использование элементов песочной и акватерапии в работе логопеда при коррекции всех сторон речи у дошкольников» практикующий специалист представляет из опыта работы практический материал. Для развития дыхания, автоматизации звуков, отработки слоговой структуры слов, развития фонематического слуха и грамматического строя речи, грамоты, связной речи приведены игры с использованием песочной и акватерапии. Кроме того, автор уделяет внимание о психо-эмоциональном состоянии детей и возможностями использования воды и песка для снятия тревожности, психо-коррекционного воздействия у детей с речевой патологией [2].

Бобкова О.А. выделяет положительную динамику в установлении коммуникации с использованием акватерапии у детей в дошкольной организации в адаптационный период, отмечая особенности игр с водой. Автор представляет исследование, направленное на повышение эффективности коррекционной работы для детей 5-7 лет с тяжелыми нарушениями (ТНР). Были

выделены задачи акватерапии: развитие общей и мелкой моторики, артикуляционной моторики, развитие высших психических функций, развитие зрительного гнозиса, коррекция звукопроизношения, профилактика негативных эмоций, повышение познавательной мотивации на занятиях и др. Педагог Новиковская О.А., описала в своей работе развивающие игры с водой и песком. Обратила внимание, что игры можно использовать на логопедических занятиях в группе и индивидуально (песок мокрый и сухой). Благодаря играм у детей формируются положительное отношение к логопедическим занятиям, формируется ловкость, координация движений, умение ориентироваться на местности и возможность научить ребенка читать и писать. Пособие полезно логопедам-дефектологам и родителям для развития и профилактики речевых расстройств [3].

В коррекционно-логопедической работе специалисты стараются применять новые методы и приемы, которые с максимальной эффективностью помогут детям в ОВЗ. В нашей работе мы применяем нетрадиционную методику – акватерапию.

Акватерапия через доступную всем детям форму игровой деятельности позволяет достигнуть хороших результатов в работе по устранению логопедических проблем. Ее целью является повышение эффективности коррекционно-логопедической работы в работе над речевыми навыками через интегративное взаимодействие с игровым сенсорным материалом.

Коррекционно-логопедическая работы с применением акватерапии способствует формированию правильного речевого дыхания, звукопроизношению, позволяет улучшить общую и мелкую моторику, развивает коммуникативные навыки, тактильно-кинестетическую чувствительность, стабилизирует психо-эмоциональное состояние ребенка.

Цель акватерапии в коррекционно-логопедической работе с детьми с ОВЗ - повышение эффективности логопедической работы, развитие мотивации к речи, преодоление трудности актуализации речевых навыков посредством интегративного взаимодействия с игровым сенсорным материалом.

Задачи коррекционно-логопедической работы:

1. Развивать речевое дыхание у детей с ОВЗ;
2. Развивать любознательность и мышление детей с ОВЗ;
3. Развивать общую и мелкую моторику детей с ОВЗ;
4. Расширять и обогащать словарный запас детей с ОВЗ;
5. Формировать фонематическое восприятие у детей с ОВЗ;
6. Развивать способность к языковому анализу и синтезу у детей с ОВЗ;
7. Развивать коммуникативные навыки у детей с ОВЗ;

Применяя игры с водой необходимо учитывать ряд индивидуальных особенностей детей, а также гигиенических правил и правила безопасности.

Занятия в коррекционно-логопедической работе проводились индивидуально по 15-20 минут 2 раза в неделю. В работе использовался различный вспомогательный материал, такой как: магнитные удочки, маленькие кораблики, разноцветные фигурки и камни, пластмассовые мелкие игрушки. Так же в работе использовались аудиозаписи водопада, журчания ручейка, шума дождя, шума прибора.

Наша задача заключалась в использовании словесных методов в организации деятельности с водой. В работе использовались игры, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1-Коррекционно-логопедические игры с водой

Название игры	Цель	Оборудование	Описание игры
«Найти звук в слове»	Развивать умение в звуковом анализе и синтезе.	Оборудование: ёмкость с водой, игрушки, непромокаемые фартуки.	Просим ребенка достать игрушки с названным звуком. 1. Например, звук «Б»: 1. просим достать игрушки, название которой начинается на этот звук. (банан) 2. Просим достать игрушки, в названии которой данный звук стоит в середине или конце слова. (каБан, краБ)

«Найти букву»	Развитие у детей зрительного восприятия и узнавания образа букв, профилактика дисграфии	Оборудование: ёмкость с водой, пластиковые буквы, непромокаемые фартуки.	Помещаем в воде буквы, и просим достать названную букву.
«Собираем маме бусы»	развитие мелкой моторики, закрепление названия цветов и форм.	Оборудование: ёмкость с водой, шнуровка, бусы разных форм и цветов, непромокаемые фартуки.	Необходимо собрать в воде бусы, надевая на шнуровку названную форму и цвет бусинок, или просим собрать бусы по картинке, предложенной на листе бумаги.
«Найди игрушку»	Расширяем словарный запас, развиваем умение согласовывать прилагательное с существительным	Оборудование: ёмкость с водой, игрушки, непромокаемые фартуки.	Необходимо достать из воды названную игрушку. К примеру: достань железную игрушку, круглую игрушку.
«Пускаем кораблики»	развиваем длительный, плавный выдох и активизируем мышцы губ.	Оборудование: ёмкость с водой, бумажные кораблики трубочки пластиковые, непромокаемые фартуки.	Необходимо плавно дуть из трубочки пластиковой в воду, помогая бумажному кораблику передвигаться.
«Пальчиковые и артикуляционные игры»	Развитие и совершенствование тонких дифференцированных движений пальцев и кистей рук, выработка полноценных движений и определенных положений органов артикуляционного аппарата	Оборудование: ёмкость с водой, непромокаемые фартуки.	Необходимо поочередно или совместно выполнять артикуляционные упражнения и пальчиковые упражнения. К примеру: просим выполнить артикуляционное упражнение «Часики» (просим ребенка ритмично двигать языком вправо-влево), и в это время указательным пальцем ведущей руки выполнять аналогичные движения в теплой воде, имитирую стрелки часов.
«Подари ракушки рыбе»	Развиваем навыки построения словосочетаний, формирование навыков построения разных типов предложений и умения соединять их в связное высказывание, а так же развиваем навык работы существительных с числительными	Оборудование: ёмкость с водой, ракушки, рыбки, непромокаемые фартуки.	Необходимо каждой рыбе подарить ракушки. К примеру: «Подари желтой рыбе пять ракушек» Считаем по одной ракушке, доставая из воды. Для желтой рыбки я достал одну ракушку, 2, 3,4, пять ракушек.

Проведение данных упражнений продемонстрировало положительную динамику в процессе автоматизации корригирующих звуков, расширения и обогащения словарного запаса, помогает развивать все стороны речи. Аква-терапия представляет собой практико-педагогическую ценность при решении коррекционно-логопедических задач, позволяет создавать символические образы и дает неограниченные возможности экспрессии.

Список использованных источников

1. Yasin A. Speech and language delay in childhood: a retrospective chart review // ENT Updates. 2017. V.7, №1. Pp. 22–27.
2. Забуга, О. В. Использование элементов песочной и аква-терапии в работе логопеда при коррекции всех сторон речи у дошкольников / О. В. Забуга. — Текст: непосредственный // Педагогическое мастерство: материалы VII Междунар. науч. конф. (г. Москва, ноябрь 2015 г.). — Москва:Буки-Веди, 2015. — С. 189-191. — URL: <https://moluch.ru/conf/ped/archive/184/8921/> (дата обращения: 12.09.2022).
3. Новиковская О. А. Сборник развивающих игр с водой и песком для дошкольников.- СПб.: ДЕТСТВО-ПРЕСС, 2005.
4. Баряева Л. Б., Кондратьева С. Ю. Игры с водой // Дети с проблемами в развитии. 2004. № 1.
5. Юрманова О.Ю. Изучение деятельности учителя-логопеда по применению средств аква-терапии в коррекционно-логопедическом процессе// Осовские педагогические чтения "Образование в современном мире: новое время - новые решения". 2021. № 1. С. 548-554.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОБИОТИЧЕСКИХ БАКТЕРИЙ С ЛАКТОНАЗНОЙ АКТИВНОСТЬЮ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЖИВОТНЫХ ОТ МИКОТОКСИНОВ, СОДЕРЖАЩИХСЯ В КОРМАХ

¹Бриславский Я.А., ¹Празднова Е.В., ²Рудой Д.В., ²Ольшевская А.В., ²Одабашян М.Ю.,
²Пруцков А.С., ²Вершинина А.В.

¹Южный федеральный университет, Академия биологии и биотехнологии им. Дмитрия Иосифовича Ивановского, Ростов-на-Дону, Россия

²Донской государственной технической университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассматриваются перспективы использования пробиотических микроорганизмов с лактоназой активностью, в частности, оценка этих микроорганизмов на предмет синтеза таких ферментов с лактоназой активностью, как ацил-гомосеринлактоназы (aiiA) и лакказы (cotA). Рассматривается участие данных ферментов в механизме разобщения кворума (Quorum Quenching, QQ). В ходе работы изучена распространенность двух ферментов с лактоназой активностью, на основе результатов выявлены наиболее перспективные штаммы, также подтверждена связь активности по подавлению свечения и наличия соответствующего гена. Наиболее перспективные из изученных штаммов можно применять для защиты животных от микотоксинов в кормах.

Ключевые слова. Bacillus, пробиотические микроорганизмы, микотоксины, чувство кворума, лактоназная активность.

USE OF PROBIOTIC BACTERIA WITH LACTONASE ACTIVITY TO PROTECT ANIMALS FROM MYCOTOXINS IN FEED

¹Brislavskiy Y.A., ¹Prazdnova E.V., ²Rudoy D.V., ²Olshetskaya A.V., ²Odabashyan M.Yu., ²Prutskov A.S., ²Vershinina A.V.

¹Southern Federal University, The Academy of Biology and Biotechnology named after D. I. Ivanovsky, Rostov-on-Don, Russian Federation

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

Annotation. The article discusses the prospects for the use of probiotic microorganisms with lactonase activity, in particular, the evaluation of these microorganisms for the synthesis of such enzymes with lactonase activity as acyl homoserine lactonase (aiiA) and laccase (cotA). The participation of these enzymes in the mechanism of quorum quenching (Quorum Quenching, QQ) is considered. In the course of the work, the prevalence of two enzymes with lactonase activity was studied, based on the results, the most promising strains were identified, also confirmed the relationship of activity to suppress luminescence and the presence of the corresponding gene. The most promising of the studied strains can be used to protect animals from mycotoxins in feed.

Keywords. Bacillus, probiotic microorganisms, mycotoxins, quorum sensing, lactonase activity.

Микотоксины являются токсичными вторичными метаболитами, синтезируемыми плесневыми грибами, и оказывают неблагоприятное воздействие на человека и животных, что приводит к развитию различных заболеваний, известных как микотоксикозы. Микотоксины оказывают негативное влияние на аквакультуру и сельское хозяйство, попадая в корма, которые часто бывают растительного происхождения [1].

Токсины плесневых грибов, имеющие в своем составе лактоновое кольцо, могут разрушаться определенными ферментами (такие ферменты обладают лактоназой активностью). К ним относятся лакказа и АГЛ-лактоназа, рассматриваемые в данной работе [2,3]. Обширным набором различных практически значимых ферментов обладают пробиотические бациллы [4,5,6]. В том числе бациллы могут синтезировать искомые ферменты с лактоназой активностью.

Также исследуемые в работе ферменты принимают участие в процессах деградации сигнальных молекул микроорганизмов (разрушение лактонового кольца сигнальных молекул, в частности деградация ацилгомосеринлактона). Таким образом ферменты принимают участие в процессе подавления чувства кворума и тест на основе биосенсора, применяемые в работе, можно использовать

для подтверждения наличия подобных ферментов в дополнение к ПЦР [7]. Поиск штаммов, имеющих кворум-ингибирующие ферменты, довольно перспективен, так как само чувство кворума широко распространено среди микроорганизмов и его подавление имеет значительные последствия. Так, например, можно использовать ингибирование чувства кворума для противодействия патогенам растений и животных, использовать в борьбе с резистентностью патогенов к лекарственным препаратам, для противодействия биообрастания на очистных сооружениях [8,9].

Целью работы являлся поиск среди пробиотических микроорганизмов бактерий с лактоназой активностью. В частности, оценка этих микроорганизмов на предмет синтеза таких ферментов с лактоназой активностью, как ацил-гомосеринлактоназы (aiiA) и лакказы (cotA).

Материал данного исследования- микроорганизмы рода *Bacillus* (выделены из кормовой добавки «Целлобактерин», добавка используется для сельскохозяйственных животных), *Bacillus subtilis* KATMIRA 1933, *Bacillus amyloliquefaciens* V1895, ряд штаммов *Bacillus licheniformis*. Бактерии *Vibrio aquamarinus* использовались в данной работе в качестве биосенсора.

В таблице 1 представлены результаты ПЦР-анализа. Для детекции результатов использовался стандартный горизонтальный электрофорез в агарозном геле. В данной таблице, номера 1с, 2с, 3с, 4с – штаммы *Bacillus*, из кормовой добавки «Целлобактерин», другие номера в таблице- штаммы *Bacillus licheniformis*. Итак, ген синтеза АГЛ-лактоназы (aiiA) был найден у 10 штаммов (представлены в таблице) *Bacillus licheniformis* и Целлобактерин 4. Ген синтеза лакказы (cotA) был найден у одного штамма (№35) *Bacillus licheniformis*, и также у штамма Целлобактерин 1. У *Bacillus licheniformis* (по данным проведенного исследования) ген АГЛ-лактоназы оказался существенно более распространенным, чем ген лакказы, а у бацилл из кормовой добавки были найдены оба гена (однако в разных образцах).

Таблица 1 - Результаты электрофореза на исследуемые гены у штаммов *Bacillus*

№	aaiA (<i>B.cereus</i>)	aaiA (<i>B.thuringiensis</i>)	cotA (<i>B.subtilis</i>)	cotA (<i>B.pumilus</i>)
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-
5	-	-	-	-
14	-	-	-	-
17	+	-	-	-
18	+	-	-	-
20	+	-	-	-
22	-	-	-	-
25	+	-	-	-
26	+	-	-	-
28	-	-	-	-
31	-	-	-	-
32	-	-	-	-
33	+	-	-	-
35	-	-	-	+
36	-	-	-	-
50	+	-	-	-
51	+	-	-	-
53	+	-	-	-

56	+	-	-	-
1с	-	-	+	-
2с	-	-	-	-
3с	-	-	-	-
4с	-	+	-	-
B1895	+	+	+	-
Katmira	-	-	+	-

Так как на время начала работы видовая принадлежность штаммов микроорганизмов еще не была установлена, то были выбраны праймеры, гомологичные последовательностям распространенных представителей разных генетических групп *Bacillus* (*B.cereus*, *B.thuringiensis*, *B.pumilus*, *B.subtilis*).

После проведения ПЦР все исследуемые в работе штаммы бацилл были проверены на эффект подавления биолюминесценции (которая является маркером для QS и лактоназной активности (в данном случае)). Растили культуру бацилл на чашке Петри, на другой чашке (среда LB с сахарозой) в форме креста засеивалась *Vibrio aquamarinus*. Затем агаровый блок с бациллами помещали в центр культуры *Vibrio aquamarinus*. Метаболиты, выделяемые бациллами и попадающие в агар (в частности исследуемые ферменты- лактоназа и лакказа), подавляли люминесценцию *Vibrio aquamarinus*, так как этот процесс регулируется чувством кворума, а изучаемые в работе ферменты его подавляют. После постановки теста с культурой биосенсора и последующей оценки результатов были получены данные, которые представлены в таблице 2.

Наиболее значительный эффект в подавлении свечения продемонстрировали штаммы *Bacillus amyloliquefaciens* B1895, Целлобактерин 3, Целлобактерин 2, *Bacillus subtilis* KATMIRA, из штаммов *Bacillus licheniformis* наибольшую активность показал штамм №35. По итогам тестирования активность в подавлении свечения наблюдалась у всех штаммов, выделенных из «Целлобактерина».

Таблица 2 - Зоны подавления свечения (в мм) *Vibrio aquamarinus*

Штамм <i>Bacillus</i>	Зона подавления свечения (мм)
B1895	13
Целлобактерин 3	8
Целлобактерин 2	6
Katmira	5
Целлобактерин 1	3
Целлобактерин 4	3
35	4
32	3
22	3
28	3
33	2
31	2
4	1
53	1
25	1

26	1
18	1
3	1
20	1
17	1

На основе результатов исследования можно сделать следующие выводы: в ходе работы изучена распространенность ферментов с лактоназной активностью, подавляющих также чувство кворума в исследуемой выборке микроорганизмов и подтверждена связь активности по подавлению свечения и наличия соответствующего гена. Поэтому эти штаммы могут иметь двойной положительный эффект, то есть как мешать проявляться патогенам за счет подавления чувства кворума патогенов, так и спасать от токсинов в корме. Использование данных штаммов может найти применение также в аквакультуре и является перспективным.

Список использованных источников

1. Anater A., Manyes L., Meca G., Ferrer E., Luciano F.B., Pimpão C.T., Font G. Mycotoxins and their consequences in aquaculture: A review//Aquaculture, 2016, Vol. 451, Mycotoxins and their consequences in aquaculture, P. 1-10.
2. Enguita F.J., Martins L.O., Henriques A.O., Carrondo M.A. Crystal structure of a bacterial endospore coat component. A laccase with enhanced thermostability properties // The Journal of Biological Chemistry. – 2003. -V. 278, N 21. - P. 19416-19425.
3. Liu D., Momb J., Thomas P.W., Moulin A., Petsko G.A., Fast W., Ringe D. Mechanism of the Quorum-Quenching Lactonase (AiiA) from *Bacillus thuringiensis*. Product-Bound Structures // Biochemistry. – 2008. - V. 47, N 29. - P. 7706-7714.
4. Ming L.-J., Epperson J.D. Metal binding and structure-activity relationship of the metalloantibiotic peptide bacitracin // Journal of Inorganic Biochemistry. – 2002. - V. 91, N 1. - P. 46-58.
5. Сатторов Н.Р. Разработка технологии производства пробиотиков на основе *Bacillus subtilis* и их эффективность при инфекционных энтеритах телят. – Казань, 2013. – 250 с.
6. Tazehabadi M.H., Algburi A., Popov I.V., Ermakov A.M., Chistyakov V.A., Prazdnova E.V., Weeks R., Chikindas M.L. Probiotic Bacilli inhibit *Salmonella* biofilm formation without killing planktonic cells // Frontiers in Microbiology. – 2021. - V. 12. - P. 242.
7. Anandan K., Vittal R.R. Quorum quenching activity of AiiA lactonase KMMI17 from endophytic *Bacillus thuringiensis* KMCL07 on AHL- mediated pathogenic phenotype in *Pseudomonas aeruginosa* // Microbial Pathogenesis. – 2019. - V. 132. - P. 230-242.
8. Dong Y.H., Xu J.L., Li X.Z., Zhang L.H. AiiA, an enzyme that inactivates the acylhomoserine lactone quorum-sensing signal and attenuates the virulence of *Erwinia carotovora* // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. – 2000. - V. 97, N 7. - P. 3526-3531.
9. Oh H.-S., Yeon K.-M., Yang C.-S., Kim S.-R., Lee C.-H., Park S.Y., Han J.Y., Lee J.-K. Control of membrane biofouling in MBR for wastewater treatment by quorum quenching bacteria encapsulated in microporous membrane // Environmental Science & Technology. – 2012. - V. 46, N 9. - P. 4877-4884.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках госзадания (Южный федеральный университет, проект № 0852-2020-0029); Работа выполнена в рамках соглашения о предоставлении из федерального бюджета грантов в форме субсидий в соответствии с пунктом 4 статьи 78.1 Бюджетного кодекса Российской Федерации от 01.06.2022 г. №075-15-2022-1045 и исследование выполнено при поддержке гранта в рамках конкурса «Наука-2030».

ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ЖЕЛЧИ НЕКОТОРЫХ МОРСКИХ И ПРЭСНОВОДНЫХ ВИДОВ РЫБ И ЕГО ВОЗМОЖНОЕ ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ В УСЛОВИЯХ АКВАКУЛЬТУРЫ

^{1,2,3}Шокурова А.В., ⁴Анищенко О.В., ^{2,3}Кашинская Е.Н., ^{2,3}Соловьев М.М.

¹ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ, г. Новосибирск, Россия

²Институт систематики и экологии животных СО РАН, г. Новосибирск, Россия

³Институт проблем экологии и эволюции им А.Н. Северцова РАН, г. Москва, Россия

⁴Институт биофизики СО РАН, г. Красноярск, Россия

Аннотация. Исследован элементный состав желчи 429 особей рыб 21 вида пресноводных и морских рыб. Макроэлементы (Ca, K, Mg, Na, P, S) вне зависимости от эндогенных и экзогенных факторов находились в наибольшей концентрации и схожем процентном соотношении в желчи всех исследованных рыб. Однако можно отметить некоторые различия в концентрациях таких макроэлементов как K и Na между морскими и пресноводными видами. В тоже время Cu, Li, и Sr были обнаружены в желчи абсолютно всех изученных пресноводных видов, тогда как у морских в желчи всегда присутствовали такие элементы, как As, Cu, Li, Se и Sr. При этом Bi, Cd, Mo и Tl у большинства рыб обеих групп отсутствовали. Статистический анализ полученных данных позволил сделать вывод о достоверном влиянии на элементный состав желчи таких факторов как «тип питания», «местообитание», «сезонная и межгодовая изменчивость». Полученные данные об элементном составе желчи применимы при создании селективных искусственных питательных сред и видоспецифичных кормов.

Ключевые слова. Желчь, элементный состав, пищеварение, экологические факторы, аккумуляция.

THE ELEMENTAL COMPOSITION OF BILE OF SOME MARINE AND FRESHWATER FISH SPECIES AND ITS POSSIBLE PRACTICAL APPLICATION IN AQUACULTURE

^{1,2,3}Shokurova A.V., ⁴Anishchenko O. V., ^{2,3}Kashinskaya E.N., ^{2,3}Solovyev M.M.

¹FSSFEI HE Novosibirsk SAU, Novosibirsk, Russia

²Institute of Systematics and Ecology of Animals SB RAS, Novosibirsk, Russia

³A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution RAS, Moscow, Russia

⁴Institute of Biophysics SB RAS, Krasnoyarsk, Russia

Annotation. The elemental composition of the bile of 429 fish individuals of 21 species of freshwater and marine fish has studied. Macroelements (Ca, K, Mg, Na, P, S), regardless of the diets and habitat of fish, were in the highest concentrations if compare to other elements. However, it is possible to note some differences in the concentrations of such macronutrients as K and Na between marine and freshwater species. Cu, Li and Sr were found in the bile of all studied freshwater species, while bile form marine species has always contained elements such as As, Cu, Li, Se and Sr. At the same time, Bi, Cd, Mo and Tl were absent in most species of both freshwater and marine fishes. Statistical analysis has revealed that such factors as "feeding habits", "habit", "season" and "year" had a significant effect on the elemental composition of fish bile. The obtained data of the elemental composition of bile are applicable to the creation of selective artificial nutrient media and species-specific feeds.

Keywords. Bile, elemental composition, digestion, environmental factors, accumulation.

Исследования в области физиологии пищеварения рыб играют важную роль с одной стороны в рамках сравнительной, экологической и эволюционной трофологии, а с другой, как источник сведений о пищевых потребностях и процессах пищеварения рыб, которые активно используются для выращивания морских и пресноводных видов в условиях аквакультуры [1]. Эффективность пищеварительных процессов в желудочно-кишечном тракте рыб связана со сформированными в нем условиями, которые находятся под влиянием разнообразных экзогенных и эндогенных факторов [1]. К внутренним факторам относятся различные секреты пищеварительной системы, в том числе желчь, которая за счет желчных кислот, белков, а также макро- и микроэлементов, входящих в ее состав, способна формировать уникальную физико-химическую среду кишечника [2]. Хорошо известно, что

многие элементы в зависимости от их концентрации могут активировать или ингибировать ферментативную активность [3]. Таким образом, элементный состав желчи способен регулировать процессы пищеварения путем изменения уровня активности пищеварительных ферментов в кишечнике рыбы. В то же время многие элементы в желчи могут ограничивать или стимулировать рост энтеральной микробиоты [4], являясь дополнительным фильтром, определяющим, какие микроорганизмы могут колонизировать кишечник конкретного вида рыб, а какие нет. Однако данные литературы об элементном составе желчи рыб, как и о факторах его формирующих, весьма фрагментарны. Таким образом, целью данной работы стало – определить соотношение основных макро- и микроэлементов в желчи различных видов морских и пресноводных костистых рыб в зависимости от некоторых биотических и абиотических факторов. Кроме того, обозначить возможное практическое применение, полученных сведений об элементном составе рыб, в условиях аквакультуры.

Материалы и методы. Районами исследования послужили 4 разнотипных водоема (оз. Чаны, оз. Телецкое, оз. Байнунт и Кандалакшский залив (Белое море)), где сбор материала осуществлялся в различные года (2019, 2020, 2021 гг.) и сезоны (весна, лето, осень). Объектами исследования выступили 429 особи 21 вида пресноводных (*Carassius gibelio*, *C. Carassius*, *Leuciscus idus*, *L. leuciscus*, *Perca fluviatilis*, *Sander lucioperca*, *Cyprinus carpio*, *Esox lucius*, *Rutilus rutilus*, *Abramis brama*, *Coregonus lavaretus pidschian*, *C. l. pravdinellus*, *C. baunti sp*, *Cottus gobio*, *Lota lota* и *Gymnocephalus cernuus*) и морских (*Gadus morhua marisalbi*, *Eleginus nawaga*, *Limanda limanda*, *Myoxocephalus scorpius* и *Lumpenus fabricii*) костистых рыб. С помощью эмиссионной спектрофотометрии с индуктивно-связанной плазмой, в желчи каждой отдельной особи были определены 28 химических элементов: 6 макроэлементов (Ca, K, Mg, Na, P, S) и 22 микроэлемента (Al, As, Ba, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Sr, Ti, Tl, V, Zn). Статистическая обработка полученных данных выполнена с помощью пакета прикладных программ Microsoft Excel, STATISTICA 7.0 и Past 4.0.

Результаты и обсуждение. Сведения об элементном составе желчи исследованных видов, обитающих в разнотипных водоемах и выловленных в различные года и сезоны, позволили установить общие тенденции. Так, у всех пресноводных и морских рыб, вне зависимости от видовых особенностей, макроэлементы (Ca, K, Mg, Na, P, S) в желчи находились в наибольших концентрациях среди всех анализируемых элементов. Процентное соотношение макроэлементов относительно друг друга в подавляющем большинстве случаев также оставалось схожим среди всех видов рыб (ДОПИСАТЬ). Подобные соотношение концентраций (кальция, калия и магния) установлены в предыдущих исследованиях [1,5]. Однако в настоящем исследовании были найдены различия в концентрациях элементов в желчи между исследованными морскими и пресноводными видами рыб. Наиболее заметны высокие значения концентраций калия и натрия в желчи морских видов (K, 4292.0 ± 376.5 и Na, 52236.8 ± 4555.8 мг/кг), в сравнении с концентрациями этих элементов в желчи пресноводных рыб (K, 3470.7 ± 149.4 и Na, 39724.8 ± 1061.5 мг/кг). Ранее не было обнаружено различий в абсорбционной способности желчного пузыря между морскими и пресноводными видами рыб [6], следовательно вышеупомянутая обнаруженная нами разница концентраций калия и натрия в желчи морских и пресноводных рыб вероятно обусловлена более высоким содержанием этих элементов в морской воде, в сравнении с пресноводной.

В сравнении с макроэлементами, концентрации и процентное соотношение микроэлементов в желчи варьировали в широких диапазонах значений, как между, так и внутри вида. Среди 22 исследованных микроэлементов Cu, Li и Sr были обнаружены в желчи абсолютно всех исследованных пресноводных рыб. Тогда как, Bi, Mo и Sb у подавляющего большинства пресноводных видов отсутствовали. В то же время, у абсолютного числа особей морских видов в желчи присутствовали такие элементы как As, Cu, Li, Se и Sr, тогда как концентрации Bi, Mo и Sd чаще всего не были зафиксированы.

Нами была проверена связь элементного состава желчи с некоторыми экзогенными (местообитание, межгодовая и межсезонная изменчивость) и эндогенными (наполненность пищеварительного тракта, тип питания) факторами. Наполненность пищеварительной системы не оказывала значимых статистических эффектов на концентрации элементов в желчи, однако связь элементного состава с остальными факторами оказалась достоверной. Сезонные изменения оказывают влияние на биохимические процессы происходящее в организме рыб, доступность или отсутствие некоторых кормовых объектов, временные изменения параметров воды. Учитывая различия в биохимическом составе потребляемых кормовых объектов хищными и мирными рыбами, можно ожидать, что некоторые элементы, входящие в состав питания и, следовательно, поступающие в организм рыб, в том числе в желчь, будут различны.

Как было указано выше элементный состав желчи является важной составляющей физико-химической среды кишечника, которая оказывает влияние на активность пищеварительных ферментов и состав кишечной микробиоты. Таким образом, полученные данные об элементном составе желчи могут быть использованы с целью создания селективных искусственных питательных сред, химический

состав которых будет более приближен к реальному составу внутренней среды пищеварительного тракта рыб. Улучшенные таким путем искусственные питательные среды могут применяться для эффективного культивирования целевых микроорганизмов, которые в свою очередь могут быть использованы в качестве пробиотических добавок. Кроме того, данные об элементном состав желчи рыб, дающие детальное представление о физико-химических особенностях внутренней среды кишечника, применимы в создании условий наиболее приближенных при моделировании процессов пищеварения *in vitro*, которое используются для тестирования новых кормов перед использованием *in vivo*.

Список использованных источников

1. Кузьмина, В.В. Физиолого-биохимические основы экзотрофии рыб / В.В. Кузьмина. М: Наука: – 2005; – 300 с.
2. Hunn J. Inorganic Composition of Gallbladder Bile from Freshwater Fishes / J. Hunn // American Society of Ichthyologists and Herpetologists (ASIH). – 1976. – № 3. – P. 602-605.
3. Barkia A. Trypsin from the viscera of Bogue (*Boops boops*): isolation and characterization / A. Barkia, A. Bougatef, R. Nasri, E. Fetoui, R. Balti, M. Nasri // Fish Physiology and Biochemistry. – 2010. – № 36. – P. 893-902.
4. Ramero J. The gut microbiota of fish / J. Romero, E. Ringo, D. L. Merrifield // Aquaculture Nutrition. – 2014. – P. 75-100.
5. Baldisserotto B. Ionic levels of the gallbladder bile of some teleosts from the Rio Negro, Amazon / B. Baldisserotto, K. Lopez-Vasquez, L. V. Silva, J. I. Golombieski, A. L. Val // Journal of Fish Biology. – 2004. – Vol.65. – P. 287-29.
6. Hirano T., Bern A.H. The teleost gall bladder as an osmoregulatory organ / T. Hirano, A.H. Bern // Endocrinologia japonica. – 1972. – Vol.19 (1). – P. 41-46.

Работа по анализу концентраций макро- и микроэлементов поддержана Российским научным фондом, проект № 19-74-10054, метаанализ данных по влиянию различных концентраций элементов на микробиоту и активность пищеварительных ферментов поддержан Мегагрантом № 220-6544-5338.

ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ БЛАГОПОЛУЧИЯ МАРИКУЛЬТУРНЫХ УСТРИЧНЫХ ХОЗЯЙСТВ

^{1,2}Бугаев Л.А., ^{1,3,4}Войкина А.В., ^{3,5}Морозова М.А., ¹Мальцев В.Н.

¹Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

²Кубанский государственный университет, г. Краснодар, Российская Федерация

³Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

⁴Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

⁵ФБУН «Ростовский НИИ микробиологии и паразитологии» Роспотребнадзора, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация. В работе представлены результаты исследований паразитологического, инфекционного и биохимического статусов гигантской устрицы (*Crassostrea gigas*) из марикультурных хозяйств Черного моря. Исследования проводились в мае и августе 2020 г. Выявлена встречаемость у выращиваемых устриц в Черном море возбудителей клинозоа, полидороза, гексамитоза. Среди возбудителей инфекционных заболеваний моллюсков были выделены вибрионы *Vibrio pomeroyi*, *V. gigantis*, *V. pacinii*, *V. harveyi*, *V. alginolyticus*, *V. fortis*, из которых *Vibrio pomeroyi*, *V. alginolyticus* признаны патогенными для *Crassostrea gigas*. Определены референсные диапазоны показателей ферментов антиоксидантного комплекса. Полученные данные позволяют планировать как профилактические, так и лечебные мероприятия на устричных хозяйствах.

Ключевые слова. Гигантская устрица, *Crassostrea gigas*, антиоксидантный статус

APPROACHES TO DETERMINING THE WELL-BEING OF MARICULTURAL OYSTER FARMS

^{1,2} Bugaev L.A., ^{1,3,4}Voikina A.V., ^{3,5} Morozova M.A., ¹Maltsev V.N.

¹Azov-Black Sea Branch of VNIRO Russian Federal Research Institute Of Fisheries And Oceanography (AzNIIRKH), Rostov-on-Don, Russian Federation

²Kuban State University, Krasnodar, Russian Federation

³Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

⁴Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation

⁵FBUN "Rostov Research Institute of Microbiology and Parasitology" of Rospotrebnadzor, Rostov-on-Don, Russian Federation

Annotation. The paper presents the results of studies of the parasitological, infectious and biochemical status of the giant oyster (*Crassostrea gigas*) from the Black Sea mariculture farms. The studies were carried out in May and August 2020. The occurrence of pathogens of clionosis, polydorosis, hexamitosis in oysters grown in the Black Sea was revealed. Vibrios *Vibrio pomeroyi*, *V. gigantis*, *V. pacinii*, *V. harveyi*, *V. alginolyticus*, *V. fortis* were isolated among the causative agents of infectious diseases of molluscs, of which *Vibrio pomeroyi*, *V. alginolyticus* were recognized as pathogenic for *Crassostrea gigas*. The reference ranges of indicators of enzymes of the antioxidant complex were determined. The obtained data allow planning both preventive and therapeutic measures on oyster farms.

Keywords. Giant oyster, *Crassostrea gigas*, antioxidant status

В последние годы гигантская устрица (*Crassostrea gigas*) стала занимать важное место в марикультуре черноморского бассейна Российской Федерации. В настоящее время на черноморском побережье России организовано более трех десятков хозяйств, занимающихся полноцикловым выращиванием данного моллюска. Спат устриц закупается или в европейских странах средиземноморского региона, или на Дальнем Востоке [3]. Практический опыт культивирования гигантской устрицы показал ряд проблемных моментов, существенно сказывающихся на рентабельности хозяйств. Марикультура — это высоко рисковая деятельность. Риски, воздействующие на хозяйства марикультуры, могут быть объединены, в следующие группы: климатические, биологические, экологические, экономические, браконьерство.

Из представленного перечня факторов риска в аспекте благополучия аквакультурного

хозяйства следует учитывать первые три. Отметим, что под экологическими рисками мы понимаем также и возможную неблагоприятную паразитологическую и инфекционную обстановку. Искусственное выращивание двустворчатых моллюсков происходит в условиях очень высокой плотности, которая редко достигается в природе. Такие плотности могут приводить к неблагоприятным эффектам, в первую очередь, таким, как недостаток кислорода и пищи, а также к повышенной зараженности паразитами и быстрому распространению различных болезней.

Важной предпосылкой для устойчивого функционирования хозяйств марикультуры двустворчатых моллюсков является разработка подходов для оценки состояния моллюсков в условиях искусственного культивирования [6]. Возможным решением проблемы изучения и прогнозирования устойчивости хозяйств марикультуры служит эффективное определение маркеров состояния моллюсков на молекулярном, клеточном и организменном уровнях, а также в сопоставлении их с возможными последствиями на более высоких уровнях организации (популяции, сообщества, экосистемы) [4]. Для этого обычно используют характеристики, связанные с приспособленностью, которую можно определить, как меру способности индивида к выживанию и воспроизводству. Поскольку разные компоненты приспособленности могут по-разному реагировать на изменения внешних условий, для наиболее полной оценки приспособленности необходим комплексный подход с анализом нескольких ее компонентов [6].

Благополучие хозяйства аквакультуры, специализирующегося на культивировании двустворчатых моллюсков, – это комплексная характеристика, которая складывается из целого ряда показателей, описывающих факторы среды обитания, факторы физиолого-биохимического состояния объектов аквакультуры и экологические факторы, связанные с паразитарными инвазиями, заболеваниями инфекционного и вирусного генеза. В этой связи, целью настоящего исследования являлось изучение паразитологического, инфекционного и биохимического статусов гигантской устрицы из марикультурных хозяйств Черного моря.

Были обследованы моллюски из четырех марикультурных хозяйств Черноморского побережья Северного Кавказа и юго-западной части п-ова Крым (рис. 1) в мае и июне 2020 г. На каждом хозяйстве отбиралось по 20-30 особей. Паразитологические исследования выполнялись согласно рекомендациям по планированию и проведению противоэпизоотических мероприятий в рыбоводных хозяйствах и правилам взятия патологического материала [1, 7]. Отбор, подготовка проб и микробиологический анализ выполняли в соответствии с методическими указаниями и руководствами [8–10]. Физиолого-биохимический статус определяли по ряду показателей: Малоновый диальдегид (МДА), мкмоль/мг белка, супероксиддисмутаза (СОД), у.е./мин/мг белка, каталаза (Cat или Кат), мкмоль/мин/мг белка, ацетилэстераза (АцЭ), нмоль/мин/мг белка, восстановленный глутатион (GSH), нмоль/мин/мг белка, глутатион-S-трансфераза (GST), нмоль/мин/мг белка, глутатионредуктаза (ГР), нмоль/мин/мг белка, глутатионпероксидаза (ГП), нмоль/мин/мг белка, GSH/МДА [2, 5].



Рисунок 1 – Схема расположения обследованных марикультурных мидийно-устричных хозяйств. 1-4 – условные номера аквакультурных хозяйств

Результаты исследований. В ходе майских и августовских исследований мидийно-устричных хозяйств Крыма и Кавказа получены данные о зараженности тихоокеанских устриц паразитами, способными вызывать у них паразитарные болезни. Была выявлена встречаемость у выращиваемых устриц в Черном море возбудителей клинозоа, полидороза, гексамитоза (таблица 1). Предполагается, что полидороз представлял наибольшую угрозу для разведения устриц, поражая значительную долю популяции моллюсков, приводя к ухудшению их товарного вида. Потенциально опасными обнаруженными болезнями являются гексамитоз и болезни, вызываемые инфузориями отряда

Scuticociliatida (возбудители скутикоцилиатоза моллюсков). В исследованных пробах не были обнаружены клинические признаки и возбудители нематодпсидоза, болезней, вызываемых инфузориями, личиночных трематодозов, микроспориоза, перкинсоза, микроцитоза, гаплоспориоза, что может свидетельствовать о благополучии исследованных хозяйств в отношении этих заболеваний.

Таблица 1 – Встречаемость паразитарных инвазий у гигантской устрицы

Названия контролируемых болезней	Номера аквакультурных хозяйств							
	1		2		3		4	
	Весна	Лето	Весна	Лето	Весна	Лето	Весна	Лето
Клиноз	+							
Микроспориоз								
Нематодпсидоз								
Гексамитоз	+		+		+		+	+
Болезни, вызываемые инфузориями		+		+		+		+
Личиночные трематодозы								
Полидороз	+	+	+	+	+	+	+	
Перкинсоз								
Микроцитоз								
Гаплоспориоз								

Результаты микробиологического исследования тихоокеанской устрицы, проведенного в **весенний** период, показали колонизацию тканей всех обследованных моллюсков галофильными вибрионами. Таксономический состав был представлен 6 видами: *Vibrio pomeroyi*, *V. gigante*, *V. pacinii*, *V. harveyi*, *V. alginolyticus*, *V. fortis*, из которых *Vibrio pomeroyi*, *V. alginolyticus* признаны патогенными для *Crassostrea gigas*. Вибриофлора моллюсков в основном была представлена условно-патогенными вибрионами, при этом в составе микрофлоры устриц из каждого мидийно-устричного хозяйства было выделено не менее 4-5 видов.

Независимо от расположения хозяйства на Черном море, преобладали галофильные вибрионы 2-х видов - *V. alginolyticus* и *V. Gigantis*. На их долю приходилось 60-82 % от выделенных изолятов. *Vibrio harveyi*, возбудитель светящегося вибриоза у креветок, также был постоянным компонентом вибриофлоры устриц (таблица 2). Обнаружение этих видов у клинически здоровых устриц позволяет считать их постоянной частью микробиоты моллюсков. Однако при изменении условий содержания моллюсков *V. alginolyticus* может вызывать вибриоз у личинок и спата. Согласно исследованиям, проведенным во Франции, предполагается участие *Vibrio harveyi* и *V. gigante* в сочетании с другими вибрионами в так называемой «летней смертности» устриц.

Наличие в организме устриц возбудителя вибриоза *Vibrio pomeroyi*, вызывающего заболевание у взрослых особей, выявлено в 3 хозяйствах (1, 2, 4, рис. 1) Черноморского побережья Кавказа и Крыма, а в хозяйстве, расположенном на озере Донузлав (3, рис. 1), этот вид вибрионов не встречался.

Таблица 2 – Встречаемость инфекционных заболеваний у гигантской устрицы

Названия контролируемых болезней	Номера аквакультурных хозяйств							
	1		2		3		4	
	Весна	Лето	Весна	Лето	Весна	Лето	Весна	Лето
<i>Vibrio (Listonella) anguillarum</i>								
<i>V. harveyi</i>	+	+	+	+	+	+	+	
<i>V. pomeroyi</i>	+		+		+			
<i>V. parahaemolyticus</i>		+		+		+		+
<i>V. gigante</i>	+		+		+		+	
<i>V. alginolyticus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>V. pacinii</i>					+		+	
<i>V. fortis</i>	+		+	+				+
<i>V. chagasii</i>						+		+

Микробиологический анализ устриц, проведенный в **летний** период показал, колонизацию организма моллюсков галофильными вибрионами. Таксономический состав бактерий р. *Vibrio* включал 5 видов: *V. alginolyticus*, *V. harveyi*, *V. fortis*, *V. chagasii*, *V. Parahaemolyticus* (таблица 2). Число видов вибрионов, выделенных из организма устриц на мидийно-устричных хозяйствах, варьировало от 3 до 5. Кроме того, установлена сезонность качественного состава вибриофлоры. Так, *V. giganteis*, *V. pacinii*, *Vibrio pomeroiy* в микрофлоре устриц встречались только весной, а летом были выявлены другие виды: *V. chagasii*, *V. parahaemolyticus*. Кроме того, если весной доминировали *V. alginolyticus*, *V. giganteis*, то летом высевали только *V. alginolyticus*. Наряду с альгинолитическим вибрионом в микробиоте устриц озера Донузлав (3, рис. 1) преобладал *V. harveyi*, их доля составила 46% и 38% от выделенных изолятов. В хозяйствах Черного моря альгинолитические и парагемолитические вибрионы составляли более половины выделенных изолятов. Следует отметить, что парагемолитический вибрион был обнаружен и в устрицах, культивируемых на озере Донузлав (3, рис. 1) у 13% особей в обследованной выборке. Поскольку устрицы употребляются без термической обработки, присутствие парагемолитического вибриона представляет опасность для здоровья человека.

Физиолого-биохимические показатели устриц, отобранных в одни и те же сроки в разных акваториях Черного моря, продемонстрировали высокую дисперсность и невыраженную зависимость активности ферментативных систем в зависимости от условий обитания. Предполагаем, что это связано, прежде всего, с недостаточным объемом проанализированных выборок устриц, отобранных на разных хозяйствах.

В отношении географии расположения устричных хозяйств уровень активности ферментного и низкомолекулярного звена системы антиоксидантной защиты организма от окислительного стресса в весенний сезон 2020 г. был выше у особей из хозяйств, расположенных на оз. Донузлав (3, рис. 1), что свидетельствовало о менее благоприятных факторах культивирования устриц в этом водоеме по сравнению с содержанием непосредственно в море (1, 2, 4, рис. 1).

В сезонном аспекте уровень активности специализированных антиоксидантных ферментов, обезвреживающих разные виды активных форм кислорода в летний сезон 2020 г. был ниже по сравнению с весенним периодом, что свидетельствовало о более благоприятных факторах культивирования устриц исследуемых водоемах.

На основании эмпирических данных были получены значения диапазонов (референсные диапазоны), в границах которых моллюски условно считаются здоровыми: адаптационные механизмы находятся в активном состоянии, продукты перекисного окисления липидов не накапливаются до критических значений. В качестве референсных считали диапазон значений между первой и третьей квартилями, в который попадают 50% наиболее типичных по конкретному показателю особей. Значения диапазонов представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Значения референсных диапазонов значений по исследованным биохимическим показателям

	ГЕПАТОПАНКРЕАС	ЖАБРЫ
Май		
МДА	2,07 – 2,85	3,75 – 5,69
Супероксиддисмутаза	5,64 – 13,48	4,69 – 18,59
Каталаза	194 – 435	13,8 – 91,67
Ацетилэстераза	15,79 – 21,09	6,77 – 10,88
Восстановленный глутатион	253 – 510	282 – 407
Глутатион-S-трансфераза	140 – 319	587 – 1066
Глутатионредуктаза	2,7 – 8,47	2,07 – 7,98
Глутатионпероксидаза	73 – 186	44 – 268
GSH/МДА	0,111 – 0,343	0,051 – 0,085
АВГУСТ		
МДА	0,9 – 1,25	3,06 – 3,85
Супероксиддисмутаза	2,23 – 3,71	3,77 – 15,94
Каталаза	136 – 196	37,9 – 59,22
Ацетилэстераза	29,07 – 38,67	14,91 – 17,07
Восстановленный глутатион	99 – 129	241 – 872
Глутатион-S-трансфераза	183 – 257	506 – 813
Глутатионредуктаза	0,312 – 3,434	1,08 – 3,36
Глутатионпероксидаза	198 – 290	205 – 745
GSH/МДА	0,079 – 0,135	0,071 – 0,204

Заключение. Проведенные исследования являются начальным этапом изучения здоровья гигантской устрицы из марикультурных хозяйств Черного моря России. Получен перечень наиболее распространенных паразитарных и инфекционных заболеваний, с учетом которого можно планировать как профилактические, так и лечебные мероприятия. Данные биохимических исследований позволили расчетным путем на основе эмпирических данных определить референсные диапазоны значений активности ферментов антиоксидантного комплекса в целях диагностики общего состояния моллюсков.

Список использованных источников

1. Гаевская А. В., Лебедовская М. В. Паразиты и болезни гигантской устрицы (*Grassostrea gigas*) условиях культивирования / А. В. Гаевская, М. В. Лебедовская, Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2010. 218 с.
2. Королюк М. А. [и др.]. Метод определения активности каталазы // Лабораторное дело. 1988. № 1. С. 16–19.
3. Пиркова А. В., Ладыгина Л. В., Холодов В. И. Биологические и биотехнические аспекты организации и функционирования устричного питомника на Черном море / А. В. Пиркова, Л. В. Ладыгина, В. И. Холодов, Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН-е изд., Севастополь: ФИЦ ИнБЮМ, 2020. 120 с.
4. Слободскова В. В., Лескова С. Е., Челомин В. П. Оценка физиологического состояния культивируемых гидробионтов *Mizuhopecten yessoensis* // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. № 6 (17). С. 40–44.
5. Стальная И. Д., Гаришвили Т. Г. Метод определения малонового диальдегида с помощью тиобарбитуровой кислоты М: Медицина, 1977. С. 67–78.
6. Таборский Д. А. [и др.]. Оценка состояния культивируемых мидий *Mytilus edulis* L. в районе острова Соностров (Белое море, Кандалакшский залив) // Альманах современной науки и образования. Тамбов: Грамота. 2007. № 6 (6). С. 136–142.
7. Шкорбатов Г. Л., Старобогатов Я. И. Методы изучения двустворчатых моллюсков // Труды зоологического института. 1990. № 219. С. 153–171.
8. Методические указания по санитарно-микробиологическому контролю черноморских мидий и устриц. Утв. Минрыбхозом СССР 24.03.1983 (с изм. от 31.12.1987) 1983.
9. МУК 4.2.2046-06 Методы выявления и определения паразитических вибрионов в рыбе, нерыбных объектах промысла, продуктах, вырабатываемых из них, воде поверхностных водоемов и других объектах М: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. 26 с.
10. ГОСТ 31339-2006 Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Правила приемки и методы отбора проб М: Стандартинформ, 2010.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В ДИАГНОСТИКЕ СОСТОЯНИЯ ГИГАНТСКОЙ УСТРИЦЫ (*CRASSOSTREA GIGAS*) ИЗ МАРИКУЛЬТУРНЫХ ХОЗЯЙСТВ ЧЕРНОГО МОРЯ

^{1,2,4}Войкина А.В., ^{1,3}Бугаев Л.А., ¹Зыкина В.В., ^{1,4}Кириченко О.В.

¹Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО», г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

²Донской государственной технической университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

³Кубанский государственный университет, г. Краснодар, Российская Федерация

⁴Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация. В работе исследовано физиологическое состояние гигантской устрицы (*Crassostrea gigas*) из мидийно-устричных хозяйств черноморского побережья Крыма и Кавказа в весенне-летний период 2020-2021 гг. Физиолого-биохимический анализ показал, что общий антиоксидантный статус в гепатопанкреасе устриц был выше в весенний сезон, а в жабрах – в конце летнего сезона. Выявлено, что адаптационный статус характеризуется высокой вариабельностью показателей и зависит от интенсивности воздействия факторов экзо- и эндогенной природы.

Ключевые слова. гигантская устрица, антиоксидантный статус, активность ферментов, адаптация, малоновый диальдегид.

THE USE OF BIOCHEMICAL METHODS IN THE DIAGNOSIS OF THE CONDITION OF THE PACIFIC OYSTER (*CRASSOSTREA GIGAS*) FROM THE MARICULTURE FARMS OF THE BLACK SEA

^{1,2,4}Voykina A.V., ^{1,3}Bugaev L.A., ¹Zykina V.V., ^{1,4}Kirichenko O.V.

¹Azov-Black Sea Branch of the FSBSI "VNIRO", Rostov-on-Don, Russian Federation

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

³Kuban State University, Krasnodar, Russian Federation

⁴Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract. The physiological state of the pacific oyster (*Crassostrea gigas*) from mussel and oyster farms of the Black Sea coast of Crimea and the Caucasus in the spring-summer period of 2020-2021 is studied. Physiological and biochemical analysis showed that the overall antioxidant status in the oyster hepatopancreas was higher in the spring season, and in the gills – at the end of the summer season. It was revealed that the adaptive status is characterized by high variability of indicators and depends on the intensity of the impact of exogenous and endogenous factors.

Keywords. Pacific oyster, antioxidant status, enzyme activity, adaptation, malondialdehyde.

Тихоокеанская (гигантская) устрица (*Crassostrea gigas*) была завезена в Черное море в 70-х годах прошлого века в качестве потенциального объекта промышленной аквакультуры. Многочисленные экспериментальные работы позволили разработать технологию выращивания этого вида устриц на искусственных коллекторах в толще воды. В настоящее время у черноморских берегов России функционируют несколько морских ферм, которые выращивают несколько сот тысяч товарных особей тихоокеанской устрицы в год [1].

Шельфовые зоны Черного моря характеризуются резкими сезонными сменами температурного и газового режимов. Высокие летние температуры и недостаток кислорода могут оказывать негативное влияние на интенсивность ростовых и физиологических процессов устриц, выращиваемых на прибрежных морских фермах [2]. Одним из критериев успешного развития марикультуры моллюсков в Черном море является адаптация к факторам среды обитания и устойчивость к различным заболеваниям.

За последние несколько лет двустворчатые моллюски *Crassostrea gigas* испытали массовые вспышки смертности во многих странах, что привело к значительным экономическим потерям для устричных хозяйств и отрасли в целом. Проведенные исследования указывали на многофакторную причину случаев смертности моллюсков, которая была связана с патогенами, загрязнением и генетическими факторами популяций устриц [3].

Адаптация к определённым условиям среды обитания включает совокупность морфологических и биохимических особенностей организма, которые обеспечивают его жизнедеятельность и репродуктивность. Большой интерес представляет изучение различий антиоксидантной активности у моллюсков, занимающих разные экологические ниши, а также исследование способности антиоксидантной системы обеспечивать жизнедеятельность видов в естественных и стрессовых условиях [4].

Целью данной работы являлась оценка состояния здоровья гигантской устрицы (*Crassostrea gigas*) из мидийно-устричных хозяйств Черного моря Крыма и Кавказа с использованием биохимических показателей.

Материалы и методы. Сбор биологического материала для исследований проводили в мае и августе 2020-2021 гг. в марикультурных хозяйствах, расположенных вдоль побережья юго-западной части Крыма и вдоль черноморского побережья Северного Кавказа.

Отбор проб биологического материала устриц для физиолого-биохимических исследований производился по методикам D.W. Howard и соавт. [5] и О.Н. Давыдова с соавтр. [6]. После снятия с коллекторов устриц препарировали на льду. Пробы биологических тканей (жабры и гепатопанкреас) транспортировались в криопробирках в лабораторию для дальнейших биохимических исследований в сосуде Дьюара с жидким азотом (температура -196°C).

Биохимический статус определяли по ряду показателей: содержание малонового диальдегида (MDA) и восстановленного глутатиона (GSH), активность ферментов ацетилэстеразы (AcEs, КФ 3.1.1.6) супероксиддисмутаза (SOD, КФ 1.15.1.1), каталаза (CAT, КФ 1.11.1.6) глутатион-S-трансфераза (GST, КФ 2.5.1.18), глутатионредуктаза (GR, КФ 1.8.1.7) и глутатионпероксидаза (GP, КФ 1.11.1.9) согласно общепринятым методикам [7-13].

Результаты исследования были обработаны статистически и выражены в форме $M \pm m$ (M — средняя величина, m — ошибка среднего значения). Расчеты производились с помощью программы Statistica v 10.0. Сравнение количественных показателей производилось с использованием непараметрического критерия Манна-Уитни. Различия между анализируемыми выборками считали достоверными при $p \leq 0,05$.

Результаты исследований. Устойчивость гидробионтов к действию неблагоприятных факторов водной среды в значительной мере определяется состоянием систем неспецифической защиты от окислительного стресса, и в том числе антиоксидантной системы. Несмотря на универсальный характер действия таких систем, они могут иметь специфику в зависимости от видовых, эволюционных, экологических особенностей организма. Особый интерес представляет изучение антиоксидантных систем двустворчатых моллюсков-фильтраторов, испытывающих влияние множества неблагоприятных факторов и частых флуктуаций параметров водной среды [14].

Резкие изменения факторов среды обитания как внешнего, так и внутреннего характера приводят к нарушениям гомеостаза важнейших клеточных функций. Инициаторами данных нарушений являются активные формы кислорода различной модификации. В норме концентрация активных форм кислорода невысока, но при воздействии неблагоприятных факторов их концентрация может увеличиваться и, как следствие, происходит инициация окислительной деструкции основных классов биомолекул, так называемый «окислительный стресс». Для противостояния окислительному стрессу в биологической системе функционирует защитная антиоксидантная система, которая представлена низкомолекулярными компонентами и антиоксидантными ферментами [15].

Наше исследование показало, что у устриц наблюдаются большие вариации в количественном соотношении различных антиоксидантов, которые обусловлены особенностями жизненного цикла моллюсков. В весенний сезон общий антиоксидантный статус в гепатопанкреасе у устриц был выше, чем в конце летнего периода. Вероятно, это связано с преднерестовым состоянием устриц, в процессе которого происходит активизация пластического и энергетического обменов в пищеварительной железе, что приводит к усилению метаболизма и росту активности ферментов антиоксидантной системы, а также росту интенсивности перекисных процессов. В жабрах наблюдалась противоположная картина – общий антиоксидантный статус был выше в конце летнего периода. Можно предположить, что активизация антиоксидантных процессов в данном органе связана с влиянием среды обитания устриц, в частности с высокими температурами воды и меньшим по сравнению с весной содержанием растворенного в воде кислорода.

Исследования показали, что наибольшее содержание восстановленного глутатиона - низкомолекулярного звена системы антиоксидантной защиты – было обнаружено в гепатопанкреасе в весенний сезон, а в жабрах – в летний сезон (таблица 1). Наиболее выраженные различия между сезонами по этому показателю были установлены в гепатопанкреасе устриц – в весенний сезон содержание GSH было в 4 раза выше ($p \leq 0,05$).

Активность глутатионредуктазы в разные сезоны наблюдения проявлялась одинаково, уровень активности этого показателя в жабрах и гепатопанкреасе в весенний сезон был в 2 и в 3 раз выше, соответственно, чем в летний сезон.

В отличие от глутатионредуктазы, активность глутатионпероксидазы в летний сезон была в 2 раза выше в гепатопанкреасе и в жабрах по сравнению с весенним сезоном.

Высокая активность фермента по нейтрализации супероксид-аниона O_2^- – супероксиддисмутаза – наблюдалась в весенний сезон в гепатопанкреасе устриц по сравнению с летним периодом. В жабрах статистически значимых различий в активности данного показателя не было отмечено.

Уровень активности каталазы в гепатопанкреасе устриц был в 3-5 раз выше, чем в жабрах. Если рассматривать активность данного фермента в сезонном аспекте, то уровень каталазы в гепатопанкреасе был выше в весенний сезон ($p \leq 0,05$).

Исследования динамики сезонных изменений активности глутатион-S-трансферазы – фермента, способствующего процессам детоксикации – показали, что уровень данного показателя был в 3 раза выше в жабрах, чем в гепатопанкреасе устриц во все сезоны наблюдения.

Таблица 1 - Показатели антиоксидантной системы защиты гигантской устрицы (*Crassostrea gigas*) в весенне-летний период 2020-2021 гг.

Показатели	Вид тканей			
	Гепатопанкреас		Жабры	
	Май	Август	Май	Август
MDA, мкмоль/мг белка	2,52±0,07*	1,08±0,03	4,79±0,16*	3,44±0,08
SOD, у.е./мин/мг белка	9,61±0,62*	3,05±0,13	12,01±1,05	9,88±0,99
CAT, мкмоль/мин/мг белка	310,19±19,3*	159,91±6,24	63,87±9,72	47,72±2,79
AcEs, нмоль/мин/мг белка	19±0,6	33,9±1,0*	9,1±0,4	16,2±0,3*
GSH, нмоль/мин/мг белка	453,5±38,2*	112,4±3,0	346,1±13,3	579,1±48,4*
GST, нмоль/мин/мг белка	234,32±17,12	212,86±8,09	818,29±47,12*	638,13±27,84
GR, нмоль/мин/мг белка	6,0±0,6*	2,2±0,5	6,1±0,8*	2,5±0,3
GP, нмоль/мин/мг белка	124,6±10,4	242,9±10,1*	187,8±31,2	469,1±42,1*
GSH/MDA	0,23±0,02*	0,11±0,01	0,07±0,01	0,15±0,01*

Примечание: * - статистически значимые различия ($p \leq 0,05$)

Таким образом, результаты исследований свидетельствуют о высокой вариабельности количественных показателей ферментативной активности антиоксидантной системы моллюсков. Можно предполагать, что в конце лета факторы оказывают более существенное влияние на адаптационные системы поддержания гомеостаза в организме устриц. Полученные данные позволяют предположить, что адаптационный потенциал как в весенний, так и в летний периоды находился на высоком уровне и позволял компенсировать лабильность факторов среды обитания. Кроме того, одним из существенных эндогенных факторов, оказавших влияние на уровень активности антиоксидантов и активацию процессов перекисного окисления липидов, являлась стадия репродуктивного цикла, а именно готовность моллюсков к нересту.

Список использованных источников

1. Переладов М.В. Природные поселения тихоокеанской (гигантской) устрицы *Crassostrea gigas* в Чёрном море: современное состояние и перспективы экспансии // Экологическая безопасность территорий и акваторий: региональные и глобальные проблемы: Сборник трудов региональной научно-практической конференции (Керчь, 24-28 октября 2016 г.) / под общ. ред. проф. Масюткина Е.П. - Керчь: ФГБОУ ВО «КГМУ», 2016. – С.343-347.
2. Вялова О.Ю., Столбов А.Я. Особенности энергетического обмена диплоидных и триплоидных устриц *Crassostrea gigas*, как объектов марикультуры / Актуальные проблемы аквакультуры в

современный период: Материалы международной научной конференции (Ростов-на-Дону, 28 сентября – 2 октября 2015 г.). – Ростов-на-Дону, ФГБНУ «АЗНИИРХ», 2015. – С.25-27.

3. Войкина А.В., Бугаев Л.А., Морозова М.А. Результаты клинических исследований устричных хозяйств Северного Кавказа и Крыма в весенне-летний период 2020 г. / Сборник научных трудов XXIV Международной научно-практической конференции «Интерагромаш». – ДГТУ. 2021. С. 153-156.

4. Истомина А.А. Антиоксидантная активность различных видов дальневосточных двустворчатых моллюсков из естественной среды обитания / Материалы международной научной конференции, посвящённой 150-летию Севастопольской биологической станции — Института биологии южных морей имени А.О. Ковалевского и 45-летию НИС «Профессор Водяницкий: Изучение водных и наземных экосистем: история и современность. – 2021 г. С. 378-379.

5. Howard Dorothy W., Lewis Earl J., Keller B. Jane and Smith Cecelia S. Histological techniques for marine bivalve mollusks and crustaceans /NOAA Technical Memorandum NOS NCCOS 5, 2004. – 218 pp.

6. Давыдов О.Н., Абрамов А.В., Темниханов Т.В. Ветеринарно-санитарный контроль пищевых гидробионтов. – 2007. – 421 с.

7. Habig W.H., Pabst M.J., Jakoby W.B. Glutathione S-transferases. The first enzymatic step in mercapturic acid formation // J. Biol. Chem. 1974. Vol. 249, no. 22. P. 7130–7139.

8. Fried R. Enzymatic & non-enzymatic assay of superoxidedismutase // Biochem.–1975. – 57, №5. –Р.657–660.

9. Moron M.S., Depierre J.W., Mannervik B. Levels of glutathione, glutathione reductase and glutathione-S-transferase activities in rat lung and liver. Biochem Biophys Acta. 1979, 82: 67-78.

10. Королюк М.А., Иванова Л.И., Майорова И.Г., Токарев В.Е. Метод определения активности каталазы // Лаб. дело., 1988, № 1, с. 16-19.

11. Покровский А.А., Арчаков А.И. // Современные методы в биохимии. – М.: "Медицина" –1968. – С. 50 – 51.

12. Стальная И.Д., Гаришвили Т.Г. Метод определения малонового диальдегида с помощью тиобарбитуровой кислоты // Современные методы в биохимии. – М.: Медицина, 1977. – С. 66–68.

13. Юсупов Л.Б. О повышении точности определения активности глутатионпероксидазы эритроцитов. // Лабораторное дело. 1989. №4. С.100-101.

14. Гостюхина О.Л., Андреев Т.И. Ферментное и низкомолекулярное звенья антиоксидантного комплекса двух видов черноморских моллюсков с разной устойчивостью к окислительному стрессу: *Mytilus galloprovincialis* Lam. и *Anadara kagoshimensis* (Tokunaga, 1906) // Журнал общей биологии. 2018 – Том 79. № 6. – С. 482-492.

15. Истомина А.А., Челомин В.П., Довженко Н.В., Куриленко В.В., Федорец Ю.В., Бельчева Н.Н. Активность антиоксидантных ферментов и содержание глутатиона в пищеварительных органах морских беспозвоночных из залива Посьета Японского моря // Биология моря, 2018, том 44, № 4, с. 290–296.

ОЦЕНКА ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ РЕМОНТНО-МАТОЧНОГО СТАДА РУССКОГО ОСЕТРА ДОНСКОГО ОСЕТРОВОГО ЗАВОДА ПО МИКРОСАТЕЛЛИТНЫМ ЯДЕРНЫМ МАРКЕРАМ

^{1,2}Воробьева А.В., ^{1,2}Головинов И.В., ^{1,3}Алимова А.Ш., ^{1,2}Гайдамаченко В.Н.,
¹Небесихина Н.А.

¹ Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

² Южный федеральный университет, Академия биологии и биотехнологии им. Дмитрия Иосифовича Ивановского, Ростов-на-Дону, Российская Федерация

³ Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация. В статье представлено исследование генетического разнообразия русского осетра (*Acipenser gueldenstaedtii*) ремонтно-маточного стада (РМС) Донского осетрового завода (ДОЗ) с помощью анализа микросателлитных ядерных маркеров. В ходе исследования установлено общее снижение гетерозиготности популяции по четырем локусам из пяти исследованных, также при исследовании популяции РМС за последние два года выявлены редкие группы аллелей, не обнаруженные в выборке 2014 г. Полученные данные могут быть использованы заводом при составлении схем скрещивания для сохранения общего аллельного (генетического) разнообразия популяции.

Ключевые слова. Русский осетр, *Acipenser gueldenstaedtii*, микросателлиты, ремонтно-маточное стадо.

ASSESSMENT OF THE GENETIC DIVERSITY OF THE RUSSIAN STURGEON BROOD STOCK OF THE DONSKOY STURGEON PLANT BY MICROSATELLITE NUCLEAR MARKERS

^{1,2}Vorobieva A.V., ^{1,2}Golovinov I.V., ^{1,3}Alimova A.Sh, ^{1,2}Gaidamachenko V.N., ¹Nebesikhina N.A.

¹Azov Fisheries Research Institute (AzNIIRKH), Rostov-on-Don, Russian Federation

²Southern Federal University, The Academy of Biology and Biotechnology named after D. I. Ivanovsky, Rostov-on-Don, Russian Federation

³Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract. The article presents a study of the genetic diversity of the Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii*) of the brood stock (RMS) of the Donskoy sturgeon hatchery (DOZ) using the analysis of microsatellite nuclear markers. In the course of the study, a general decrease in the heterozygosity of the population for four of the five loci studied was established, and in the study of the RMS population over the past two years, rare groups of alleles were identified that were not found in the sample for 2014. The data obtained can be used by the plant when drawing up crossbreeding schemes to preserve the overall allelic (genetic) diversity of the population.

Keywords. Russian sturgeon, *Acipenser gueldenstaedtii*, microsatellites, repair and breeding stock.

Популяции осетровых Азово-Черноморского бассейна были вторыми по величине после каспийских. По данным литературы в период с 1988 по 2007 г. численность *Acipenser gueldenstaedtii* сократилась с 14 млн до 208 тыс. особей [1]. Первопричиной снижения численности азовских осетровых является широкомасштабное браконьерство и активное строительство дамб и плотин, что привело к уничтожению естественных нерестилищ осетровых видов рыб.

С 1956 года началось искусственное выращивание осетровых в бассейне Азовского моря. Разведения молоди производили на рыбоводных заводах реки Дон (Донской осетровый завод, Рогожинский, Аксайско-Донской и «Взморье») и на заводах реки Кубань (Темрюкском, Ачувеском и Гривенском) [2]. Единственным действующим рыбоводным заводом Дона на сегодняшний день является – Донской осетровый завод.

Молекулярно-генетические исследования производителей русского осетра показали утрату ряда редких групп аллелей у рыб, содержащихся в РМС [3,4]. Что подчеркивает важность подбора

производителей с использованием генетического анализа особей ремонтно-маточных стад осетровых заводов при искусственном воспроизводстве популяций.

Цель исследования заключалась в оценке генетического разнообразия ремонтно-маточного стада Донского осетрового завода по микросателлитным ядерным маркерам за последние 8 лет.

Объектом исследования служили 349 особей ремонтно-маточного стада русского осетра, взятых на исследование в Донском осетровом заводе в 2014 г. (выборка 1) и в 2021-2022 гг. (выборка 2). Плавники отбирали прижизненно, фиксировали в 96% этаноле и далее хранили при -20°C. Экстракцию тотальной ДНК из проб проводили с использованием коммерческого набора «ДНК ЭКСТРАН-2» (Синтол, Россия).

Для генетического анализа использовали пять микросателлитных локусов (Afug41, Afug51, AoxD161, AoxD165, An20). Генотипирование анализируемых STR-маркеров проводили при помощи мультиплексной ПЦР, затем продукты амплификации разделяли методом капиллярного электрофореза на устройстве секвенирования ДНК «Нанофор05» (ЭЗАН, Россия).

В таблице 1 представлены результаты микросателлитного анализа особей ремонтно-маточного стада *Acipenser gueldenstaedtii* за 2014 г. и 2021-2022 гг.

В результате генотипирования пяти полиморфных локусов было выявлено - 59 аллелей за 2014 гг., 63 аллеля за 2021-2022 гг.

Все исследуемые локусы показали достаточно высокий полиморфизм. В ремонтно-маточном стаде ДОЗ за 2014 г. наибольшее количество аллелей обнаружено в локусе Afug41, в выборке за 2021-2022 гг. наибольшее количество аллельных вариантов выявлено в локусе Afug51. Наименее разнообразным по вариантам аллелей в двух исследуемых выборках оказались локусы AoxD161 и An20.

При исследовании аллельного разнообразия ремонтно-маточного стада за 2021-2022 гг. были выявлены аллели, не обнаруженные при анализе выборки за 2014 г. (AoxD161 – 106 п.н., Afug51 – 244, 292 п.н., An20 – 181 п.н., AoxD165 – 188 п.н.). По данным литературы аллели данной длины встречаются в популяции с наименьшей частотой, что объясняет редкое появление данных аллелей в исследуемых выборках: AoxD161 – 106 п.н. (1 особь из 253 исследованных), Afug51 – 244, 292 п.н. (20 и 1 особь соответственно), An20 – 181 п.н. (3 особи), AoxD165 – 188 п.н.(20 особей)[5].

Наибольшее снижение уровня гетерозиготности выявлено для выборки 2, где дефицит гетерозигот (-D) наблюдается по 4 локусам из 5 исследованных (AoxD161, AoxD165, Afug41, Afug51). В то время как в выборке 1 дефицитом гетерозигот характеризуется только локус Afug51.

При исследовании ремонтно-маточного стада выборки 1 по локусам AoxD161, An20 и Afug41 – полных гомозигот не обнаружено, на сегодняшний день (выборка 2) можно наблюдать некоторое повышение доли гомозиготных особей. Однако при сравнении двух выборок между собой статистически значимые различия в частоте полных гомозигот были выявлены только по локусу Afug41 ($T(p) = 2,030$ ($p < 0,05$)). При сравнении выборок по доли слабых гетерозигот статистически значимые различия выявлены только при исследовании локуса – AoxD165 ($T(p) = 3,334$ ($p < 0,001$)).

Таблица 1 - Показатели генетического разнообразия естественной популяции русского осетра по данным STR-анализа

Локус	Выборка	N	L	M	Ho	He	D	AAAA, %	AAAB, %
Afug41	Выборка 1	96	16	3,42	1,000	0,996	0,004	0	2,1
	Выборка 2	253	16	3,2	0,970	0,996	-0,026	1,6	9,9
Afug51	Выборка 1	96	13	2,35	0,893	0,995	-0,102	10,4	22,9
	Выборка 2	253	15	2,5	0,907	0,996	-0,089	8,7	19,8
An20	Выборка 1	96	10	2,91	1,000	0,980	0,020	0	16,7
	Выборка 2	253	10	3,0	0,992	0,979	0,013	0,8	14,6
AoxD161	Выборка 1	96	9	3,10	1,000	0,991	0,009	0	7,3
	Выборка 2	253	10	3,5	0,990	0,996	-0,006	1,2	7,5
AoxD165	Выборка 1	96	11	2,74	0,936	0,935	0,001	6,3	22,9
	Выборка 2	253	12	2,6	0,904	0,977	-0,073	9,5	30,8

Примечание: N – количество особей в выборке; L - количество аллелей; M - среднее число аллелей на локус; HO - наблюдаемая гетерозиготность; HE - ожидаемая гетерозиготность; D – коэффициент отклонения наблюдаемой гетерозиготности от ожидаемой; AAAA - количество гомозиготных особей; AAAB - количество слабо гетерозиготных особей.

Согласно проведенному исследованию, можно сделать следующие выводы: при исследовании двух выборок русского осетра из РМС ДОЗ по 5 микросателлитным ядерным маркерам, было выявлено заметное снижение уровня гетерозиготности ремонтно-маточного стада завода в настоящее время по

4 исследуемым локусам (AoxD161, AoxD165, Afug41, Afug51). Было обнаружено статистически значимое увеличение доли полных гомозигот и слабых гетерозигот по микросателлитным локусам: Afug41 и AoxD165, что говорит о снижении генетического разнообразия популяции. Также в выборке за 2021-2022 гг. были обнаружены редкие аллели, не выявленные при исследовании выборки за 2014 гг., эти данные могут быть использованы рыболовным заводом при составлении схем скрещивания, для правильного подбора производителей при выпуске молоди с целью сохранения генетического разнообразия.

Список использованных источников

1. Рубан Г. И., Ходоревская Р. П., Кошелев В. Н. О состоянии осетровых в России // Астраханский вестник экологического образования. – 2015. – №. 1 (31). – С. 42-50.
2. Матишов Г. Г., Лужняк В. А. Особенности выживаемости заводской молоди осетровых рыб в условиях Азовского бассейна // Вестник южного научного центра РАН. – 2012. – Т. 8, №. 4. – С. 76-80.
3. небесихина, Н. А. Оценка генетического разнообразия производителей русского осетра из ремонтно-маточных стад / Н. А. небесихина, Н. Н. Тимошкина // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна Сборник научных трудов (2012-2013 гг.). – Ростов-на-Дону: Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства, 2014. – С. 261-270.
4. Оценка генетического разнообразия производителей русского осетра из ремонтно-маточного стада ФГБУ "Аздоррыбвод" Донской осетровый завод / Н. А. небесихина, А. Г. Лепешков, Е. А. Иванова, Н. Н. Тимошкина // Труды АзНИИРХ (результаты рыбохозяйственных исследований в Азово-Черноморском бассейне: Сборник научных трудов по результатам исследований за 2014-2015 гг. / Ответственный редактор В.Н. Белоусов. – Ростов-на-Дону: Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства, 2017. – С. 244-249.
5. Барминцева А. Е., Мюге Н. С. Использование микросателлитных локусов для установления видовой принадлежности осетровых (Acipenseridae) и выявления особей гибридного происхождения // Генетика. – 2013. – Т. 49, №. 9. – С. 1093-1093.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ФОРМИРОВАНИЯ МАТОЧНЫХ СТАД СЕВРЮГИ (A. STELLATUS)

^{1,3}Гайдамаченко В.Н., ^{1,2}Алимова А.Ш., ^{1,3}Воробьева А.В., ^{1,3}Головинов И.В.,
¹Небесихина Н.А.

¹Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

²Донской государственной технической университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

³Южный федеральный университет, Академия биологии и биотехнологии им. Дмитрия Иосифовича Ивановского, Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация. Для формирования маточного стада необходимо учитывать несколько критериев, одним из главных является генетическая и половая структура. В данной статье указаны критерии к формированию генетической структуры маточного стада. Маточное стадо должно быть обеспечено максимальным полиморфизмом, что даст наиболее высокую плодовитость и сохранит генофонд популяций.

Ключевые слова. Популяция, стадо, самка, рыбы, генетическая структура, севрюга.

GENETIC CRITERIA FOR THE FORMATION OF BREEDING HERDS OF STELLATE STURGEON (STELLATUS)

^{1,3}Gaidamachenko V.N., ^{1,2}Alimova A.Sh., ^{1,3}Vorobieva A.V., ³Golovinov I.V., ¹Nebesikhina N.A.

¹AzovFisheries Research Institute (AzNIIRKH), Rostov-on-Don, Russian Federation

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

³Southern Federal University, The Academy of Biology and Biotechnology named after D. I. Ivanovsky, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract. For the formation of the broodstock, several criteria must be taken into account, one of the main ones is the genetic and sexual structure. This article indicates the criteria for the formation of the genetic structure of the broodstock. The broodstock should be provided with maximum polymorphism, which will give the highest fertility and preserve the gene pool of populations.

Keywords. Population, herd, female, fish, genetic structure, sevryuga.

Осетровые рыбы являются поистине важным объектом изучения, их еще называют «живыми ископаемыми». Сохранение древних хрящевых видов является приоритетным для отечественного рыбного хозяйства. С середины прошлого века количество осетровых видов только уменьшалось, к концу столетия масштаб проблемы уже охватил весь Юг России. В настоящее время численность популяции осетровых видов рыб, в Азовском море находится в критическом состоянии. Причин возникновения этой ситуации несколько: строительство Цимлянского гидроузла на Нижнем Дону, реконструкция Кочетковского гидроузла, что привело к заиливанию нерестилищ и, соответственно, потери их рыбохозяйственного значения. Не меньший вред естественному воспроизводству севрюги, как и всем рыбам, нанесли дноуглубительные работы, токсикологический прессинг и антропогенное воздействие. Единственное рациональное решение для компенсации сократившегося количества осетровых – развитие искусственного воспроизводства. Целесообразность и необходимость формирования ремонтно-маточных стад особенно актуально для редких и исчезающих видов.

Снижение численности видов отразилось и на азовской севрюге. Данный вид оказался в красной книге и никак не может восполнить свою популяцию достаточным количеством особей (рисунок 1).

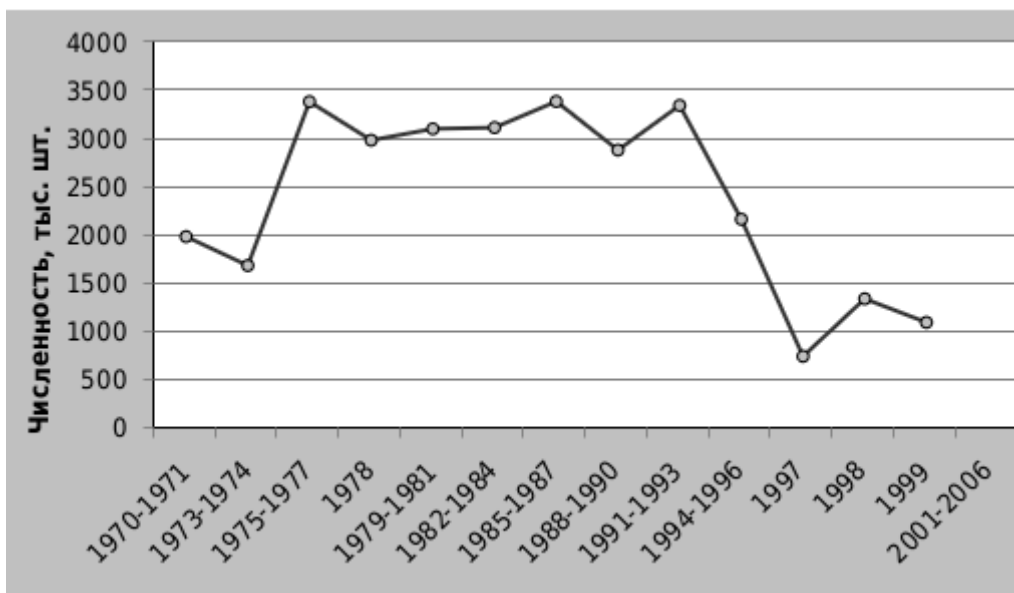


Рисунок 1 – Динамика численности азовской севрюги по прямому учету в море, тыс. шт. (по данным Ю.И. Рекова, 2000).

Севрюга также известна, как звездный осетр, из-за характерных звездных костных пластин на её теле. Питается рыбой, моллюсками, ракообразными и червями. Она в основном обитает в бассейнах Черного и Каспийского морей и Азовского моря. Наибольшая численность популяции приходится на Волго-Каспийский регион. Есть два разных цикла нереста для этого вида. Некоторые рыбы нерестятся зимой, а некоторые весной. В зависимости от обитания и морфологических особенностей выделяют типичную каспийскую севрюгу (*Acipenser stellatus* Pallas) и азовскую севрюгу (*Asipenser stellatus donensis* Zovetzky).

Существующие различия между видами каспийской и азовской севрюги появились при попытке восстановления численности популяции в Азовском море за счет преднамеренного переселения каспийской севрюги.

Основными проблемами при формировании ремонтно-маточного стада осетровых рыб являются:

- половая структура рмс;
- генетическая структура рмс;
- возрастная структура и численность рмс;
- термический режим при формировании и содержании маточных стад;
- паспортизация, мечение и генетический контроль маточного стада;
- здоровье рыб.

В популяции, формируемой для разведения, должен быть сохранен репрезентативный генофонд вида осетровых и внутривидовых групп. Генотип рыбы в племенном стаде должен отражать генетическую структуру природной популяции. Для генетического мониторинга селекционного фонда необходима серия генетических маркеров.

Во время создания маточного поголовья необходимо обеспечить не менее трех отборов из природных вод на каждую внутривидовую группу. Эффективный размер каждой популяции должен составлять не менее 250 самцов и самок разного возраста, что позволит минимизировать генетический дрейф от производителя к потомству в течение 50 поколений.

В результате использования для разведения племенного потомства необходимо осуществить ряд мер по снижению инбридинговой депрессии в популяциях, пополняемых искусственно выведенными:

- подбирать родительские пары на основе молекулярно-генетического анализа для обеспечения сохранения редких генотипов;
- подбирать самок и самцов подходящего возраста;
- реинтродукция;
- использовать самок и самцов, заготовленных на разных участках и в разные сроки нерестового хода.

–при использовании домашних самок, их рационально скрещивать с дикими самцами, а в случае острой нехватки самцов–наоборот. При этом используют схему ротационного скрещивания, включая в маточное стадо 5–10% диких рыб;

–при малом количестве самок, уровень гетерогенности потомства может быть существенно увеличен факториальным скрещиванием.

Когда число самок не велико, факториальное спаривание может значительно повысить уровень гетерогенности потомства (таблица 1).

Таблица 1 – Факториальное скрещивание осетровых

Вариант	Скрещивание	Вариант	Скрещивание
1	♂ x ♀	8	♂♂♂♂ x ♀♀♀
2	♂ x ♀♀	9	♂♂♂♂ x ♀♀♀♀
3	♂♂ x ♀	10	♂♂♂♂ x ♀♀♀♀♀♀
4	♂♂ x ♀♀	11	♂♂♂♂♂ x ♀♀♀♀
5	♂♂♂ x ♀♀♀	12	♂♂♂♂♂ x ♀♀♀♀♀♀
6	♂♂♂ x ♀♀♀♀	13	♂♂♂♂♂♂ x ♀♀♀♀♀♀♀♀
7	♂♂♂♂ x ♀♀♀♀♀♀		

По итогу работы мы пришли к выводу, что скрещивание производителей для сохранения редких генотипов следует проводить строго индивидуально с последующим разделным выращиванием потомства.

Список использованных источников

1. Багров А.М. Аквакультура России: состояние и перспективы / А.М. Багров, В.К. Виноградов, Е.А. Мельченков // В сб. мат-лов совещания «Воспроизводство рыбных запасов» в Ростове-на-Дону, 2000. -С. 161-170.
2. Баранникова И.А. Проблема сохранения осетровых в современный период / И.А. Баранникова, С.И. Никоноров, А.Н. Белоусов // Осетровые на рубеже XXI века: Тез. докл. Международной конф. - Астрахань, 2000. - С. 7-9.
3. Барминцева А.Е. Использование микросателлитных локусов для установления видовой принадлежности осетровых (Acipenseridae) и выявления особей гибридного происхождения. / А.Е. Барминцева, Н.С. Мюге // Генетика. - 2013. - Т. 49(9). - С. 1093-1105.
4. Бойко Е.Г. Избранные труды / Е.Г. Бойко. - Ростов-на-Дону: Эверест, 2005. - С. 9-129.
5. Васильева Е.Д. Рыбы бассейна Азовского моря / Е.Д. Васильева, В.А. Лужняк: [гл. ред. Акад. Г.Г. Матишов]. - Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2013. - 272 с. - ISBN 978-5-4358-0052-4.

ПРИМЕНЕНИЕ ДНК ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (ЭКОДНК) В АКВАКУЛЬТУРЕ

^{1,2}Головинов И.В., ^{1,2}Воробьева А.В., ^{1,3}Алимова А.Ш., ^{1,2}Гайдамаченко В.Н.,
¹Небесихина Н.А.

¹Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» «АзНИИРХ», г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

²Южный федеральный университет, Академия биологии и биотехнологии им. Дмитрия Иосифовича
Ивановского, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

³Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация. Раннее выявление болезней рыб и борьба с ними имеют решающее значение для аквакультуры. Традиционные методы мониторинга требуют много времени и часто малоэффективны. Экологическая ДНК (экоДНК) может применяться для мониторинга переносимых водой инфекций рыб. В настоящем исследовании рассмотрено применение ДНК окружающей среды для мониторинга инфекционных заболеваний рыб в аквакультуре. Приводятся литературные данные об использовании экоДНК в диагностике патогенов с использованием различных методов молекулярной биологии.

Ключевые слова. Экологическая ДНК, экоДНК, аквакультура, инфекционные заболевания

APPLICATIONS ENVIRONMENTAL DNA (eDNA) IN AQUACULTURE

^{1,2}Golovinov I.V., ^{1,2}Vorobeva A.V., ^{1,3}Alimova A.Sh., ^{1,2}Gaidamachenko V.N., ¹Nebesikhina N.A.

¹Azov-Black Sea Branch of "VNIRO" ("AzNIIRKH"), Rostov-on-Don, Russian Federation

²Southern Federal University, The Academy of Biology and Biotechnology named after D. I. Ivanovsky,
Rostov-on-Don, Russian Federation

³Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract. Early detection and control of fish diseases is critical for aquaculture. Traditional monitoring methods are time consuming and often ineffective. Environmental DNA (eDNA) can be used to monitor waterborne infections in fish. The present study examined the application of environmental DNA to the monitoring of infectious diseases in fish in aquaculture. Literature data on the use of eDNA in the diagnosis of pathogens using various methods of molecular biology are presented.

Keywords. Environmental DNA, eDNA, aquaculture, infection disease.

В настоящее время общий объем производства продукции аквакультуры в мире составляет 74,81 млн тонн [1]. В Российской Федерации в 2021 году объем производства продукции товарной аквакультуры составил 356,6 тысяч тонн [2]. Однако, сегодня болезни приводят к потерям примерно 40% производственного потенциала (~102 миллиарда долларов США) из-за прямых (смертность) и косвенных (добавление химикатов, отходы корма) факторов [3]. Следовательно, раннее выявление болезней и борьба с ними имеют решающее значение для будущего аквакультуры.

Традиционные методы мониторинга водной среды, такие как гистопатология и морфологическая идентификация, требуют много времени и часто не обладают должной чувствительностью к обнаружению.

Но существует новый метод – экоДНК (экологическая ДНК), при котором генетический материал (ДНК и РНК) как макро-, так и микроорганизмов извлекается из проб окружающей среды и обнаруживается с помощью методов молекулярной биологии. В последние годы данный метод стал популярным. Во многом это произошло благодаря развитию технологий анализа генетических последовательностей ДНК и мощных вычислительных систем, упрощающих анализ больших объемов, полученных данных.

Экологическая ДНК (экоДНК) может применяться для мониторинга переносимых водой инфекций рыб. Для рыб следы экоДНК могут происходить из клеток крови, слизи, стула, чешуи и т. п. Инфекции и паразиты также оставляют следы экоДНК в воде.

Важным потенциалом анализа экоДНК в аквакультуре является то, что отбор проб не влияет на окружающую среду и не требует гибели рыбы. Сегодня большое количество рыбы убивают, чтобы исключить заболевание или обнаружить его. С помощью концепции экоДНК можно анализировать

пробы воды, чтобы выявить инфекцию на ранней стадии или указать на отсутствие болезни. Анализ экоДНК также может быть удобным инструментом для более точного картирования распространения инфекции во времени и пространстве и, таким образом, инструментом раннего предупреждения, позволяющим принимать профилактические меры. Раннее предупреждение о возникающих вспышках болезней может позволить заблаговременно принять меры по контролю и смягчению последствий.

Стандартный протокол экоДНК включает в себя следующие этапы:

1. Отбор проб воды
2. Фильтрация или центрифугирование
3. Выделение ДНК
4. ПЦР-РВ или NGS

Применение экоДНК в аквакультуре показало свою эффективность на различных объектах: паразитических беспозвоночных *Tetracapsuloides bryosalmonae*, вызывающих заболевания почек лососёвых рыб [4,5]; иридовирусе красного морского леща [6]; грибок *Aphanomyces astaci*, вызывающим чуму раков рода *Astacus* [7]; лососёвой вши (*Lepeophtheirus salmonis*), амёбах *Paramoeba perurans*, водорослях *Prymnesium parvum*, *Pseudo-nitzschia seriata* и *P. Delicatissima* [8]; бактериях *Piscirickettsia salmonis* и вирусе некроза эритроцитов [9]; инфузориях *Chilodonella hexasticha* [10]; хитридном грибе *Batrachochytrium salamandrivorans*, поражающем саламандр [11].

Обобщенные данные об исследованиях экоДНК в аквакультуре представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Обзор литературы о применении экоДНК в аквакультуре с описанием использованных методов

Страна	Вид	Объем собранной воды и метод выделения ДНК	Метод анализа и целевая область	Метод количественного определения экоДНК	Источник
Япония	Red sea bream iridovirus	0,5 л через поликарбонатный 0,8 мкм фильтр с выделением ДНК с использованием набора Qiagen DNeasy Blood and Tissue Kit	ПЦР-РВ гена MCP RSIV	Стандартные кривые, основанные на серийных разведениях ДНК	6
Швейцария	<i>Tetracapsuloides bryosalmonae</i>	5 л через стекловолоконный 1 мкм фильтр с выделением ДНК с использованием Qiagen DNeasy PowerWater Kit	ПЦР-РВ гена COI	Стандартные кривые, основанные на серийных разведениях ДНК	4
Швейцария	<i>Aphanomyces astaci</i>	5 л через стекловолоконный 1 мкм фильтр с выделением ДНК с использованием Qiagen DNeasy Blood and Tissue Kit	ПЦР-РВ участка ITS1	Стандартные кривые, основанные на серийных разведениях ДНК	7
Великобритания	<i>Lepeophtheirus salmonis</i> , <i>Paramoeba perurans</i> , <i>Prymnesium parvum</i> , <i>Pseudo-nitzschia seriata</i> , <i>P. delicatissima</i>	0,5 л через ПЭС 0,22 мкм фильтр с выделением ДНК с использованием Qiagen DNeasy Blood and Tissue Kit	Метабарк одинг гена 18S SSU рДНК на платформах Illumina MiSeq и Ion Torrent	Количество чтений последовательностей экоДНК используется в качестве показателя относительной численности вида	8
Канада	39 патогенов лососёвых (вирусные, бактериальные,	15 л через ПЭС 0,22 мкм фильтр с выделением ДНК с использованием СТАВ метода	ПЦР-РВ	Стандартные кривые, основанные на серийных разведениях ДНК	9

	эукариотиче ские)				
Австралия	<i>Chilodonella hexasticha</i>	0,015 л центрифугируют с выделением ДНК с использованием СТАВ метода	ПЦР-РВ гена SSU-рДНК	Стандартные кривые, основанные на серийных разведениях ДНК	10
Нидерланды	<i>Batrachochytrium salamandrivorans</i>	2 л через 0,45 мкм целлюлозно-нитратный фильтр с выделением ДНК с использованием Qiagen DNeasy Blood and Tissue Kit	ПЦР-РВ фрагмента ДНК длиной 54 п.н.	Стандартные кривые, основанные на серийных разведениях ДНК	11

Характеристика состояния экосистемы посредством измерения биоиндикаторов — еще одно применение технологии экодНК [12]. Биоиндикаторы выбирают по их чувствительности к условиям окружающей среды. Если количество выбранного биоиндикатора уменьшается или увеличивается, соответствующее изменение можно рассматривать как признак того, что нужно искать пагубные влияния: загрязнение воды, сдвиги в структуре сообщества и изменение климата.

Методы обнаружения патогенов, основанные на ДНК окружающей среды, теоретически могут обеспечить одновременные исследования множества возникающих водных патогенов в разных таксонах хозяев. Однако для того, чтобы метабаркодинг экодНК превратился в полезный инструмент биомониторинга, необходимо подтвердить, что наборы данных о последовательностях, полученные в результате амплификации маркеров метабаркодинга, отражают истинную видовую идентичность, проверить чувствительность при различных уровнях численности и загрязненности окружающей среды и внедрить недорогой метод секвенирования, позволяющий выполнять массовую обработку полевых образцов.

Список использованных источников

1. Никифоров-Никишин А. Л., Шатохин М. В. Развитие мирового рынка аквакультуры // Дельта науки. – 2019. – №. 1. – С. 4-6.
2. Объем производства аквакультуры в России вырос на 8,5% — до 357 тыс. тонн – ФАО // Федеральное агентство по рыболовству. Объединенная пресс-служба. Новости. – 2022. – 09.02. – URL: <https://fish.gov.ru/news/2022/02/09/obem-proizvodstva-akvakultury-v-rossii-vyros-na-85-do-357-tys-tonn/> (дата обращения: 29.08.2022).
3. FAO F. et al. The state of world fisheries and aquaculture // Opportunities and challenges. Food and Agriculture Organization of the United Nations. – 2012.
4. Kawato Y. et al. Application of environmental DNA for monitoring Red Sea bream Iridovirus at a fish farm // Microbiology spectrum. – 2021. – Т. 9. – №. 2. – С. e00796-21.
5. Sieber N., Hartikainen H., Vorburger C. Validation of an eDNA-based method for the detection of wildlife pathogens in water // Diseases of Aquatic Organisms. – 2020. – Т. 141. – С.171-184.
6. Sieber N. et al. Parasite DNA detection in water samples enhances crayfish plague (*Aphanomyces astaci*) monitoring in asymptomatic carrier populations // Detection of aquatic wildlife pathogens from eDNA in water samples. – 2020. – С. 77.
7. Peters L. et al. Environmental DNA: A new low-cost monitoring tool for pathogens in salmonid aquaculture // Frontiers in Microbiology. – 2018. – Т. 9. – С. 3009.
8. Shea D. et al. Environmental DNA from multiple pathogens is elevated near active Atlantic salmon farms // Proceedings of the Royal Society B. – 2020. – Т. 287. – №. 1937. – С. 20202010.
9. Gomes G. B. et al. Use of environmental DNA (eDNA) and water quality data to predict protozoan parasites outbreaks in fish farms // Aquaculture. – 2017. – Т. 479. – С 467-473.
10. Spitzen-van der Sluijs A. et al. Using environmental DNA for detection of *Batrachochytrium salamandrivorans* in natural water // Environmental DNA. – 2020. – Т. 2. – №. 4. – С. 565-571.
11. Duval E. et al. An eDNA-based method for monitoring a salmonid infectious disease: Development and application // ARPHA Conference Abstracts. – Pensoft Publishers, 2021. – Т. 4. – С. e64797.
12. Barnes M. A., Turner C. R. The ecology of environmental DNA and implications for conservation genetics // Conservation genetics. – 2016. – Т. 17. – №. 1. – С. 1-17.

ПЕРСПЕКТИВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БАКТЕРИОФАГОВ ДЛЯ ПРОФИЛАКТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ БАКТЕРИОЗОВ РЫБ

¹Елеев Э.Л., ²Зулькарнеев Э.Р.

¹Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина, Москва, Российская Федерация

²Московский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии им Г.Н. Габричевского, Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье дана краткая характеристика методов борьбы с бактериозами рыб. В работе описаны преимущества бактериофагов и имеющиеся проблемы в создании фаговых препаратов. Дано краткое описание результатов исследований в работах различных авторов.

Ключевые слова. Бактериофаги, бактериозы рыб, аэромоноз, фаготерапия

PROSPECTS FOR THE USE OF BACTERIOPHAGES FOR THE PREVENTION AND TREATMENT OF BACTERIOSES IN FISH

¹Eleev E.L., ²Zulkarneev E.R.

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

²G. N. Gabrichevsky Moscow Research Institute of Epidemiology and Microbiology, Moscow, Russian Federation

Abstract. The article gives a brief description of the methods of combating bacterioses in fish. The paper describes the advantages of bacteriophages and the existing problems in the creation of phage preparations. A brief description of the research results in the works of various authors is given.

Keywords. Bacteriophages, fish bacterioses, aeromonosis, phage therapy

Рыбоводство – важная и быстроразвивающаяся отрасль сельского хозяйства в России. При этом, при культивировании всех видов рыб, основными лимитирующими факторами являются заразные болезни, из которых значительный ущерб наносят бактериальные инфекции. Распространёнными бактериальными заболеваниями рыб являются: аэромонозы, псевдомонозы, флексибактериозы, флавобактериозы, стрептококкозы, вибриозы и ряд других. При этом, из-за высокой заболеваемости и смертности, а также широкого распространения, особого внимания ихтиопатологов заслуживают аэромонозы карповых, лососёвых и некоторых других видов рыб.

Основные стратегии борьбы с бактериозами рыб. Для профилактики и лечения бактериальных инфекций рыб в настоящее время применяются методы, включающие в себя использование антибиотиков, пробиотиков, вакцин. Каждый из указанных средств имеет хорошо известные достоинства и существенные недостатки. Так антибиотики отличаются не избирательным действием и их применение приводит к появлению полирезистентных бактерий, что делает лечение с их использованием не эффективным.

Вакцинация является альтернативным антибиотикам методом для борьбы с бактериозами рыб. При этом, для лечения и профилактики аэромонозов разновозрастных рыб эффективных вакцин на сегодняшний день не разработано, кроме того, созданные вакцинные препараты против возбудителей бактерий рода *Aeromonas* демонстрировали побочные эффекты [1].

Пробиотики, применяемые в аквакультуре, повышают сопротивляемость организма рыб к действию патогенных бактерий, но не всегда эффективны против высоко вирулентных штаммов.

Перспектива использования бактериофагов. К важным достоинствам бактериофагов является безопасность для окружающей среды и микробиома рыб и потребителей рыбной продукции, высокая видовая специфичность к бактериям хозяевам, а также успехи в создании эффективных в терапии бактериозов рыб штаммов.

Результаты экспериментальных исследований на разных видах рыб продемонстрировали эффективность фаготерапии при различных бактериальных инфекциях рыб, в том числе и при аэромонозах. Показано, что обработка инфицированных рыб повышала их выживаемость с 45% до 85%

[2]. В исследованиях Цао и др. для борьбы с *A. hydrophila* фаги вводили радужной форели парэнтерально, перорально и методом ванн. Результаты достигали 100%, 67% и 50% выживаемости соответственно. В работе показана чувствительность к бактериофагам резистентных к антибиотикам *A. hydrophila*. Что подтверждается другими авторами [3,4].

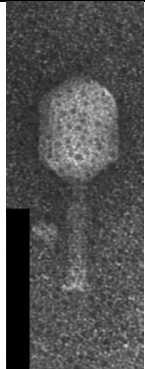
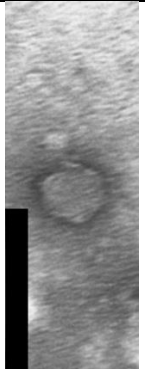
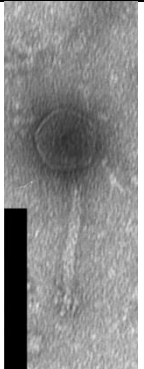
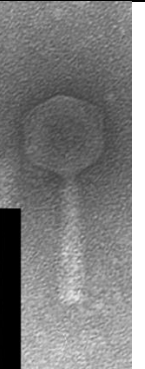
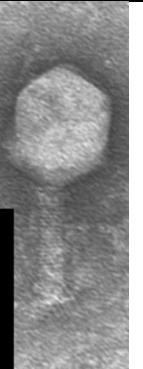
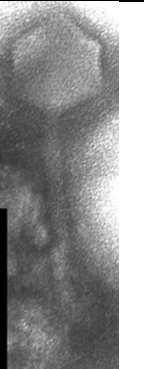
Наряду с имеющимися успехами в фаготерапии следует отметить ряд проблем:

- различная устойчивость фагов в окружающей среде;
- необходимость учитывать скорость адсорбции фага на поверхности бактериальной клетки и продолжительность латентного периода, что важно для предотвращения формирования у бактерий защитных механизмов против фагов;
- возможность формирования иммунного ответа на бактериофаг, что снизит терапевтическую эффективность фаговых препаратов.

Некоторые результаты работ по выделению бактериофагов вирулентных к *A. hydrophila*, *P. fluorescens*, *C. freundii* в России. В настоящее время в России отсутствуют зарегистрированные фагосодержащие лекарственные препараты для профилактики и лечения бактериозов рыб. В тоже время в НИИ им. Г.Н. Габричевского выделено несколько штаммов бактериофагов, проявивших высокую литическую активную в отношении бактерий родов *Aeromonas*, *Pseudomonas*, *Routella*, *Citrobacter*, *Listeria* и устойчивых к агрессивным факторам внешней среды [5] (таблица 1).

Таблица 1 - Характеристика перспективных штаммов бактериофагов

Фаг	Ah1	Pf1	Psp6	Ro1	Cf1	Lm1
№ депонирования в GenBank NCBI	MG250483.1	MG250485.1	MG251388.1	MG250486.1	MG250484.1	В процессе депонирования
Бактерия хозяин	<i>A. hydrophila</i> «ГКПМ-Оболенск» В-7964	<i>Ps. fluorescens</i> «ГКПМ-Оболенск» В-7967	<i>Ps. putida</i> «ГКПМ-Оболенск» В-7965	<i>R. ornithinolytica</i> «ГКПМ-Оболенск» В-7963	<i>C. freundii</i> «ГКПМ-Оболенск» В-7966	<i>L. monocytogenes</i> «ГКПМ-Оболенск» В-6643
Источник и место выделения	Сточные воды, Московская область	Сточные воды, Московская область	р. Волга, Ленинский район города Ульяновска	Сточные воды, Московская область	Сточные воды, Московская область	Экскременты овец, Астраханская область
Спектр литической активности	81,25%	81,3%	86%	66,5%	64%	100%
Отношение к хлороформу	Устойчив	Устойчив	Устойчив	Устойчив	Устойчив	Устойчив
Температурная устойчивость	60	70	60	65	65	75
Устойчивость к рН среды	5,2 – 9,6	3,6 – 9,6	3,6 – 9,6	5,2 – 9,6	8,0 – 9,6	8,0 – 9,6
Урожайность (титр), БОЕ/мл	10 ¹²	10 ¹²	10 ¹¹	10 ¹²	10 ¹²	10 ¹¹
Нуклеиновая кислота (размер генома)	Линейная дцДНК (221 т.п.н.)	Линейная дцДНК (39 т.п.н.)	Линейная дцДНК (42 т.п.н.)	Линейная дцДНК (145 т.п.н.)	Линейная дцДНК (171 т.п.н.)	Линейная дцДНК (131 т.п.н.)

Систематическое положение	Порядок <i>Caudovirales</i> Семейство <i>Myoviridae</i> Подсемейство <i>Tevenvirinae</i>	Порядок <i>Caudovirales</i> Семейство <i>Podoviridae</i> Род <i>T7likevirus</i>	Порядок <i>Caudovirales</i> Семейство <i>Siphoviridae</i>	Порядок <i>Caudovirales</i> Семейство <i>Myoviridae</i>	Порядок <i>Caudovirales</i> Семейство <i>Myoviridae</i>	Порядок <i>Caudovirales</i> Семейство <i>Myoviridae</i>
Наличие гомологов и % гомологии с известными штаммами бактериофагов	Bacteriophage Aeh1 – 76,56%	Pseudomonas phage phiPSA2 – 95,06%, Pseudomonas phage gh-1 – 86,24%	Отсутствуют	Erwinia amylovora phage phiEa104 – 98,0%, Erwinia phage vB_EamM-17 – 87,12%	Citrobacter phage Moon – 89,28%, Citrobacter phage Merlin – 85,54%	Listeria phage P100 – 95 %
Электронные микрофотографии и (шкала 100 нм)						

Коктейль, приготовленный из бактериофагов, исследовали на способность деконтаминировать охлаждённую радужную форель с целью продления срока кондиционного состояния. Результаты работы продемонстрировали замедление бактериальной порчи на 3 суток [5].

Таким образом, полученные результаты в сочетании с литературными данными позволяют использовать бактериофаги для создания перспективных препаратов, против наносящих большой ущерб аквакультуре бактериозов рыб.

Список использованных источников

1. Bacteriophages in the control of *Aeromonas* sp. in Aquaculture systems: an integrative view/ C. Pereira[et al]// Antibiotics. – 2022. – 11(2). – P. 163.
2. Phenotypic and genetic characterization of *Aeromonas hydrophila* phage AhMtk13a and evaluation of its therapeutic potential on simulated *aeromonas* infection in *Danio rerio*/ N. Janelidze [et al]// Viruses. – 2022. – 14(2). – P. 412
3. Characterization and application of a novel *Aeromonas* bacteriophage as treatment for pathogenic *Aeromonas hydrophila* infection in rainbow trout / Yongsheng Cao [et al] // Aquaculture. – 2020. – V. 523.
4. Novel lytic bacteriophages (AhFM4 & AhFM5) as bio-control measures against multidrug resistant biofilm producing *Aeromonas hydrophila* (AhZ1K)// M.S. Nithin [et al]/ Aquaculture. – 2021. – V. 544
5. Коктейль бактериофагов, эффективно продлевающий срок годности охлаждённой рыбы /Э.Р. Зилькарнеев [и др.]// Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2019. – Т.167, №6. – С.783-787.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ ДИПЛОСТОМОЗОВ МАССОВЫХ ВИДОВ РЫБ СИБИРИ МЕТОДОМ ДНК-БАРКОДИРОВАНИЯ

^{1,2,3}Изотова Г.В., ^{2,3}Власенко П.Г., ^{2,3}Кашинская Е.Н., ^{2,3}Соловьев М.М.

¹ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ, г. Новосибирск, Россия

²Институт Систематики и Экологии Животных СО РАН, г. Новосибирск, Россия

³Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, г. Москва, Россия

Аннотация. Метацирকারии трематод рода *Diplostomum* локализуются в глазах и головном мозге пресноводных рыб и круглоротых и, в зависимости от вида, вызывают различные формы диплостомозов. Гиперинвазия паразитом ведёт к нарушению ориентации рыбы в пространстве, снижению качества её питания, угнетению темпа роста. Видовое определение метацирকারий *Diplostomum* spp. на основании морфологических признаков затруднительно и не всегда возможно из-за их слабой выраженности. Нами установлено видовое разнообразие метацирকারий рода *Diplostomum* в рыбах озера Чаны, Телецкое и БайнТ на основании ДНК-баркодирования по участку митохондриального гена *cox1* длиной 595 нуклеотидов. Исследованные образцы паразитов из трех водоемов образовали 11 клад видового уровня. Наименьшее видовое разнообразие метацирকারий отмечено для эвтрофного озера Чаны – 3 вида, в олиготрофных озерах Телецкое и БайнТ – по 8 видов.

Ключевые слова. *Diplostomum*, Чаны, БайнТ, Телецкое, ДНК-баркодирование.

IDENTIFICATION OF DIPLOSTOMOSIS PATHOGENS OF PREDOMINATING FISH SPECIES OF SIBERIA USING DNA-BARCODING APPROACH

^{1,2,3}Izotova G. V., ^{2,3}Vlasenko P. G., ^{2,3}Kashinskaya E. N., ^{2,3}Solovyev M. M.

¹FSSFEI HE Novosibirsk SAU, Novosibirsk, Russia

²Institute of Systematics and Ecology of Animals, Novosibirsk, Russia

³A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution RAS, Moscow, Russia

Abstract. Metacercariae of the genus *Diplostomum* are localized in the eyes and the brain of freshwater fish and cyclostomata species causing different types of diplostomosis. Hyperinvasion by these parasites lead to spatial disorientation, changing in feeding activity, lowering the growth rate, etc. Species identification of *Diplostomum* spp. based on the morphological features is difficult due to the lack and severity of them. In present study, species diversity of the genus *Diplostomum* metacercariae parasitizing in fishes of Chany, Baunt and Teletskoye lakes is defined according to the DNA-barcoding approach based on mtDNA fragment *cox1* (595 bp). Parasite sequences from the fishes inhabited studied lakes formed 11 clades of the species level. The lowest diversity was noted for an eutrophic Lake Chany – 3 species, whereas for an oligotrophic lakes Teletskoye and Baunt – 8 species were found.

Keywords. *Diplostomum*, Chany, Baunt, Teletskoye, DNA-barcoding.

Введение. Трематоды рода *Diplostomum* – повсеместно распространенные паразиты, на стадии метацирকারии паразитирующие в глазах и головном мозге пресноводных рыб и некоторых видов круглоротых. Различные виды паразитов этого рода вызывают соответствующие формы диплостомозов, которые, в свою очередь, негативно влияют на пространственную ориентацию рыбы и особенности её питания. Гиперинвазия может привести к повреждению глаза и полной слепоте хозяина. Вместе с окончательными хозяевами, рыбацкими птицами, паразит распространяется в другие водоёмы [1, 9].

Диплостомозы наносят немалый ущерб рыбному хозяйству, снижая упитанность и темп роста поражённых рыб. Заражение происходит чаще всего в первые годы жизни на мелководье, где происходит эмиссия свободноплавающих церকারий из моллюсков семейства *Lymnaeidae*. Церকারии проникают в ткани рыбы, мигрируя в глаза и головной мозг. Согласно данным предыдущих исследований, в России выявлено 23 вида рода *Diplostomum* [8, 9].

В нашей работе мы рассматриваем три различных по своим характеристикам озера. Чаны – самое крупное озеро по площади водного зеркала на территории Западной Сибири. Максимальная глубина составляет около 10 м, высота над уровнем моря – 106 м. Озеро является эвтрофным. В настоящее время в озере обитает 14 видов рыб. В 1970-1980 в озере были зафиксированы некоторые

виды *Diplostomum* - *D. chromatophorum*, *D. spathaceum*, *D. mergi*, *D. rutili*, *D. baeri* и *D. helveticum*. Соусь С. М. и Ростовцев А. А. сообщали о тяжелой эпизоотической ситуации с диплостомозами рыб [1, 2, 6].

Телецкое озеро расположено на высоте 436 м. над уровнем моря. Наибольшая глубина озера составляет 325 м, с большими перепадами глубины. Имеет тектоническое происхождение и является ультраолиготрофным В озере обитают 13 видов рыб. В 1954 году было зафиксировано заражение глазными сосальщиками 95% исследованных ельцов, 85%-100% исследуемых подкаменщиков, но вид диплостомид установлен не был [4, 7].

Озеро Баунт входит в Ципо-Ципиканскую систему озер. Расположен водоем в долине реки Ципы. Озеро находится на высоте 1060 м, максимальная глубина – 33 м. В озере Баунт обитает около 20 видов рыб. Идентифицированы трематоды ранее были только у ерша (*D. volvens*) [5].

Ранее работы по определению видового состава трематод рода *Diplostomum* проводились на основе морфологического критерия. Морфологический подход в видовом определении, в данном случае, затрудняется недостаточностью и слабой выраженностью морфологических признаков метацеркарий [5, 6, 7, 8, 9]. В настоящей работе видовое определение метацеркарий рода *Diplostomum* выполнено на основании анализа фрагмента митохондриального гена первой субъединицы цитохромоксидазы длиной в 595 нуклеотидов (ДНК-баркодирование). Этот метод уже успешно применялся ранее для решения сходных задач [3, 12].

Материалы и методы. Материал для исследования был собран в 2019-2021 гг. в ходе экспедиций ИСиЭЖ СО РАН. После умерщвления глаза и мозг рыбы извлекались в чашки Петри и вскрывались под стереомикроскопом Zeiss Stemi DV4. Паразиты с хрусталика, ретины глаза, внутренней среды и мозга собирались отдельно. Тотальная ДНК выделялась с помощью 5%-го водного раствора ионообменной смолы Chelex (Bio Rad). Для полного растворения мягких тканей была использована протеиназа К. В ходе ПЦР были использованы праймеры и условия реакции, разработанные Steenkiste et al. [13]. Очистка ампликонов и дальнейшее секвенирование проводилось на базе ЦКП «Геномика» СО РАН. Все дальнейшие операции с полученными последовательностями проводились в программе MEGA 11. Для определения ближайших гомологичных последовательностей в GenBank использовался сервис NCBI BLAST [10, 11, 13].

Для озера Чаны было отобрано 77 метацеркарий от десяти различных видов рыб (золотой и серебряный караси, плотва, сазан, язь, елец, лещ, щука, судак), 34 метацеркарии от семи видов рыб (сиг, лещ, плотва, сибирский подкаменщик, налим, елец и голянь) для озера Телецкое и для озера Баунт – 42 метацеркарии от восьми видов (плотва, язь, елец, серебряный карась, ёрш, налим, окунь и сиг).

Результаты и обсуждение. В результате филогенетического анализа, последовательности из изученных озёр формируют 11 клад видового уровня. Референсные последовательности с высоким уровнем гомологичности (>99%) были найдены для 6 клад, и были определены такие виды, как: *D. pseudospathaceum*, *D. spathaceum*, *D. sp.* Lineage 4, *D. mergi* complex sp. *D. mergi* complex sp. 2. и *D. phoxini*. Также было установлено 5 неопределенных видов трематод. Таким образом, 3 вида метацеркарий рода *Diplostomum* были обнаружены в озере Чаны и 8 видов – в озерах Телецкое и Баунт

Наименьшее видовое разнообразие метацеркарий *Diplostomum* spp. отмечено для олиготрофного водоема с малым перепадом глубин и общей однородностью условий. Большое количество зарегистрированных видов рода *Diplostomum* у рыб горных олиготрофных озер может быть связано с большим разнообразием потенциальных хозяев на уровне семейств для реализации жизненных циклов.

Список использованных источников

1. Бочарова Т.А. Фауна и экология паразитов рыб бассейна озера Малые Чаны / Т.А. Бочарова, Г.И. Головкин, А.Н. Гундризер, С.М. Соусь. В кн. Экология озера Чаны, М. Новосибирск. / Б. Г. Иоганзен, Г. М. Кривошеков - Новосибирск: Наука, сиб. отд-ние, 1986.
2. Васильев О. Ф. Обзор экологического состояния озера Чаны / О. Ф. Васильев, Я. Вейн – Новосибирск: Академическое издательство «ГЕО», 2015. - 255с.
3. Воронова Н. В. Последовательность гена субъединицы I цитохромоксидазы С в молекулярной таксономии животных: принципы, результаты и проблемы использования. / Воронова Н. В., Буга С. В., Курченко В. П. // Труды БГУ, т. 7, ч. 1, 2012. – с. 22-42.
4. Гундризер А.Н. Рыбы Телецкого озера / А.Н. Гундризер, Б.Г. Иоганзен, В.В. Кафанова, Г.М. Кривошеков – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1981. - 160 с.
5. Дугаров Ж. Н. Паразитофауна обыкновенного ерша *Gymnoscephalus cernuus* (L.) в Ципо-Ципиканских (Баунтовских) озерах (Забайкалье) / Ж. Н. Дугаров, М. Д. Батуева, Т. Г. Бурдуковская [и др.] // Разнообразие почв и биоты Северной и Центральной Азии: Материалы IV Всероссийской конференции – Улан-Удэ: Бурятский научный центр Сибирского отделения РАН, 2021. – С. 141-143

6. Соусь С. М. Паразиты рыб новосибирской области (серия, 2т) / С. М. Соусь, А. А. Ростовцев – Тюмень, 2006. - 194 с.
7. Титова С. Д. Паразиты рыб Телецкого озера / Титова С. Д. // Труды проблемных и тематических совещаний ЗИН вып. IV 1954. / Томский Государственный университет 1954. – с. 70-84.
8. Фрезе В. И. Метацеркарии трематод – паразиты пресноводных гидробионтов центральной России / В. И. Фрезе. – Москва: Наука, 2002. О.
9. Шигин А. А. Трематоды фауны России и сопредельных регионов. Род *Diplostomum* Мариты / А. А. Шигин. – Москва: Наука, 1993.– 208с.
10. Blast: Basic Logical Alignment Search Tool [Электронный ресурс] <https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>
11. Kumar S. MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across computing platforms. / Kumar S., Stetcher G., Li M., Knyaz C. and Tamura K. *Molecular Biology and Evolution*, 35, 2018. - p. 1547-1549
12. Sean A. Locke. Diversity, specificity and speciation in larval Diplostomidae (Platyhelminthes: Digenea) in the eyes of freshwater fish, as revealed by DNA barcodes / Sean A. Locke, Fatima S. Al-Nasiri, Monica Caffara. – *International Journal for Parasitology*, 2015. – p. 841-855.
13. Van Steenkiste N. New primers for DNA barcoding of digeneans and cestodes (Platyhelminthes) / Van Steenkiste N, Locke SA, Castelin M, et al. *Mol Ecol Resour*, 2015. – p. 945-952. doi: 10.1111/1755-0998.12358.

Секвенирование выполнено при поддержке Российского Научного Фонда, проект N. 19-74-10054. Метаанализ данных выполнен при поддержке Мегагранта № 220-6544-5338.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ БОРЬБЫ С САПРОЛЕГНИОЗОМ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА РЕЗУЛЬТАТ ВЫКЛЕВА ПРЕДЛИЧИНОК ОСЕТРОВЫХ

¹Илюшина П.С., ¹Бригида А.В.

¹Всероссийский научно-исследовательский институт интегрированного рыбоводства – филиал федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста», Р. П. Им. Воровского, Российская Федерация

Аннотация. Сапролегния является опасным паразитическим грибом, влияющим на развитие икры осетровых рыб, ее выживаемость и процент выклева. В данной статье были исследованы и приведены результаты анализа опубликованных научных статей и других информационных ресурсов, соответствующих теме лечения и профилактики сапролегниоза. Был выявлен процент выживаемости икры и выклева предличинок осетровых рыб на примере стерляди и белуги.

Ключевые слова. Стерлядь, белуга, осетровые, сапролегниоз, оомицеты, грибы, инкубация УЗВ, условия.

THE USE OF DRUGS TO COMBAT SAPROLEGNIOSIS AND THEIR EFFECT ON THE RESULT OF HATCHING OF STURGEON LARVAE

¹Iliushina P.S., ¹Brigida A.V.

¹All-Russian Research Institute of Integrated Fish Farming - a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Research Center for Animal Husbandry - VIZH named after Academician L.K. Ernst" Vorovskogo, Russian Federation

Abstract. Based on scientific research, the article presents the main morphometric indicators of sterlet grown in closed water supply installations under certain conditions: temperature, oxygen and pH modes. The article describes the behavior of these sturgeon fish in favorable and unfavorable conditions. The analysis of scientific articles on this topic was carried out and the results of the study were presented.

Keywords. Sterlet, beluga, sturgeon, saprolegniosis, oomycetes, fungi, incubation of ultrasound, conditions.

Инкубация икры сопровождается большим количеством рисков, которые могут быть вызваны множеством факторов, основными из которых являются гидрохимические показатели воды. Для полноценного развития икры осетровых рыб вода, в которой проводится инкубация, должна соответствовать ряду показателей, при которых температура должна соответствовать 13-24°C в зависимости от разводимого вида, показатели pH - 7 – 8 и кислорода 6,6 – 9 мг/г соответственно [1].

Вышеуказанные значения так же являются благоприятными для развития патогенов, в том числе возбудителей такого заболевания как сапролегниоз. Это заболевание имеет микозную природу происхождения и вызывается грибами класса оомицеты (Oomycetes) порядка сапролегниевых (Saprolegniales) [2]. В сравнении с гидрохимическими показателями, требуемыми для развития икры, значения температуры, pH и кислорода благоприятны для развития этих паразитических грибов. Оптимальные значения температуры равные 15 – 18°C, кислорода (мг/л) 8 – 14,5 и pH 7,5 – 8 способствуют их полноценному развитию [3].

В связи с ростом развития аквакультуры в стране, существует повышенный риск возникновения в рыбоводческих хозяйствах сапролегниоза, на основании чего, интерес к его изучению с каждым годом возрастает. Проведя ретроспективный анализ зарубежной и отечественной литературы установлено, что исследований посвященных изысканию методов лечения и профилактики данного заболевания множество [5, 6].

Так, основными средствами лечения сапролегниоза являются формалин, перекись водорода и «Монклавит-1». При этом, согласно литературным данным [7], концентрация и время экспозиции применяемых препаратов влияют не только на процесс выклева личинки стерляди и севрюги, но и на развитие патологий самих личинок.

Так при концентрации раствора формалина 0,0020% и экспозиции 3 минуты выклев личинки составляет 10%. При 0,0010% в течение 10 минут - 9,8%, а при 0,0006%, 15 минут - 16,0%. При

применении раствора перекиси водорода, ее концентрации 0,05% и экспозиции 5 минут выклев личинки составил - 3,4%, при 0,03% и 10 минутах - 34,8%, при 0,01% и 15 минутах - 40,7%. При применении препарата «Монклавит-1» процент выклева личинки составил: при экспозиции 15 минут – и 0,5% препарата - 13,8%, при 1% препарата - 13,8%, и при 1,5% препарата – 17,3%. Во время обработки экспозицией 10 минут – и 2% препарата – 4,8%, при 2,5% препарата - 3,5%, при 3% препарата - 1,8%. В контрольной группе без применения препаратов показатель выклева личинок стерляди составил 87%. Исходя из полученных данных можно отметить, что при более высокой концентрации веществ, выклев личинки уменьшается, то есть негативное влияние происходит как на микромицетов, так и на икру [8]. Согласно другим данным, применение растворов пероксида водорода и хлорида натрия в разных концентрациях и при разной экспозиции показали следующие результаты. Так, процент предличинок, вылупившихся после обработки 0,1%-ным раствором пероксида водорода с экспозицией 5 минут составил 13,3%, а при экспозиции 8 минут, при той же концентрации раствора - 13,2%. При концентрации 0,2% и экспозиции 5 и 8 минут результаты выклева личинок составил 16,0% и 14,1% соответственно. При проведении лечебной обработки икры белуги хлоридом натрия 2,0% при экспозиции 2 и 5 минут процентное количество вылупившихся предличинок составило 15,6% и 12,8% соответственно. При использовании 3%-ного хлорида натрия данный показатель был равен 17,9% и 19,9%. В контрольной группе, не обработанной препаратами, процент вылупившихся предличинок составил 31,8%. Исходя из полученных данных, наиболее эффективной является обработка 3%-м раствором хлорида натрия с 5-и минутной экспозицией [9].

В процессе изучения данных, полученных в ходе экспериментов, были получены неоднозначные результаты. Икра, подвергавшаяся обработке растворами пероксида водорода, хлорида натрия, «Монклавита-1» и формалина в разных концентрациях и с разной экспозицией имела меньший процент вылупившихся предличинок, чем икра из контрольных групп, где не проводилась обработка биологического материала. На основании полученных данных можно сделать вывод, что предстоящие исследования должны быть направлены на изыскания новых веществ, способных значительно повысить лечебный эффект от их применения при обработке икры и увеличить выклев личинок до 90-100%, что в свою очередь приведет к достижению нужного результата [10].

Исследование выполнено в рамках госзадания Рег. № НИОКТР АААА-А19-119050690034-4. Работа выполнена в рамках инициативной НИР.

Список использованных источников

1. Чебанов, М.С. Руководство по искусственному воспроизводству осетровых рыб. / М.С. Чебанов, Е.В. Галич // Технические доклады ФАО по рыбному хозяйству и аквакультуре. – Анкара, 2011. – №588. – 297 с.
2. Головина, Н.А. Ихтиопатология. / Н.А. Головина, Ю.А. Стрелков, В.Н. Воронин, П.П. Головин, Е.Б. Евдокимова, Л.Н. Юхименко. – М.: Мир, 2003. – 448 с.
3. Пыстина, К.А. Определитель грибов России. Класс Оомицеты. вып. 1 Порядки Сапролегниевые, Лептомитовые, Лагенидиевые. / К.А. Пыстина. – СПб.: Наука, 1994. – 194 с.
4. Временная инструкция о мероприятиях по борьбе с сапролегниозом рыбы и икры рыбоводных хозяйств / Сборник инструкций по борьбе с болезнями рыб. – М.: Отдел маркетинга АМБ-агро, 1998. – Ч.1. - С. 170-173.
5. Dorcas, P. Chapter 18 - Biology and Diseases of Amphibians /P. Dorcas, D.V.M. O'Rourke, MS, Daclam et all // American College of Laboratory Animal Medicine, 2015 - P. 931-965. DOI: 10.1016/B978-0-12-409527-4.00018-3
6. Mayer, J. Clinical Veterinary Advisor: Birds and Exotic Pets / J. Mayer, T. M. Donnelly // Journal of Exotic Pet Medicine, 2013. – Vol. 23. – P. 752. DOI: 10.1053/j.jepm.2013.11.004
7. Кузнецова, Е.В. Применение препарата «Монклавит-1» для лечебно-профилактической обработки икры при сапролегниозе / Е.В. Кузнецова, Т.А. Нечаева, М.В. Мосягина и др // Ученые записки УО ВГАВМ, 2017. – Т. 52, № 2. – С. 72-76.
8. Володина, В.В. Поиск эффективных средств против сапролегниоза икры осетровых рыб / В.В. Володина, В.В. Баринаова, А.В. Менькова и др // Актуальные вопросы биологии, 2019. - №3. – С. 53-63.
9. Баринаова, В.В. Предварительные результаты экспериментальных исследований по подавлению роста микромицетов сем. Saprolegniaceae растворами пероксида водорода и хлорида натрия при инкубации икры белуги / В.В. Баринаова, А.А. Бахарева, И.Н. Бедрицкая и др // Изв. ТНИРО, 2022. – Т. 202, вып. 1. – С. 172-186.
10. Баринаова, В.В. Определение степени воздействия растворов химических веществ разной концентрации на рост и развитие культуры микромицетов сем. Saprolegniaceae «in vitro» / В.В. Баринаова, А.А. Бахарева, Р.П. Баталова // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство, 2022. - №4. – С. 121-130.

ЗАРАЖЕННОСТЬ КАРПОВЫХ РЫБ МОНОГЕНЕЯМИ (MONOGENEA; PLATYHELMINTHES) В ДЕЛЬТЕ РЕКИ ДОН И ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

¹Казарникова А.В., ¹Степанова Ю.В.

¹Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация. Приведены результаты исследования фауны моногеней карповых рыб (серебряный карась, *Carassius gibelio*, лещ, *Abramis brama*, сазан, *Cyprinus carpio*, и тарань, *Rutilus rutilus*) в дельте реки Дон и восточной части Таганрогского залива. Дан аннотированный список видов моногеней этих рыб, который к настоящему времени насчитывает 24 вида из 3 семейств (*Dactylogyridae*, *Gyrodactylidae*, *Diplozoidae*). По числу видов доминируют представители семейств *Dactylogyridae* (14 видов). Проанализированы данные по зараженности моногенетическими сосальщиками карповых рыб в современных экологических условиях. Эпизоотически значимыми для рыб являются *Dactylogyrus extensus*, *D. vastator*, *Gyrodactylus sprostonae*, *G. medius* и *Diplozoon paradoxum*.

Ключевые слова. Карповые, моногенеи, Таганрогский залив, дельта реки Дон.

MONOGENEA (PLATYHELMINTHES) INVASION IN CYPRINID FISH IN THE DON RIVER DELTA AND THE EASTERN PART OF THE TAGANROG BAY UNDER PRESENT CONDITIONS

¹Kazarnikova A.V., ¹Stepanova Y.V.

¹The Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract. The data on monogenean fauna of cyprinid fish (prussian carp, *Carassius gibelio*, bream, *Abramis brama*, common carp, *Cyprinus carpio*, and ram, *Rutilus rutilus*) in the Don River delta and the eastern part of the Taganrog Bay are presented. An annotated list of monogenean species of these fishes, which currently includes 24 species from 3 families (*Dactylogyridae*, *Gyrodactylidae*, *Diplozoidae*) is given. Representatives of the families *Dactylogyridae* dominated in terms of the number of species (14 species). The data on monogenean invasion of cyprinid fish species under present ecological conditions are analyzed. Epizootically significant for fish health were *Dactylogyrus extensus*, *D. vastator*, *Gyrodactylus sprostonae*, *G. medius* and *Diplozoon paradoxum*.

Keywords. Cyprinid fish, monogeneans, the Taganrog Bay, the Don River delta.

Стабильность экосистемы Азовского моря непосредственно связана с соленостью воды, которая формируется за счет изменчивости соотношения заточка (объема) вод черноморского происхождения и речного стока [1]. Так, за 10 лет (2009-2019 гг.) средний показатель солености воды увеличился с 11 до 14,3 ‰ [2]. Постоянно создавать фронт пресных вод в Таганрогском заливе речной сток Дона уже не способен в силу нарушения естественного режима речного стока и его уменьшения, вследствие перекрытия долины Дона Цимлянской плотиной в 1952 г и последующих климатических изменений.

Рост уровня солености является одним из признаков аридизации и дефицита влаги в водосборном бассейне Дона [3]. Все это влияет на изменение структуры не только ихтиоценозов Азовского бассейна, но и фауны паразитов рыб.

Согласно литературным данным [4], в Азово-Донском бассейне было зарегистрировано 120 видов рыб, принадлежащих 39 семействам. К настоящему времени известно о 31 виде карповых рыб, среди которых серебряный карась, *Carassius gibelio* (Bloch, 1782), лещ, *Abramis brama* (Linnaeus, 1758), сазан, *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758, и тарань, *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758) являются промысловыми. Несмотря на небольшой объем промыслового запаса полупроходных рыб в последние годы возросла их доля в сетных уловах в восточной части Таганрогского залива. При этом серебряный карась входит в основу промысловых уловов совместно с пиленгасом, тюлькой, хамсой и бычками [5].

В настоящее время фауна паразитов рыб Азовского бассейна исследована довольно полно, выявлено около 165 видов гельминтов, относящихся к 5 классам паразитических червей [6]. Из них 33 вида моногеней. Это для бассейна Азовского моря, довольно значительный показатель разнообразия жизни.

Моногенеи (*Monogenea* (Van Beneden, 1858) Bychowsky, 1937) – плоские черви, основными хозяевами которых служат рыбы. Большинство моногеней - эктопаразиты, живущие на жабрах, кожных покровах тела своих хозяев, а также плавниках, носовой и ротовой полости [7]. Питаются эпителиальными клетками хозяина, слизистыми выделениями кожи и кровью.

Целью настоящего исследования было провести анализ зараженности моногеней карповых рыб в дельте реки Дон и восточной части Таганрогского залива в современных условиях, что поможет акцентировать внимание на дальнейших направлениях паразитологических и экологических исследований.

Материалы и методы. Материалом для настоящей работы послужили исследования (ГЗ ЮНЦ РАН № 122020100328-1) проводимые ЮНЦ РАН в 2019-2021 гг. в дельте реки Дон, пр. Свиное гирло, и восточной части Таганрогского залива. Проанализированы данные, опубликованные в литературе.

На паразитологический анализ было взято 420 экз. карповых рыб (сазан, лещ, тарань и серебряный карась). Исследование рыб на зараженность моногенетическими сосальщиками проводили согласно общепринятым в паразитологии методикам [Быховская-Павловская, 1985]. Таксономическую принадлежность определяли с использованием «Определителя паразитов пресноводных рыб фауны СССР» [1985].

Номенклатура таксонов и их экологическая принадлежность приведена согласно Всемирному реестру морских видов (*World Register of Marine Species (WoRMS)*, <http://www.marinespecies.org/>). Для анализа материалов, полученных в ходе данного исследования, были рассчитаны [Аниканова и др., 2007] экстенсивность (ЭИ) и интенсивность инвазии (ИИ), индекс обилия (ИО). Данные обрабатывались статистически с помощью компьютерной программы Microsoft Excel, 7.0.

Результаты и обсуждения. Согласно нашим и литературным данным (таблица 1), моногенеи карповых рыб, обнаруженные в Азовском море и Таганрогском заливе, относятся к трем семействам: *Dactylogyridae* (14), *Gyrodactylidae* (5), *Diplozoidae* (5).

Таблица 1 – Моногенеи, зарегистрированные у карповых рыб в водоемах Азовского бассейна. Наши и литературные данные [Терехов, 1977; Солонченко, 1982; Гаевская, 2013; Бортников, 2017].

№	Вид паразита	Хозяева
1	2	3
<i>Dactylogyridae</i> Bychowsky, 1933		
1	<i>Dactylogyrus auriculatus</i> (Nordmann, 1832) Diesing, 1850, э*	Лещ
2	<i>Dactylogyrus cornu</i> Linstow, 1878, п*	Лещ
3	<i>Dactylogyrus crucifer</i> Wagener, 1857, э	Лещ, тарань
4	<i>Dactylogyrus distinguendus</i> Nybelin, 1937, п	Лещ
5	<i>Dactylogyrus falcatus</i> (Wedl, 1858) Diesing, 1858, п	Лещ
6	<i>Dactylogyrus nanus</i> Dogiel & Bychowsky, 1934, п	Лещ, тарань
7	<i>Dactylogyrus sphyrna</i> Linstow, 1878, э	Лещ, тарань
8	<i>Dactylogyrus wunderi</i> Bychowsky, 1931, э	Лещ
9	<i>Dactylogyrus zandti</i> Bychowsky, 1933, п	Лещ
10	<i>Dactylogyrus sp.</i>	Лещ
11	<i>Dactylogyrus anchoratus</i> (Dujardin, 1845) Wagener, 1857, э	Сазан, карась серебряный
12	<i>Dactylogyrus vastator</i> Nybelin, 1924, п	Сазан, карась серебряный
13	<i>Dactylogyrus extensus</i> Mueller & Van Cleave, 1932, э	Сазан, карась серебряный
14	<i>Dactylogyrus minutus</i> Kulwiec, 1927, п	Сазан, карась серебряный
<i>Gyrodactylidae</i> Cobbold, 1864		
15	<i>Gyrodactylus cyprini</i> Diarova, 1964, п	Сазан, лещ
16	<i>Gyrodactylus elegans</i> von Nordmann, 1832, п	Лещ
17	<i>Gyrodactylus sprostonae</i> Ling, 1962, п	Сазан, карась серебряный
18	<i>Gyrodactylus medius</i> Kathariner, 1895, э	Сазан
19	<i>Gyrodactylus parvicopula</i> Bychowsky, 1933, п	Лещ
<i>Diplozoidae</i> Palombi, 1949		
20	<i>Diplozoon paradoxum</i> von Nordmann, 1832, э	Лещ, сазан, тарань
21	<i>Paradiplozoon homoion</i> (Bychowsky & Nagibina, 1959), п	Лещ, тарань
22	<i>Paradiplozoon homoion gracile</i> (Reichenbach-Klinke, 1961), п	Тарань
23	<i>Paradiplozoon rutili</i> (Gläser, 1967), э	Тарань

24	<i>Eudiplozoon nipponicum</i> (Goto, 1891) Khotenovsky, 1984, п	Сазан
Примечания: * – виды, имеющие эпизоотическое значение, э – эвригалинный вид, п – пресноводный вид		

Наиболее распространенными и доминирующими оказались представители семейства Dactylogyridae, которое насчитывают 14 видов, что составляет 58 % фауны моногеней обследованных карповых рыб. По отношению к солёности большинство рассматриваемых видов (58 %) принадлежало к пресноводной, меньшинство (42 %) – к эвригалинной группе паразитов.

В естественных условиях высокая специфичность гельминтов сужает круг их хозяев и ограничивает распространение, что приводит к сокращению их численности. Попав в неподходящего хозяина, такой паразит либо гибнет, либо снижает свою плодовитость. Узкая специфичность моногеней хорошо прослеживается в водоемах Азовского бассейна. Большинство представителей семейств *Dactylogiridae* и *Gyrodactylidae* паразитируют обычно в одном или двух близкородственных хозяевах.

Некоторые диплозоиды были обнаружены у 2-3 близкородственных видов рыб. Так, *Paradiplozoon homoion*, встречается у леща и тарани, *Diplozoon paradoxum* заражает леща, сазана и тарань. В водоемах Азовского бассейна у сазана зарегистрировано 9 видов, леща – 13, карася – 5, тарани – 7 видов специфичных моногеней.

В результате исследований в 2019-2021 гг. (таблица 2) в дельте р. Дон и восточной части Таганрогского залива на жабрах обследованных карповых рыб было обнаружено 9 видов моногеней. По качественному составу наиболее многочисленным является р. *Dactylogyrus* – 6 видов (*D. crucifer*, *D. wunderi*, *D. extensus*, *D. anchoratus*, *D. sphyrna*, *D. wunderi* и *D. vastator*), по одному виду зарегистрировано для р. *Gyrodactylus* (*G. sprostonae*), р. *Diplozoon* (*D. paradoxum*) и р. *Eudiplozoon* (*E. nipponicum*).

Таблица 2 – Зараженность карповых рыб моногеней в дельте р. Дон (проток Свиное гирло) и восточной части Таганрогского залива за 2019-2021 гг. [наши данные].

Вид паразита	2019-2020 г.			2021 г.		
	ЭИ, %	ИИср., экз	ИО, экз	ЭИ, %	ИИср., экз	ИО, экз
1	2	3	4	5	6	7
Сазан						
<i>Dactylogyrus anchoratus</i>	60	10,4±2,68	6,01±2,04	20	10,7±2,20	3,3±0,88
<i>D. extensus</i>	33,3	13,0±2,64	4,03±1,52	86,7	13,0±2,64	12,4±2,37
<i>Eudiplozoon nipponicum</i>	20	2,0±0,26	0,4±0,71	–	–	–
<i>Diplozoon paradoxum</i>	53,3	2,0±0,25	1,0±0,18	20	0,7±0,39	3,3±0,88
<i>Gyrodactylus sprostonae</i>	–	–	–	26,7	1,2±0,15	4,5±0,29
Серебряный карась						
<i>D. anchoratus</i>	–	–	–	80	8,5±1,49	6,8±1,34
<i>D. extensus</i>	–	–	–	60	6,1±1,22	3,7±0,94
<i>D. vastator</i>	–	–	–	13,3	4,0±1,0	0,5±0,37
<i>G. sprostonae</i>	–	–	–	46,7	7,1±1,94	3,3±1,33
Лещ						
<i>D. crucifer</i>	–	–	–	13,3	20,0±17,0	2,7±6,21
<i>D. sphyrna</i>	26,7	6,7±1,01	6,2±1,97	–	–	–
<i>D. wunderi</i>	80	6,2±1,32	7,8±1,48	80	77,9±15,25	62,3±13,64
Тарань						
<i>D. crucifer</i>	26,7	3,7±1,37	1,0±0,71	80	32,5±10,55	26,0±9,43
<i>Diplozoon paradoxum</i>	46,7	2,1±0,34	1,0±0,23	46,7	3,6±0,81	1,7±0,55

Среди 5 видов моногеней, зарегистрированных у сазана, наиболее часто встречался эвригалинный *D. extensus* (ЭИ = 86,7 %) с высокими показателями зараженности (ИИср = 13,0 ± 2,64 экз., ИО = 12,4 ± 2,37 экз.), причем в 2021 г. доля зараженных особей была в 2,6 раз больше в сравнении с предыдущими годами.

В фауне моногеней серебряного карася (4 вида) доминирующее положение занимал также эвригалинный вид *D. anchoratus* (ЭИ = 80 %, ИИср = 6,8 ± 1,34 экз., ИО = 8,5 ± 1,49 экз.).

При паразитологическом анализе леща было обнаружено 3 вида, из которых специфичным для этого карповых рыб является эвригалинный *D. wunderi*, максимальные показатели экстенсивности инвазии которым были отмечены летом и составили 86,7 %, при ИИср = 25,6 ± 7,45 экз., ИО = 29,5 ±

8,01 экз. Однако осенью, несмотря на снижение частоты встречаемости, показатели зараженности превышали аналогичные в летний период (ИИср = 77,9 ± 15,25 экз., ИО = 62,3 ± 13,64 экз.).

Из двух видов моногеней, зарегистрированных у тарани, чаще встречался (80%) и имел более высокие показатели зараженности (ИИср. = 32,5 ± 10,55 экз., ИО = 26,0 ± 9,43 экз.) эвригалинный *D. crucifer*.

Хотя у большинства обследованных рыб частота встречаемости моногеней не превышала 53,3 %, при невысоких значениях ИИ и ИО, тем не менее, система «паразит – хозяин» сохранялась, видимо, за счет их специфичности. Наиболее высокие показатели были зарегистрированы для эвригалинных видов паразитов, что связано продолжающимся осолонением Азовского моря и Таганрогского залива.

Таким образом, моногеней, как и другие беспозвоночные занимают определенное место в биоразнообразии и являются неотъемлемым элементом фаунистических комплексов бассейна Азовского моря. В то же время они имеют свой вес и особое место среди паразитов рыб. Среди обнаруженных видов условно-патогенными для рыб являются *Dactylogyrus extensus*, *D. vastator*, *Gyrodactylus sprostonae*, *G. medius* и *Diplozoon paradoxum*, являются потенциальными возбудителями инвазионных болезней. Известно, что большинство моногенетических сосальщиков строго приурочены к определенным видам хозяевам. Однако эта специфичность не является стабильной и может изменяться в разных направлениях, особенно в условиях выращивания на рыбоводных предприятиях. Поэтому изучение этих вопросов является одним из направлений ихтиопаразитологических и экологических исследований.

Список использованных источников

1. Балыкин П.А. Изменения солености и видового состава ихтиофауны в Азовском море / П.А. Балыкин, Д.Н. Куцын, А.М. Орлов // Океанология. – 2019. – Т. 59. – № 3. – С. 396-404.
2. Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2019 году» [Электронный ресурс] / Министерство природных ресурсов и экологии Ростовской области. – 2020. – 373 с. – URL: <https://xn--d1ahaoghbejbc5k.xn--p1ai/projects/19/>
3. Матишов Г.Г. Климат, водные ресурсы и реконструкция гидротехнических сооружений с учетом интересов населения, рыболовства и сельского хозяйства, судоходства и энергетики. Доклад на расширенном заседании Президиума Южного научного центра РАН (г. Ростов-на-Дону, 25 мая 2016 г.). – Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2016. – 64 с.
4. Лужняк В.А. Современная ихтиофауна бассейнов нижнего Дона в условиях антропогенного преобразования стока / В.А. Лужняк, А.А. Корнеев // Вопросы ихтиологии. – 2006. – Т. 46. – № 4. – С. 503-511.
5. Солонченко А.И. Гельминтофауна рыб Азовского моря / А.И. Солонченко. – Киев: Наукова думка, 1982. – 153 с.
6. Гаевская А.В. Паразиты и болезни рыб Черного и Азовского морей: I – морские, солоноватоводные и проходные рыбы / А.В. Гаевская. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2012. – 380 с.
7. Гаевская А.В. Паразиты и болезни рыб Черного и Азовского морей: II – полупроходные и пресноводные рыбы / А.В. Гаевская. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2013. – 354 с.
8. Гаевская А.В. Паразиты и болезни морских и океанических рыб в природных и искусственных условиях / А.В. Гаевская. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2004. – 237 с.
9. Быховская-Павловская И.Е. Паразитологическое исследование рыб / И.Е. Быховская-Павловская. – Ленинград: Наука, 1985. – 109 с.
10. Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Т. 2. Паразитические многоклеточные (первая часть). – Л.: Наука, 1985. – 425 с.
11. Аниканова В.С. Методы сбора и изучения гельминтов мелких млекопитающих. Учебное пособие Карельского научного центра / В.С. Аниканова, С.В. Бугмырин, Е.П. Иешко. – Петрозаводск: КНЦ РАН, Институт биологии, 2007. – 145 с.
12. Терехов П.А. Паразиты некоторых промысловых рыб Таганрогского залива и Азовского моря / П.А. Терехов // Труды ВНИРО. – 1977. – Т. 127А. – С. 172-185.
13. Бортников Е.С. Состояние паразитофауны основных промысловых рыб Азовского и Черного морей в 2016 г. / Е.С. Бортников, Т.В. Стрижакова, Н.Н. Шевкоплясова // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: мат-лы VIII Всерос. науч.-практ. конф., посвященной 75-летию рыбохозяйственного образования на Камчатке (12–14 апреля 2017 г.). Часть I. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2017. – С. 46-49.

АНАЛИЗ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ ЭКТОПАРАЗИТИЧЕСКИХ РАКООБРАЗНЫХ (*ARGULUS FOLIACEUS* И *LERNAEA CYPRINACEA*) – ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ВЕКТОРОВ ВТОРИЧНЫХ ИНФЕКЦИЙ У РЫБ

^{1,2}Кашинская Е.Н., ^{1,2}Симонов Е.П., ^{1,2}Власенко П.Г., ^{1,2,3}Шокурова А.В., ^{1,2}Соловьев М.М.

¹ФГБУН «Институт систематики и экологии животных СО РАН», г. Новосибирск, Российская Федерация

²ФГБУН «Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН», г. Москва, Российская Федерация

³ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет», г. Новосибирск, Российская Федерация

Аннотация. В данной работе проведено изучение таксономического состава бактериальных сообществ ракообразных из рода *Argulus* и *Lernaea*, паразитирующих на внешних покровах серебряного карася *Carassius gibelio*. Результаты проведенных исследований показали, что ассоциированная микробиота эктопаразитов играет потенциальную роль в трансмиссии вторичных инфекций у рыб.

Ключевые слова. Микробиота, кожные покровы, *Lernaea cyprinacea*, *Argulus foliaceus*, 16S рРНК, секвенирование, Illumina MiSeq.

ANALYSIS OF MICROBIAL COMMUNITIES OF ECTOPARASITIC CRUSTACEANS (*ARGULUS FOLIACEUS* AND *LERNAEA CYPRINACEA*) - POTENTIAL VECTORS OF SECONDARY INFECTIONS IN FISH

^{1,2}Kashinskaya E.N., ^{1,2}Simonov E.P., ^{1,2}Vlasenko P.G., ^{1,2,3}Shokurova A.V., ^{1,2}Solovyev M.M.

¹Institute of Systematics and Ecology of Animals, SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation

²A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

³FSSFEI HE Novosibirsk SAU, Novosibirsk, Russian Federation

Abstract. In this work, we studied the taxonomic composition of bacterial communities of crustaceans of the genus *Argulus* and *Lernaea* parasitizing the skin mucosa of the Prussian carp *Carassius gibelio*. Our results demonstrate that the microbiota of ectoparasites can potentially act as a vector of secondary infections in fish. In gut of *Argulus foliaceus* the opportunistic pathogens were identified.

Keywords. Microbiota, skin, *Lernaea cyprinacea*, *Argulus foliaceus*, 16S rRNA, sequencing, Illumina MiSeq.

Эктопаразитозы, вызываемые различными паразитическими ракообразными, могут наносить значительный ущерб аквакультуре [1,3]. В процессе реализации своего жизненного цикла паразит может повреждать ткани хозяина, что создает «ворота» для вторичных инфекций, вызываемых разными группами микроорганизмов, преимущественно бактериями и грибами [2,4,5]. Ситуацию в некоторых случаях может усугубить повышенное зарыбление водоемов, что приводит к вспышке заболеваний различной природы и, как следствие, массовой гибели рыб. Определение таксономического разнообразия бактерий и грибов в местах проникновения и локализации паразитов – ключ к пониманию механизмов развития вторичных инфекций, и, следовательно, поиску эффективных методов профилактики и лечения. Среди эктопаразитов рыб, вызывающих массовые инвазии и гибель ценных промысловых рыб, значительное место занимают аргулезы и лернеозы.

В данной работе проведено изучение таксономического состава бактериальных сообществ ракообразных из рода *Argulus* и *Lernaea*, паразитирующих на внешних покровах серебряного карася *Carassius gibelio*. Сбор ихтиологического и микробиологического материала проводили в устье р. Каргат оз. Малые Чаны (Новосибирская область, 54°36'56.3"N, 78°12'5.9"E). Для изучения ассоциированной микробиоты рыб собраны кожные покровы зараженных и незараженных рыб. Паразитические ракообразные трижды промывали в стерильном физиологическом растворе и далее использовали для секвенирования бактериальной ДНК. Дополнительно, в асептических условиях для *Argulus foliaceus* проводили их вскрытие с помощью стерильных микрохирургических инструментов. В сравнительном

аспекте для изучения бактериальных сообществ у эктопаразитов отдельно анализировались кишечники, части тела, оставшиеся после препарирования, а также целые особи без вскрытия. Из собранных образцов была выделена тотальная ДНК с использованием коммерческого набора «ДНК-сорб В (НекстБио)». Секвенирование гипервариабельных участков V3, V4 гена 16S рРНК проводили на платформе «MiSeq Illumina» в компании «Евроген» (г. Москва).

В результате проведенных исследований в микробиоте эктопаразитов, ассоциированных с различными частями тела, были выявлены условно-патогенные микроорганизмы. В микробиоте, ассоциированной с *Argulus foliaceus*, доминировали *Flavobacterium*, неклассифицированные Burkholderiaceae и *Chryseobacterium*. Микробиота, ассоциированная с рачками *Lernaea* sp., представлена в основном бактериями из семейства Comamonadaceae и Aeromonadaceae. Таксономический состав бактериальных сообществ, ассоциированный с кишечником эктопаразитов, достоверно отличался от кожных покровов как зараженных, так и незараженных рыб, а также от микробиоты компонентов окружающей среды (вода, тростник, донные отложения).

Результаты проведенных исследований показали, что ассоциированная микробиота эктопаразитов играет потенциальную роль в трансмиссии вторичных инфекций у рыб. Проникновение условно-патогенной микробиоты предположительно может происходить в результате прямого контакта паразитических рачков с поверхностью кожи рыб.

Список использованных источников

1. Головина Н.А., Стрелков Ю.А., Воронин В.Н., Головин П.П., Евдокимова Е.Б., Юхименко Л.Н. Ихтиопатология. М.: Мир, 2003. 448 с.
2. Bandilla M., Valtonen E.T., Suomalainen L.R., Aphalo P.J., Hakalahti, T. A link between ectoparasite infection and susceptibility to bacterial disease in rainbow trout // International Journal of Parasitology. 2006. № 36. P. 987–991.
3. Zharikova T.I., Stepanova M.A. and Zhokhov A.E. Ectoparasite infection of some fish species in lake Pleshcheev // Parazitologiya. 2002. № 36(2). P. 140–145.
4. Llewellyn M.S., Leadbeater S., Garcia C., Sylvain F.E., Custodio M., Ang K.P., Powell F., Carvalho G.R., Creer S., Elliot J., Derome N. Parasitism perturbs the mucosal microbiome of Atlantic salmon // Scientific Report. 2017. № 7. P. 1–10.
5. Wafer L.N., Whitney J.C., Jensen, V.B. Fish Lice (*Argulus japonicus*) in Goldfish (*Carassius auratus*) // Comparative Medicine. 2015. № 65(2). P. 93–95.

Работа выполнена при поддержке Меггранта № 220-6544-5338.

ОПЫТ ВЫРАЩИВАНИЯ МОЛОДИ ФОРЕЛИ В УЗВ НИЦ ПО АКВАКУЛЬТУРЕ ПЕТРГУ

¹Поздняков А.П., ¹Хуобонен М.Э.

¹Петрозаводский государственный университет, г. Петрозаводск, Российская Федерация

Аннотация. В статье представлены практический опыт и результаты выращивания молоди радужной форели в установке замкнутого водоснабжения (УЗВ) научно-исследовательского центра (НИЦ) по аквакультуре Петрозаводского государственного университета (ПетрГУ). В работе приведена характеристика УЗВ, проанализированы условия содержания и особенности кормления молоди радужной форели, приведены и проанализированы итоговые результаты процесса выращивания.

Ключевые слова. Радужная форель, форелеводство, установка замкнутого водоснабжения, Республика Карелия, выращивание рыб, содержание рыб, кормление рыб, физико-химические параметры воды, гидрохимия.

TROUT JUVENILES GROWING EXPERIENCE IN RWS OF AQUACULTURE RESEARCH CENTER OF PETSU

¹Pozdnyakov A.P., ¹Huobonen M.E.

¹Petrozavodsk state university, Petrozavodsk, Russian Federation

Abstract. The article presents the practical experience and results of rainbow trout growing in a recirculated water system (RWS) of aquaculture research center of Petrozavodsk state university (PetrSU). The paper describes the characteristics of RWS, analysis of breeding conditions and feeding peculiarities of trout juveniles, analysis of final results of the growing process.

Keywords. Rainbow trout, trout breeding, recirculating water system, Republic of Karelia, fish farming, fish breeding, fish feeding, physical and chemical parameters of water, hydrochemistry.

Введение. Республика Карелия на сегодняшний день занимает первое место в России по объему выращивания товарной форели и третье место по объему производства продукции аквакультуры в целом. По данным Министерства сельского и рыбного хозяйства республики, на конец 2021 года объемы выращивания садковой форели составляли – 30,4 тыс. т. Таким образом, около 70 % всей российской форели выращивается именно в Карелии, а форелеводство является одним из наиболее приоритетных направлений рыбохозяйственной деятельности в республике [1,2].

С 2011 года, с целью предотвратить избыточную биологическую нагрузку на естественные поверхностные водоемы, Карельским научным центром РАН в республике установлено ограничение по максимальному объему выращивания форели – не более 35 тыс. т. в год. В связи с этим, для решения задач аквакультуры все чаще начинают применять установки замкнутого водоснабжения (УЗВ), поскольку они практически полностью обособлены от внешней среды [1,3].

Материалы и методы исследования. Исследования проводились в период с 16 июня по 15 сентября 2022 года. Объектом исследования являлись годовики радужной форели, завезенные из садковых хозяйств республики Карелии. Материалом для исследования служили следующие данные: результаты индивидуального взвешивания и измерения форели, результаты кормления форели, показатели гидрохимического анализа воды в УЗВ.

Обсуждение результатов исследования. Перед проведением всех основных исследований поголовье радужной форели было разделено на две группы и рассажено в два рыбоводных бассейна УЗВ.

В таблице 1 представлена характеристика двух исследуемых групп радужной форели в начале выращивания.

Таблица 1 – Характеристика исследуемых групп форели

№	Показатели	Группа №1	Группа №2
1	Количество рыбы, шт.	55	30
2	Пол	самки	самки
3	Возраст	годовики	годовики
4	Общая биомасса, кг	34,02	16,06
5	Средняя живая масса, г	618,5±56,3	535,4±43,2
6	Средняя длина, см	35,6	33,1
7	Объем бассейна, м ³	2,7	1,7
8	Цвет бассейна	светло-голубой	темно-зеленый
9	Плотность посадки рыбы, кг/м ³	12,6	9,5

Во время рассадки рыб по бассейнам было проведено мечение с помощью бирок, для возможности ведения индивидуального учета. Бирки прикреплялись под спинной плавник. При этом, вся процедура проводилась на «уснувшей» под действием анестезии рыбе. В качестве анестезирующего средства применялось эфирное масло гвоздики в концентрации – 10 мл масла на 30-40 л воды (0,025-0,033 %). Усыпление проводилось в пластиковой емкости путем погружения рыбы в воду с разведенным маслом.

Одновременно с мечением форели также проводилось её взвешивание и измерение. Каждую рыбу индивидуально взвешивали на электронных весах и измеряли её общую длину с использованием сантиметра и бонитировочной доски.

Плотность посадки форели в бассейны составила: для группы № 1 – 12,6 кг/м³ для группы № 2 – 9,5 кг/м³. Данные значения являются оптимальными для выращивания радужной форели [4,5].

С целью контроля условий содержания форели, ежедневно проводились измерения температуры (t) и гидрохимического режима воды: содержание растворенного в воде кислорода (O₂) и углекислого газа (CO₂), pH воды, содержание аммиака (NH₃/NH₄⁺), нитритов (NO₂) и нитратов (NO₃). Таким образом, контролировались 7 показателей качества воды. Все измерения проводились с помощью специализированных электронных датчиков, погружаемых в воду. Результаты измерения дополнительно проверялись с помощью капельных тестов для воды «НИЛПА».

По результатам измерений физико-химических параметров воды было установлено, что только 3 из 7 контролируемых показателей выходили за пределы нормативных значений: температура, pH воды и концентрация растворенного в ней кислорода.

На рисунке 1 представлен график отражающий изменения температуры воды и концентрации кислорода в течение всего периода выращивания форели:

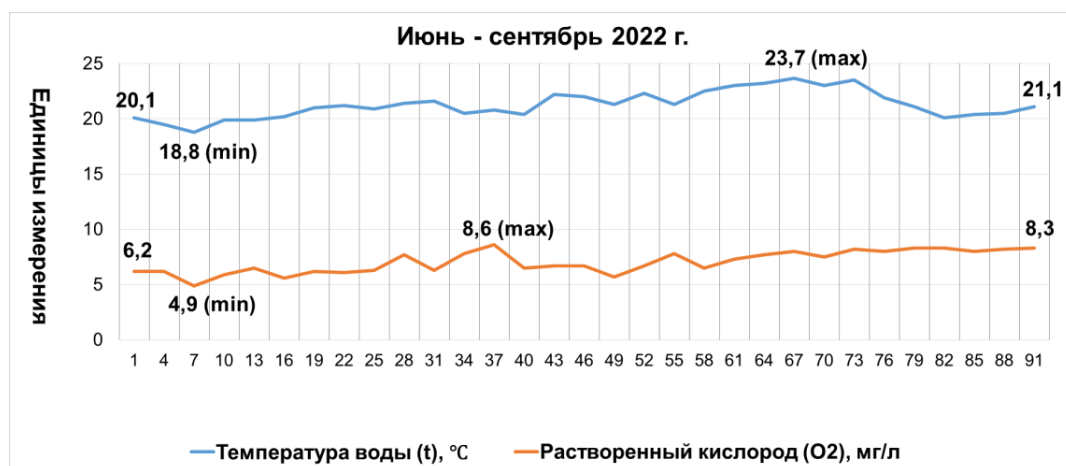


Рисунок 1 – Значения температуры воды и концентрации кислорода

Было установлено, что максимальная температура воды была – 23,7 °С, а минимальная – 18,8 °С, что выше рекомендуемой для форели верхней границы нормы (18 °С) на 31,7 и 4,4 % соответственно. Максимальная концентрация кислорода в воде была – 8,6 мг/л, что является оптимальным значением [4,5]. Также, однократно был зафиксирован случай снижения концентрации кислорода в воде – 4,9 мг/л, однако значение оперативно пришло в норму.

Отдельно стоит отметить, что максимальное значение рН воды было равно – 6 ед., а минимальное – 4,5 ед., при этом большую часть времени среднее значение показателя было равно – 5 ед., что ниже рекомендуемой для форели нижней границы нормы (7 ед. [4]) на 28,6 %.

Для кормления форели использовался корм марки «Biomar», линейки «Efica Alpha 790», размер гранул – 4,5 мм. Корм полностью соответствует ГОСТ 10385-2014 [6]. Суточная норма кормления форели в течение всего периода выращивания варьировала от 0,5 до 2,5 % от общей биомассы. Кормление производилось 1 раз в сутки ручным способом. В течение всего времени выращивания норма кормления постоянно корректировалась с учетом прироста живой массы, общего состояния рыбы и вследствие иных факторов. Если рыба плохо поедала корм, то суточная норма дополнительно уменьшалась или кормление полностью прекращалось.

Для стимуляции и поддержания общей резистентности форели в корма добавлялись: витаминная добавка «Чиктоник» и концентрат витамина «С».

В конце периода выращивания были рассчитаны итоговые показатели: средняя живая масса в конце выращивания, абсолютный и среднесуточный приросты, средний расход корма на одну особь форели и кормовой коэффициент (таблица 2).

Таблица 2 – Результаты выращивания форели

№	Показатели	Группа №1	Группа №2
1	Средняя живая масса в начале, г	618,5±56,3	535,4±43,2
2	Средняя живая масса в конце, г	962,6±65,4	887,9±77,2
3	Абсолютный прирост одной особи, г	344,1	352,5
4	Среднесуточный прирост одной особи, г	3,8	3,9
5	Затраты корма на одну особь, г	431,5	418,4
6	Кормовой коэффициент	1,254	1,187

За период выращивания живая масса рыбы в обеих группах увеличилась на 344-352 г (P<0,001), т.е. за три месяца она увеличилась практически на 40 %, несмотря на неблагоприятный температурный режим и низкое значение рН. При этом, кормовой коэффициент по итогам выращивания составил для форели из группы № 1 – 1,254, а для группы № 2 – 1,187. Незначительное превышение значений кормового коэффициента было обусловлено снижением интенсивности питания рыбы при повышении температуры и потерями корма вследствие нарушения контроля за поедаемостью.

Выводы. Анализ рыбоводных показателей годовиков форели показал, что применение УЗВ является эффективным способом выращивания товарной рыбы. За 91 день выращивания удалось достичь приростов средней живой массы одной особи в 344,1 г и 352,5 г у 1 и 2 исследуемых групп соответственно, что на 35,7 % и 39,7 % больше изначальных значений. При этом, кормовые коэффициенты находились на приемлемом уровне: для группы № 1 – 1,254 и для группы № 2 – 1,187, что также подтверждает эффективность выращивания форели в УЗВ.

Отдельно следует отметить тот факт, что достичь подобных результатов удалось в условиях гипертермии и пониженного значения рН воды. Таким образом, можно предположить, что при более благоприятных условиях выращивания можно добиться более высоких результатов.

Список использованных источников

1. Артамонов В.О. Развитие форелеводства в Республике Карелия / В.О. Артамонов // Тезисы докладов участников II международной конференции «РЫБА 2017». – Москва, 2017. – С. 116-123.;
2. Администрация Главы Республики Карелия [Электронный ресурс] : Со следующего года в Карелии будут предусмотрены средства на экомониторинг рыбоводческих хозяйств / Электрон. ст. – Петрозаводск, 2022. – URL: <https://adm.gov.karelia.ru/news/13-12-2021> – свободный. – Загл. с экрана. – яз. рус. – (03.10.2022);

3. Steinbach P. Die Fischproduktion in Kreislaufanlagen: Erfahrungen und Empfehlungen / Peter Steinbach. – Germany: AquaTech Publications, 2018. – 408 p.;
4. Власов В.А. Рыбоводство: Учебное пособие. 2е изд., стер. / В.А. Власов – Санкт-Петербург: Издательство «Лань», 2012. – 352 с.: ил. (+ вклейка, 16 с.);
5. Рыжков Л.П. Основы рыбоводства: учебник для студентов вузов / Л.П. Рыжков, Т.Ю. Кучко, И.М. Дзюбук. – Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2011. – 528 с.: ил. (+ вклейка, 32 с.);
6. Комбикорма для рыб. Межгосударственный стандарт [Электронный ресурс] : ГОСТ 10385-2014 – введ. 2016–01–01 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов / АО «Кодекс». – Электрон. дан. – [Петрозаводск], сор. 2022. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200113022> – свободный. – (03.10.2022).

Исследования, описанные в данной работе, были проведены в рамках проекта "Разработка технологии выращивания ремонтно-маточного стада радужной форели в установке замкнутого водоснабжения (УЗВ) на основе интеллектуального анализа физико-химических параметров водной среды", поддержанного в рамках Программы поддержки НИОКР студентов и аспирантов ПетрГУ, обеспечивающих значительный вклад в инновационное развитие отраслей экономики и социальной сферы Республики Карелия, в 2022 году, финансируемой Правительством Республики Карелия (Договор №4-Г21 от 27.12.2021 между ФГБОУ ВО "Петрозаводский государственный университет" и Фондом венчурных инвестиций Республики Карелия). Все исследования проводились на базе НИЦ по аквакультуре, ПетрГУ.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОСТОЯНИЯ МОЛОДИ ПИЛЕНГАСА *PLANILIZA HAEMATOCHEILA* (TEMMINCK & SCHLEGEL, 1845) ПО ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

^{1,2}Кириченко О.В., ^{1,2}Войкина А.В., ¹Бугаев Л.А., ¹Зыкина В.В., ¹Юрченко К.А., ¹Павлова А.С.,
¹Котенева Д.А.

¹ Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

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

Аннотация. В статье приведены данные по содержанию белковых компонентов и железа в сыворотке крови ювенильных особей пиленгаса. Были проанализированы две выборки – из естественного и аквакультурного водоема. Анализ проводили на биохимическом анализаторе StatFax 4500 с использованием тест-систем компании Абрис+. Результаты показали достоверные различия по содержанию общего белка, альбуминов и железа среди исследуемых выборок рыб, что, вероятно, было вызвано более активным и разнообразным в белковом аспекте питания исследуемых рыб из р. Дон. В целом физиологическое состояние выборок можно охарактеризовать как удовлетворительное.

Ключевые слова. *Liza haematocheilus*, пиленгас, физиологическое состояние, сыворотка крови, белковые компоненты

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF THE STATE OF THE JUVENILE SO-IUY MULLET *PLANILIZA HAEMATOCHEILA* (TEMMINCK & SCHLEGEL, 1845) ACCORDING TO HEMATOLOGICAL INDICATORS

^{1,2}Kirichenko O.V., ^{1,2}Voykina A.V., ¹Bugaev L.A., ¹Zykina V.V., ¹Urchenko K.A., ¹Pavlova A.S.,
¹Koteneva D.A.

¹ Azov-Black Sea branch of «VNIRO» («AzNIIRKH»), Rostov-on-Don, Russian Federation

² Southern federal university, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract. The article presents data on the content of protein components and iron in the blood serum of juvenile so-iuy mullet individuals. Two samples were analyzed - from a natural and aquaculture reservoir. The analysis was carried out on a StatFax 4500 biochemical analyzer using Abris+ test systems. The results showed significant differences in the content of total protein, albumin and iron among the studied fish samples, which was probably caused by a more active and diverse in the protein aspect of the diet of the studied fish from the Don river. In general, the physiological state of the samples can be characterized as satisfactory.

Keywords. *Liza haematocheilus*, so-iuy mullet, physiological state, blood serum, protein components.

Акклиматизация пиленгаса в Азово-Черноморском бассейне была начата в начале 70-х годов XX века. Интерес к изучению этого вида рыб вызван пластичностью вида и получившейся самовоспроизводящейся популяцией. Адаптивные возможности и потенциал роста характеризовали пиленгаса как перспективный объект аквакультуры [1], что вызвало интерес в его изучении.

Целью работы было провести сравнительную диагностику состояния молоди пиленгаса *Liza haematocheilus* в естественных и аквакультурных условиях по ряду гематологических показателей.

Биологический материал был отобран в мае 2022 года. Выборка состояла из 6 ювенильных особей из НЦА «Взморье» (Научный центр аквакультуры Азово-Черноморского филиала ВНИРО расположен в селе Кагальник Азовского района) и 29 - из р. Дон.

Каждый исследуемый экземпляр был исследован на наличие повреждений наружных и внутренних покровов, признаков заболеваний или паразитарных инвазий. Взвешивали рыбу на сертифицированных электронных весах с точностью до 1 г, измеряли и взвешивали для расчета коэффициента упитанности по Фультону ($Ky = M/L^3$, где M — масса рыбы, г; L — длина рыбы, см) [6]. Сыворотку крови отбирали прижизненно шприцом из хвостовой артерии [2,3,4].

Гематологический анализ проводили в Азово-Черноморском филиале ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), в лаборатории молекулярной генетики и физиологии рыб на биохимическом анализаторе StatFax 4500 с использованием тест-систем компании Абрис+.

Результаты исследования были обработаны с помощью программы Microsoft Office 2010 и выражены в форме $M \pm s$ (средняя величина \pm стандартное отклонение). Достоверными принимали различия при уровне значимости $p < 0,05$.

В ходе осмотра рыб на наличие повреждений наружных и внутренних покровов не было выявлено признаков заболеваний или паразитарных инвазий. Анализ линейно-массовых характеристик исследуемых выборок показал достоверные различия по массе рыб – выборка из «Взморье» в среднем была на 56 г крупнее. Промысловая длина рыб из р. Дон и из аквакультурного хозяйства составила соответственно $20,85 \pm 1,2$ и $23,5 \pm 1,1$ см. Достоверных различий между выборками по данному показателю не было. Результаты измерений представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Линейно-массовые показатели молоди пиленгаса из р. Дон и НЦА «Взморье»

Место вылова	Масса, г	Промысловая длина, см	Упитанность по Фультону
р. Дон	$131 \pm 20,56^*$	$20,85 \pm 1,2$	$1,44 \pm 0,1$
НЦА «Взморье»	$187,5 \pm 24,19^*$	$23,5 \pm 1,1$	$1,44 \pm 0,07$
Примеч.: * - достоверные различия между показателями ($p \leq 0,05$)			

Упитанность - универсальный показатель, который характеризует как содержание жира в организме, так и физиологическое состояние рыбы [5]. Полученные нами данные не имели достоверных различий между выборками. Физиологическое состояние рыб по данному показателю можно охарактеризовать как удовлетворительное.

Белковые компоненты в сыворотке крови позволяют диагностировать изменения, связанные с нарушением процессов, обеспечивающих жизнедеятельность особей. Количество альбумина в сыворотке крови отражает питание, интенсивность обмена, половую зрелость рыб. Он является основной белковой фракцией, которая расходуется при недостаточном питании; отвечает за перенос холестерина, билирубина, некоторых гормонов и ионов кальция. Глобулины – белки, участвующие в иммунных реакциях и осуществляющие транспорт микроэлементов и витаминов в крови, регулируют свертываемость крови [7].

Содержание белка у пиленгаса и р. Дон составляло в среднем $152,3 \pm 44,3$ г/л, у выборки из «Взморье» - $75,5 \pm 20,5$ г/л. Сравнительный анализ выявил достоверные различия по количеству белковых компонентов крови: более высокие значения по показателям общего белка, альбумина и глобулина отмечены у особей из р. Дон (таблица 2). Можно предположить, что выявленные различия определяются качеством рациона рыб из разных мест обитания: естественная кормовая база характеризуется высоким содержанием белковых компонентов и аминокислотным балансом.

Таблица 2 – Среднее содержание белковых компонентов и железа в сыворотке крови молоди пиленгаса из р. Дон и НЦА «Взморье»

Место вылова	Общий белок, г/л	Альбумин, г/л	Глобулин, г/л	АГК	Гемоглобин, г/л
р. Дон	$152,3 \pm 44,3^*$	$64,8 \pm 10,9^*$	$87,5 \pm 44,4$	$1 \pm 0,6$	$131,9 \pm 31,7$
НЦА «Взморье»	$75,5 \pm 20,5^*$	$29,8 \pm 5,2^*$	$45,7 \pm 23,7$	$0,9 \pm 0,5$	$99,3 \pm 29,6$
Примеч.: * - достоверные различия между показателями ($p \leq 0,05$)					

По полученным данным был рассчитан альбуминово-глобулиновый коэффициент (АГК), представленный в таблице 2. Он рассчитывается через отношение альбуминов к глобулинам в сыворотке крови. Важно отметить, что белковый коэффициент у рыб существенно ниже, чем у теплокровных животных и человека (величина у них находится в пределах $1,2-2,0$), что объясняется эволюционно-экологическими особенностями белкового состава крови рыб. Для исследуемых выборок этот коэффициент был в пределах нормальных значений. Различия между выборками по данному показателю отсутствовали.

Гемоглобин выполняет преимущественно транспортную функцию – доставляет кислород в тканях с дыхательной поверхности, удаляет углекислый газ из тканей во внешнюю среду и участвует в регуляции осмотического давления крови. Способность крови к переносу кислорода обеспечивается,

во-первых, растворением его в плазме, и во-вторых, обратимым связыванием кислорода с дыхательным пигментом крови. Анализ содержания гемоглобина в сыворотке крови между исследуемыми выборками не выявил достоверных различий – у рыб из р. Дон в среднем содержание этого показателя составляло $131,9 \pm 31,7$ г/л, у особей из «Взморье» - $99,3 \pm 29,6$ г/л.

По совокупности полученных данных по содержанию белковых компонентов и железа в сыворотке крови можно предположить, что молодь пиленгаса из естественных и аквакультурных водоемов развивалась в пределах физиологической нормы. Достоверно более высокие показатели некоторых компонентов, вероятно, вызваны более активным и разнообразным в белковом аспекте питании исследуемых рыб из р. Дон.

Список использованных источников

1. Казанский Б.Н., Старушенко Л.И. Результаты процесса акклиматизации кефали-пиленгаса в бассейне Черного моря // Биология проходных рыб Дальнего Востока. Межвузовский сборник. Владивосток: Дальневосточный ун-та. ДГУ. 1984. С. 86-94.
2. Физиолого-биохимические и генетические исследования ихтиофауны Азово-Черноморского бассейна / Методическое руководство. – Ростов-на-Дону: Эверест, 2005. 100 С.
3. Методы рыбохозяйственных и природоохранных исследований в Азово-Черноморском бассейне. – Краснодар, 2005.
4. ГОСТ 7636-85. Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа.
5. Кириченко О.В., Лисовская В.В., Бугаев Л.А., Войкина А.В., Шаля Е.В. Половые особенности физиолого-биохимических показателей пиленгаса *Liza haematocheilus* (Temminck & Shlegel, 1845) в сезонном аспекте / Сборник научных трудов XV Международной научно-практической конференции., Р-н-Д, 2022. – С. 94-97.
6. Лисовская В.В., Кириченко О.В. Характеристика функционального состояния пиленгаса *Planiliza Haematocheila* (Temminck & Schlegel, 1845) Азовского моря в весенний период 2020 года / Материалы XII Всероссийской научно-практической конференции для молодых учёных по проблемам водных экосистем, посвященной 150-летию Севастопольской биологической станции - ФИЦ "Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН". Севастополь, 2021. - С. 31-32.
7. Kirichenko O., Bugaev L., Voykina A., Lisovskaya V., Kozhurin E. Assessment of physiological and biochemical indicators of the state of the so-iuy mullet *Liza haematocheilus* (Temminck & Shlegel, 1845) in the Azov-Black sea basin / IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. "Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East, AFE 2021 - Papers" 2021. С. 022063.

ТРЕБОВАНИЯ К ПАСТООБРАЗНЫМ КОРМАМ ДЛЯ РЫБ

¹Коханов Ю.Б.

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

Аннотация. В статье приведен обоснования к свойствам компонентов пастообразных кормов для гидробионтов на основе физиологических особенностей и предпочтений.

Ключевые слова. Пастообразные корма, Влажные корма, Рецепттура кормов, Полувлажные корма, Водостойкость корма.

REQUIREMENTS FOR PASTY FISH FEEDS

¹Kokhanov Y.B.

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

Annotation. The article provides justification for the properties of the components of pasty feed for hydrobionts based on physiological characteristics and preferences.

Keywords. Pasty feeds, Wet feeds, Feed formulations, Intermediate moisture food, Water stability of moist feeds.

При исследовании пищевых комков различных видов гидробионтов в разнообразных географических зонах, питающихся естественными кормами обнаруживают в них значительное содержание организмов и водорослей [3, 4, 5], характеризующихся высоким содержанием воды. Например, коловратка на 90% состоит из воды.

Мягкий влажный корм форелью, особенно молодью, поедается с большим удовольствием, чем гранулированный сухой корм [6]. Свежие боенские субпродукты и рыба полезны при кормлении маточного стада, особенно в период формирования половых продуктов.

В настоящее время пастообразные корма производят кустарным образом на рыбхозах путем добавления в растительную массу или в дешёвые комбикорма свежих компонентов – сорный рыбы, субпродуктов животного происхождения, боенских отходов и т.д.

Главный и существенный недостаток – низкий срок хранения и не соответствие ветеринарно-санитарным требованиям, утвержденным уполномоченным органом в установленном порядке. Другой недостаток – низкая водостойкость кормов, что приводит к снижению эффективности корма и загрязнению окружающей среды. Несмотря на недостатки, влажные и свежемороженые рыбные корма по-прежнему являются важным источником корма для разведения морских рыб в азиатских странах [1] за счет их дешевизны и простоты приготовления.

Рассматривая особенности пищеварительной системы рыб, а именно то, что тип питания во многом определяет наличие и внешний вид зубов у рыб. В большинстве случаев у травоядных видов зубы отсутствуют, но у хищников они развиты очень хорошо и могут расти в несколько рядов. Зубы у рыб не дифференцированы и служат лишь для захвата и удержания пищи, кроме того, у хищников они используются ещё и для её разрывания [8]; также отсутствует акта пережёвывания и отсутствует наличие слюны, что свидетельствует что современные сухие гранулированные корма не совсем физиологичны, т.к. требуют стадии набухания перед употреблением.

Тем не менее, применение полнорационных комбикормов поощряется из-за значительного снижения их воздействия на окружающую среду и систему выращивания, что включает увеличение поступления питательных веществ, снижение риска заражения, уменьшение рост заболеваемости патогенами, различия в качестве питания и более высокую связанную с этим конверсию корма [7].

Можно сказать, что, не смотря на существующие недостатки влажных кормов, они являются наиболее физиологичными для гидробионтов.

Основываясь на вышесказанном, основной задачей на пути к разработке и созданию новых пастообразных форм для кормления рыб является учет реологических показателей – структурной вязкости, пластичности, тиксотропности, определение которых может использоваться при создании методик приготовления и контроля качества пастообразных кормов.

Сухие корма, в силу технологии их приготовления представляют гранулы цилиндрической формы или многогранника в сечении. Автором предлагается изготовление гранул в сферической форме, о преимуществах которой будет указано ниже.

Цилиндр и шар

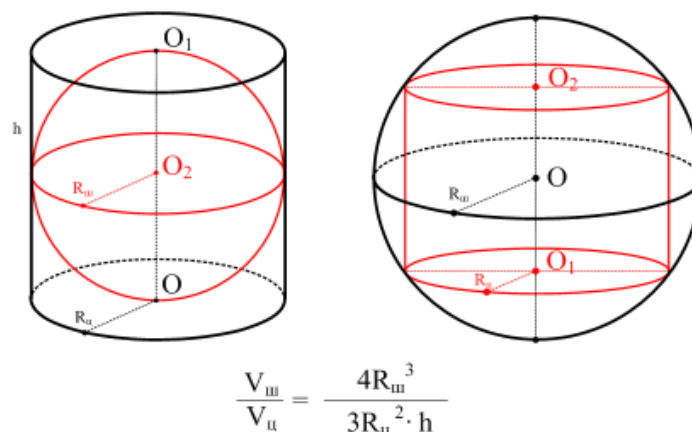


Рисунок 1 – Геометрические характеристики гранул

При одинаковом объеме $V_{ш} = V_{ц}$ (рисунок 1), гранулы сферической формы обеспечивают минимальную поверхность, что снижает испаряемость с поверхности гранул и обеспечивает большее время сохранения заданного содержания влаги в продукте. Поддержание требуемого количества воды позволяет употреблять корм без стадии набухания, т.к. уже содержит влагу и кормить им можно по поедаемости, отслеживая потребление предыдущих порций корма, в зависимости от пищевого поведения рыб.

Объем шара:

$$V_{ш} = \frac{4}{3}\pi R_{ш}^3 \quad (1)$$

Объем цилиндра:

$$V_{ц} = \pi R_{ц}^2 h_{ц} \quad (2)$$

Площадь поверхности шара:

$$S_{ш} = 4\pi R_{ш}^2 \quad (3)$$

Площадь поверхности цилиндра:

$$S_{ц} = 2\pi R_{ц}(h_{ц} + R_{ц})^2 = 6\pi R_{ц}^2 \quad (4)$$

где $R_{ц}$ - радиус цилиндрической гранулы;

$h_{ц}$ - высота цилиндрической гранулы;

$V_{ц}$ - объем сферической гранулы;

$S_{ц}$ - площадь всей поверхности цилиндрической гранулы;

$R_{ш}$ - радиус сферической гранулы;

$h_{ш}$ - высота сферической гранулы;

$V_{ш}$ - объем сферической гранулы;

$S_{ш}$ - площадь сферической гранулы.

Таким образом, поверхность цилиндра, в раз, больше поверхности шара:

$$\frac{S_{ц}}{S_{ш}} = \frac{6\pi R_{ц}^2}{4\pi R_{ш}^2} = \frac{3}{2} \quad (5)$$

В соответствии с законом для статического испарения Дальтона: количество Q испаряемой в единицу времени жидкости пропорционально площади S испаряющей поверхности, обратно пропорционально давлению воздуха P и прямо пропорционально разности давления, насыщенного пара P_s при данной температуре и давления паров в воздухе $P = \varphi P_s$ (φ - отношение данного давления пара к P_s) [2]:

$$Q = k \cdot S \cdot \frac{P_s - \varphi P_s}{P} \quad (6)$$

Исходя из уравнения (5) и закона Дальтона (6) можно сделать вывод, скорость испарения с поверхности цилиндра в 1,5 раза больше, чем с поверхности шара, при одинаковых внешних условиях.

В первую очередь, пастообразные корма должны соответствовать ГОСТ Р 52346-2005 «Комбикорма для рыб. Номенклатура показателей» в части безопасности их применения и иметь гарантированные показатели, характеризующие качество комбикормов для рыб: обменная энергия, сырой протеин, лизин, метионин и цистин (в сумме), сырой жир, сырая клетчатка, сырая зола, фосфор, влага, водостойкость (или разбухаемость), крошимость. Показатели разбухаемости и крошимости автор предлагает исключить, в силу влажной пастообразной формы предлагаемого корма.

Мы можем предположить, что гранулы пастообразного корма должны обладать следующими свойствами:

- иметь влажность в диапазоне 20-40%;
- быть шарообразной формы;
- иметь высокую водостойкость – до 120 мин.;
- быть бактериально безопасными;
- обладать достаточным сроком хранения – до нескольких суток;
- иметь показатель активности воды в интервале 0,6 – 0,84;
- иметь упругость и вязкость, как у пастообразного теста.

С учетом вышеизложенных причин, автор считает, что использование пастообразных кормов предпочтительнее в рационе рыб, особенно на ранней стадии развития.

Применения разрабатываемых кормов позволит:

- Улучшить процедуру кормления за счет снижения вымывания полезных веществ из корма и оптимизировать время подачи корма по поедаемости,
- Увеличить продолжительность его нахождения в товарном виде,
- Находиться в физиологически привлекательном виде для рыб,
- Оказывать меньшее негативное влияние на окружающую среду за счет наличия природных сорбентов по сравнению с существующими.

Список использованных источников

1. Silva S. D. Bunlipatanon, P., Songseechan, N., Kongkeo, H., Abery, N.W., De Silva Sena S., 2013. Comparative efficacy of trash fish versus compounded commercial feeds in cage aquaculture of Asian seabass (*Lates calcarifer*) (Bloch) and tiger grouper (*Epinephelus fuscoguttatus*) (Forsskål). *Aquaculture Research...* // *Aquaculture Research*.

2. Техническая энциклопедия [Текст] / ред. совет: Бах А. Н. [и др.]; глав. ред. Л. К. Мартенс Москва: Советская энциклопедия, 1927. 970 с.

3. Бегманова А. Б, Сакетова К. Ш, Мищенко А. В Выращивание сеголеток сазана в поликультуре в условиях Астраханской области // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2016. № 3. С. 54–63.

4. Кончиц В. В., Сазанов В. Б. Характеристика питания личинок и сеголетков черного амура, выращиваемого в условиях прудовых хозяйств Беларуси // Вопросы Рыбного Хозяйства Беларуси. 2010. № 26.

5. Лабай В. С. [и др.]. Питание некоторых массовых видов рыб в прибрежье юго-восточного Сахалина у впадения р. Долинка // Труды Сахниро. Биология, Состояние Запасов И Условия Обитания Гидробионтов В Сахалино-Курильском Регионе И Сопредельных Акваториях. 2020. (16).

6. Лавровский В. В., Белковский Н. М. Метод определения потерь форелевых кормов от размывания (непосредственно в прудах) // Известия Государственного научно-исследовательского института озерного и речного рыбного хозяйства. 1976. (117).

7. Landuci F. S. [и др.]. Common moist diet replacement to promote sustainable Cobia *Rachycentron canadum* (Linnaeus) near- shore farming in Brazil // *Scientia Agricola*. 2019. (76). С. 139–147.

8. Пищеварительная система рыб – характеристика особенностей внутреннего строения органов, функции кратко (7 класс, биология) [Электронный ресурс]. URL: <https://obrazovaka.ru/biologiya/pischevaritelnaya-sistema-ryb.html> (дата обращения: 24.08.2022).

Работа выполнена в рамках инициативной НИР «Оценка качества природных минералов России как кормовой добавки для повышения биологического действия рыбных комбикормов» Рег. № АААА-А19-119020790059-9.

СОСТОЯНИЕ АУТОФЛОРЫ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ В НЕКОТОРЫХ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ВОДОЁМАХ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ

¹Кучко А.А., ¹Сидорова Н.А.

¹Петрозаводский государственный университет, г. Петрозаводск, Российская Федерация

Аннотация. В статье приведен анализ состояния аутофлоры желудочно-кишечного тракта радужной форели, выращиваемой в некоторых водоемах рыбохозяйственного значения Карелии. В работе проведена оценка биоразнообразия выделенных таксонов и установлена колонизационная зависимость микроорганизмов от условий обитания радужной форели. Приведена зависимость между некоторыми таксонами бактерий в составе микрофлоры кишечника рыбы.

Ключевые слова. Аутофлора, радужная форель, аквакультура, биоразнообразие, микроорганизмы, интестинальная микрофлора.

THE STATE OF AUTOFLORA OF RAINBOW TROUT IN SOME FISHERY RESERVOIRS OF THE KARELIA REPUBLIC

¹Kuchko A.A., ¹Sidorova N.A.

¹Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russian Federation

Abstract. The article presents an analysis of the state of the autoflora of the gastrointestinal tract of rainbow trout grown in some reservoirs of fishery significance of Karelia. The paper evaluates the biodiversity of the selected taxa and establishes the colonization dependence of microorganisms on the habitat conditions of rainbow trout. The dependence between some taxa of bacteria in the composition of the intestinal microflora of fish is shown.

Keywords. Autoflora, rainbow trout, aquaculture, biodiversity, microorganisms, intestinal microflora.

На Северо-Западе России одной из самых быстроразвивающихся отраслей сельского хозяйства является разведение радужной форели. Подтверждением данного факта выступает ежегодное увеличение объемов выращиваемой рыбы [Паршуков, 2010]. Так, например, в 2017 году товарное выращивание форели в садках достигло 23 тыс. тонн, что превышает объемы промысла во внутренних водоемах в 8,5 раза [Стерлигова и др., 2019]. Увеличение объемов производства объектов аквакультуры в садках зависит от ряда факторов: климата региона, наличия водных ресурсов, качества водной среды, экологии, научно-технической базы и т.д. Одним из основных механизмов резистентности к негативным факторам среды является состояние аутофлоры форели. Садковые хозяйства выполняют роль прибежища для поступающих с кормом и водой аллохтонных микроорганизмов, а также для выращиваемой рыбы и продуктов её метаболизма, а увеличение количества продуктов органического происхождения ведет к морфофункциональным изменениям в составе местной микрофлоры [Паршуков, Сидорова, 2012]. В результате степень колонизационной активности нормальной микрофлоры снижается и увеличивается доза условно-патогенных и патогенных организмов. Рассматривая особенности состояния аутофлоры форели и широкий спектр адаптивных реакций в условиях сочетания факторов окружающей среды и факторов хозяина необходимо анализировать возможность её использования для целей биоиндикации качества окружающей среды, соматического и инфекционного статуса организма рыбы.

В связи с низким уровнем внимания к микрофлоре форели в Северо-Западном регионе ведения аквакультуры, проблема качества разводимой рыбы остается актуальной и данные исследования приобретают большой практический и научный интерес даже в пределах изучения нескольких водоемов. С целью комплексного исследования состояния аутофлоры радужной форели, выполнена первичная оценка биоразнообразия интестинальной микрофлоры желудочно-кишечного тракта рыбы в зависимости от зоны рыборазведения объекта аквакультуры.

Материалом для исследования послужила аутофлора радужной форели, выделенная из пристеночного слоя кишечника рыбы. Для идентификации и культивирования пристеночной гетеротрофной бактериофлоры из микробиоценоза кишечника радужной форели использовали 45

особей форели, выращенной в водоемах с разным сроком эксплуатации (1 год, 5 лет и 8 лет, соответственно). Фоновую микрофлору кишечника у исследуемой рыбы отбирали с соблюдением правил асептики методом смывов и переносили в консервирующую питательную среду. Для проведения микробиологического анализа выделенные чистые культуры подвергали криоконсервации с использованием охлаждения в низкотемпературной морозильной камере «ARCTICO LTF - 225». Криопротектором служил 10% глицерин, период инкубации составлял 60 мин при комнатной температуре. Для подсчета общей численности микроорганизмов применяли метод прямого микроскопического подсчета с использованием техники световой микроскопии. Особенность морфологии, тинкторальные свойства и ультраструктуру выделенных бактерий оценивали с помощью окраски бактерий по методу Грама и иммерсионной микроскопии на оптическом микроскопе «Motic» (Китай), оснащённом камерой «Moticam T» при увеличении окуляра x10 и объектива x100. Идентификацию микроорганизмов выполняли на основании фенотипических признаков, регламентированных в определителе бактерий Берджи. Для культивирования бактерий и изучения их физиологической и биохимической активности использовали дифференциально-диагностические и элективные питательные среды. Таксономическую принадлежность выделенных чистых культур определяли по метаболической активности с помощью микрообъемных биохимических тест-систем производства Горьковского НИИ эпидемиологии и микробиологии. С помощью тест-систем выполняли идентификацию бактерий согласно таблицам идентификации или кодам (профилям), а также путем посева культур на дифференциально-диагностические среды (среды Гисса с углеводами, кровяной агар, среда Кларка, Кесслера, висмут-сульфит агар, Плоскирева, Левина, Сабуро). Для идентификации *Alcaligenes*, *Aeromonas*, *Vibrio*, *Campylobacter* и *Pseudomonas* использовали оксидазный тест с реактивом Ковача. Все посева инкубировали аэробно при температуре 21 ± 0.2 °C в течение 96 ч.

В результате выполненных исследований, в составе аутофлоры радужной форели, выращиваемой в водоеме со сроком эксплуатации менее 1 года, обнаружено 38 родов микроорганизмов, относящихся к 26 семействам и 6 типам. В доминирующей группе бактерий присутствовали представители *Bacteroidetes spp.* (13,1 %), *Eubacterium spp.* (11,56 %) и *Staphylococcus spp.* (9,24 %). Необходимо отметить, что бактериоиды относятся к условно-патогенной микрофлоры кишечника рыб. Их метаболическая функция состоит в участии в процессах сбраживания углеводов, биотрансформации желчных кислот и утилизации белков. При объединении в единый патогенный комплекс с микроорганизмами рода *Prevotella* (3,42 %) и *Porphyromonas* (2,08 %), *Bacteroidetes* способны провоцировать возникновение анаэробных инфекций.

Результаты анализа аутофлоры форели, выращиваемой в водоемах со сроком эксплуатации 5 лет, свидетельствуют о присутствии 44 бактериальных родов, принадлежащих к 30 семействам и 5 типам. На данном участке бассейна Янисъярви доминирование родов из акваторий со сроком рыбохозяйственной эксплуатации водоема менее 1 года выражено в 2-3 раза меньше, по сравнению с акваторией, где рыборазведение длится 5 лет. Доля *Bacteroidetes* составила 6,08 %, а *Eubacterium* – 6,22 %. Доминирующими таксонами в данной акватории стали бактерии рода *Bacillus* (9,54 %), *Flavimonas* (9,3 %) и *Propionibacterium* (8,57 %).

По данным микробиологического анализа доминантной аутофлоры кишечника радужной форели, выловленной из акватории с периодом эксплуатации более 5 лет, в организме рыбы обнаружено 38 родов бактерий, относящихся к 26 семействам и 5 типам. Повторно отмечено расселение бактерий рода *Bacillus* (8,42 %). Общее присутствие таксонов идентифицировано в равной доле доминирования. Увеличение численности бактерий рода *Proteus* (6,33 %), свидетельствует о тенденции к развитию возможной эпизоотии, связанной с поражением желудочно-кишечного тракта рыбы. Также отмечен высокий уровень колонизационной активности рода *Pseudomonas* (5,35 %). Стоит отметить, что доля доминантов из акватории со сроком эксплуатации водоема менее 1 года (*Bacteroidetes spp.*, *Eubacterium spp.*, *Staphylococcus spp.*), стала меньше в 2,5-4 раза по сравнению с аутофлорой акватории, на которой рыбоводческая деятельность длится более 5 лет, что является показателем снижения численности аборигенных видов и расселению аллохтонных бактерий в кишечнике рыб.

Таким образом, на примере доминантной микрофлоры кишечника доказано, что биоразнообразие выделенных культур зависит от условия обитания радужной форели. Биоразнообразие интестинальной микрофлоры радужной форели представлено таксономии микроорганизмов, отнесенных к 120 родам, 82 семействам и 16 типам. При анализе состояния аутофлоры на уровне семейства и рода идентифицированы схожие таксоны у всех исследованных особей форели. К ним отнесены: бактериоиды, зубактерии, бациллы и клостридии. На их долю у отдельно взятых особей приходилось от 7 до 23 % от общего числа обнаруженных таксонов. Среди исследованных групп радужной форели, без привязки к местообитанию, установлена зависимость между некоторыми таксонами бактерий в составе бактериофлоры кишечника: увеличение колонизационной активности бактериоидов приводит к увеличению численности культур полифилитических классов, что провоцирует развитие эпизоотий. Исходя из данных о местообитании форели наблюдается таксономический сдвиг в аутофлоре

кишечника. На смену бактериям рода *Firmicutes* и *Bacteroidetes* приходят *Proteobacteria* и *Fusobacteria*, которые относятся к условно-патогенным видам микроорганизмов и могут провоцировать инфекционные и соматические отклонения.

Известно, что состояние аутофлоры радужной форели играет важную роль в питании и иммунитете [Кузьмина, 2018; Ларцева, 2004; Ускова, 2019]. Знание структуры микрофлоры и особенностей местообитания рыбы может дать представление как о норме, так и о патологии вызванной инфекционными и соматическими заболеваниями. Для этого необходимо детально и всесторонне изучать не только таксономический состав микрофлоры рыб, но и выявлять закономерности образования аутофлоры в зависимости от условий и времени эксплуатации акватории в зоне которой происходит рыбоводческая деятельность.

Список использованных источников

1. Кузьмина В. В. Процессы пищеварения у рыб. Новые факты и гипотезы. Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН. – Ярославль: Филигрань, 2018. – 300 с.
2. Ларцева Л.В. Микрофлора промысловых рыб и рыбной продукции в Волго-Каспийском регионе / Л.В. Ларцева, Я.М. Болдырева // Рыбное хозяйство. 2004. - №3. - С. 48-49.
3. Паршуков А. Н, Сидорова Н. А. Микробиоценоз радужной форели в садковых хозяйствах Северной Карелии // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2014. №8 (145). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mikrobiotsenoz-raduzhnoy-foreli-v-sadkovyh-hozyaystvah-severnoy-karelii> (дата обращения: 31.08.2022).
4. Паршуков А.Н. Микробиоценоз радужной форели в садковых хозяйствах северной Карелии/ А. Н. Паршуков, Н. А. Сидорова// Ученые записки Петрозаводского Государственного Университета. - 2014. - Т.1. - No 8. - с. 29-33.
5. Стерлигова О. П., Кучко Я. А., Савосин Е. С., Ильмаст Н. В. Перспективы выращивания объектов аквакультуры в озерах Карелии // Вопросы рыболовства. 2019. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-vyraschivaniya-obektov-akvakultury-v-ozerah-karelii> (дата обращения: 31.08.2022).
6. Ускова Инга Владимировна, Потешкина Виктория Алексеевна, Калинин Ксения Алексеевна Комплексный мониторинг бактериопланктона рыбоводного хозяйства реки Тулома и энтеральной микробиоты кишечника, культивируемой в садках форели И. В. Ускова*, В. А. Потешкина, К. А. Калинин // Вестник МГТУ. 2019. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompleksnyy-monitoring-bakterioplanktona-rybovodnogo-hozyaystva-reki-tuloma-i-enteralnoy-mikrobioty-kishechnika-kultiviruemoj-v> (дата обращения: 31.08.2022).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ *CHLORELLA VULGARIS* В КОРМОВОМ РАЦИОНЕ МОЛОДИ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ

¹Матророва С.В., ¹Сидорова Н.А., ¹Кучко Т.Ю.

¹Петрозаводский государственный университет, г. Петрозаводск, Российская Федерация

Аннотация. В статье приведен анализ комплексного изучения показателей роста и развития молоди радужной форели, выращенной на гранулированных кормах с применением концентрата суспензии планктонного штамма микроводоросли *Chlorella vulgaris* (GKO) в качестве биодобавки. Доказана возможность использования исследуемого биопрепарата в кормовом рационе мальков форели в качестве активной добавки с иммунокорректирующим действием. Применение суспензии хлореллы в концентрации 10 мл/кг способствует повышению выживаемости и резистентности молоди форели, а также общему усилению иммунного фона организма рыб.

Ключевые слова. Водоросли, хлорелла, радужная форель, комбикорма, биодобавка.

RESULTS OF THE USE OF *CHLORELLA VULGARIS* MICROALGAE IN THE FEED DIET OF RAINBOW TROUT

¹Matrosova S.V., ¹Sidorova N.A., ¹Kuchko T.Yu.

¹Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russian Federation

Abstract. The article presents an analysis of a comprehensive study of the growth and development indicators of rainbow trout grown on granulated feeds using a plankton microalgae suspension concentrate *Chlorella vulgaris* (GKO) as a bioadditive. The possibility of using the studied biopreparation in the feeding ration of trout as an active additive with an immunocorrecting effect has been proven. The use of a *Chlorella* suspension at a concentration of 10 ml / kg increases the survival and resistance of trout jewels, as well as the general strengthening of the immune background of the fish organism.

Keywords. Algae, chlorella, rainbow trout, compound feed, dietary supplement.

Введение. Одним из современных направлений биотехнологии в области аквакультуры является разработка природных биопрепаратов для использования в качестве дополнительного источника незаменимых аминокислот, витаминов и других кормовых компонентов в рационе рыб. К таким препаратам относятся про- и пребиотики, полученные на основе микроорганизмов, в том числе и некоторые растительные биодобавки. Так, по мнению экспертов [1,2] применение суспензии водорослей в кормлении рыб может оказывать положительное влияние на их иммунную систему, рост и развитие, а также способствовать более высокой усвояемости кормов.

Экспериментально доказано, что введение концентрата суспензии планктонного штамма хлореллы (*Chlorella vulgaris*) в качестве биодобавки в комбикорм для молоди карпа [<https://waterpond.ru/articles/khlorella-v-rybovodstve>], стерляди и ленского осетра [3] приводит к увеличению темпа роста рыб, снижению затрат на кормление, а также к существенному увеличению содержания незаменимых полиненасыщенных жирных кислот омега-3: омега-6 в рыбьем жире по сравнению с использованием в их рационе растительных белков [4].

С целью повышения эффективности выращивания крупного посадочного материала радужной форели для садковых хозяйств Республики Карелия выполнена серия аквариальных экспериментов по оценке применимости культуры одноклеточных микроводорослей *Chlorella vulgaris* (планктонный штамм GKO) в качестве кормовой биодобавки с иммунокорректирующим действием для мальков радужной форели.

Материал и методы. Исследования выполнены на базе Научно-исследовательского центра (НИЦ) по аквакультуре Института биологии, экологии и агротехнологий ПетрГУ в период с 09.03.2022 по 26.05.2022.

Изучение здоровья и темпа роста молоди радужной форели при кормлении гранулированным кормом с кормовой добавкой в виде концентрата суспензии 5 мл/кг (опыт № 1), 10 мл/кг (опыт № 2) и 15 мл/кг (опыт № 3) планктонного штамма *Chlorella vulgaris* проводилось на морфогенетически

однородных группах мальков радужной форели породы Рофор (*Oncorhynchus mykiss* val.) с начальной массой 30 грамм, которые содержались в 4-х аквариумных установках по 50 штук и выращивались до средней массы 60 грамм. Эффективность оценивали по сравнению с контрольной диетой, не содержащей пробиотика. Продолжительность кормления составила 8 недель.

Рыба выращивалась в одинаковых условиях, кормление проводилось вручную. В период адаптации и до конца эксперимента использовали универсальный стартовый корм для молоди, применяемый на форелевом хозяйстве. Суточный рацион соответствовал температуре воды и массе тела выращиваемых рыб. В аквариумах ежедневно контролировались гидрохимические параметры среды (pH, $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$, NO_2^- , NO_3^-). Поддержание оптимальных гидрохимических параметров на одном уровне обеспечивалось ежедневной заменой воды в объеме 20-30%. Температура воды в аквариумах была постоянной (13,5°C), концентрация растворенного кислорода колебалась в пределах 9-11 мг/л.

В ходе исследования с применением стандартных методик [5-7] оценивались рыбоводно-биологические показатели роста молоди форели (абсолютный и относительный приросты, кормовой коэффициент), проводилась диагностика типовых патологических процессов в органах и тканях рыб и оценка морфофизиологических показателей внутренних органов (печень, сердце, селезенка, жабры почки). Для обоснования адаптационных возможностей организма рыб и оценки условий выращивания проведено исследование морфологических показателей крови и иммунитета молоди форели. Все гематологические исследования выполняли в соответствии с Методическими указаниями 13.4.2/1795 [8-11]. Активность лизоцима в слизистых покровах рыб определяли на спектрофотометре «LEKI SS2107» [12].

Результаты. Во всех вариантах эксперимента с использованием микроводорослей, молодь форели активно потребляла корм и давала хорошие привесы. Лучшие показатели относительного прироста массы тела за весь период выращивания зафиксированы среди мальков, получавших корма с микроводорослями *Chlorella vulgaris* в концентрации 10 мл/кг (опытная группа 2). В данном варианте эксперимента полученные результаты по приросту массы тела оказались выше на 5% по сравнению с вариантами кормления с добавками к основному рациону – 5 и 15 мл/кг, соответственно (рисунок 1).

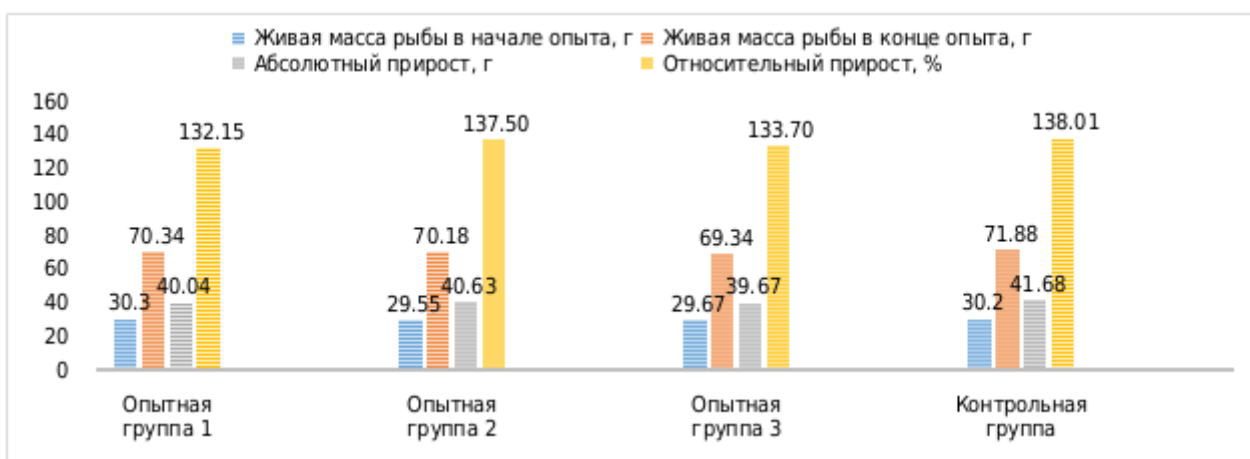


Рисунок 1 - Рыбоводно-биологические показатели средних значений в каждой выборке.

Расчет затрат корма на единицу привеса и анализ кормовых коэффициентов комбикормов с иммуностимулирующей добавкой в виде микроводорослей показал, что хлорелла не оказывает отрицательного влияния на конверсию корма и на приросты молоди форели. Кормовой коэффициент в контрольной и трех опытных группах составил в среднем 0,7.

Благодаря комплексному анализу морфофизиологических показателей внутренних органов молоди радужной форели до эксперимента с кормовой добавкой и после него установлено положительное влияние суспензии планктонного штамма *Chlorella vulgaris* GKO в концентрации 10 мл/кг и 15 мл/кг на иммунокомпетентные органы (печень, почки и селезенка) рыб (таблица 1).

Таблица 1 - Физиологические показатели молоди радужной форели.

Показатель	До эксперимента	После эксперимента (через 54 дня)			
		Контроль (Корм без хлореллы)	Опыт 1 (Хлорелла 5 мл/кг)	Опыт 2 (Хлорелла 10 мл/кг)	Опыт 3 (Хлорелла 15 мл/кг)
Индекс печени, ‰	13,7 ±1,6	15,41 ±1,2	15,02 ±1,7	14,6 ±0,6	13,6 ±0,6
Индекс селезенки, ‰	1,3 ±0,14	1,06 ±0,17	1,11 ±0,17	1,11 ±0,17	1,27 ±0,12
Индекс сердца, ‰	1,84 ±0,08	1,67 ±0,15	1,64 ±0,15	1,76 ±1,10	1,76 ±0,18
Содержание жира, %	1,6	2,93	2,98	2,95	2,92
Индекс жабр, ‰	30,5 ±0,6	30,26 ±3,1	31,61 ±1,4	28,74 ±1,7	29,5 ±1,6
Индекс почек, ‰	7,82 ±1,3	8,5 ±0,65	9,3 ±0,83	7,4 ±0,53	8,3 ±0,6

В ходе эксперимента достоверных различий по индексам внутренних органов рыб во всех испытуемых группах выявлено не было за исключением индекса жира, содержание которого у молоди форели увеличилось к концу опыта практически в 2 раза, оставаясь в пределах нормы для данного возраста (Norm 3,16 – 3,43 %). Это говорит о том, что размер внутренних органов изменился незначительно.

Несмотря на то, что уровень статистической значимости результатов измерений по всем исследуемым параметрам не достигнут ($p > 0.05$), можно говорить о положительном влиянии суспензии планктонного штамма *Chlorella vulgaris* GKO в концентрации 10 мл/кг и 15 мл/кг на иммунокомпетентные органы (печень, почки и селезенка) молоди форели. Значения индексов печени и селезенки в этих группах остались на уровне показателей до эксперимента (не увеличились) в опыте № 3 или снизились (Опыт №2 – селезенка, почки), что свидетельствует о формировании положительного иммунного ответа в организме рыб в присутствии *Chlorella vulgaris* GKO и о снижении общей интоксикации организма. Аналогичный эффект зафиксирован и для индекса жабр.

Кроме того, применение концентрата суспензии микроводорослей *Chlorella vulgaris* (планктонный штамм GKO) в качестве кормовой добавки к рациону мальков форели с концентрацией 10 мл/кг способствовало снижению патологических процессов в печени, селезенке и кишечнике рыб (таблица 2).

Таблица 2 - Встречаемость патологий внутренних органов

Показатель	До опыта	Контроль	Опыт №1	Опыт №2	Опыт №3
Геморрагии в печени, %	40	10	10	18	35
Анемия печени (бледная), %	0	20	18	0	35
Воспаление кишечника, %	40	10	0	0	0
Увеличенная (отёкшая) селезенка, %	0	10	0	0	0

Под действием биодобавки, у экспонируемых особей радужной форели также увеличились значения бактерицидной активности сыворотки крови (БАСК), в среднем в 1.7 раз, по сравнению с интактными особями. Наилучший результат обнаружен для опытной группы, получавшей с кормом 5 мл/кг концентрата хлореллы - в этом варианте эксперимента значения БАСК превысили исходный уровень в 1.94 раза.

Результаты анализа морфологических показателей крови позволяют подтвердить факт, что в присутствии биодобавки количество красных клеток крови увеличивается в опытных группах по сравнению с контролем в среднем в 1.8 раз, что может быть связано с увеличением интенсивности ростовых процессов, тканевого дыхания, а также процессов кроветворения под влиянием метаболитов *Chlorella vulgaris*, вводимой в рацион (рис. 2).

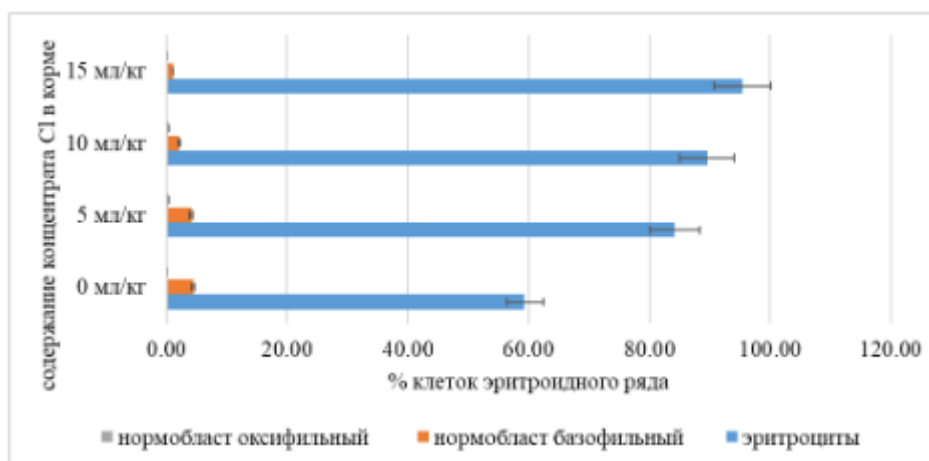


Рисунок 2 - Изменение соотношения клеток эритроцитарного ряда при разных рационах кормления радужной форели

При использовании хлореллы в рационе форели изменялось и содержание лизоцима в слизистых покровах радужной форели. Если исходная концентрация лизоцима составила 0.33 мкг/мл, то при добавлении в корм 5 мл/кг хлореллы - концентрация лизоцима увеличилась до 0.49 мкг/мл, при добавлении 10 мл/кг - до 0.54 мкг/мл и при добавлении 15 мл/кг - до 0.47 мкг/мл. При использовании традиционного рациона (без хлореллы) - гематологические и иммунные показатели радужной форели в начале и в конце эксперимента оставались без существенных изменений.

Полученные в эксперименте результаты доказывают возможность применения суспензии хлореллы *Chlorella vulgaris* (планктонный штамм GKO) при выращивании молоди радужной форели в качестве биодобавки к комбикормам, как стимулятора роста и развития с иммунокорректирующим действием. Наиболее эффективно по большинству изученных показателей, и согласно оценке общего иммунного фона молоди форели, целесообразно применение в качестве кормовой добавки суспензии хлореллы в концентрации 10 мл/кг.

Список использованных источников

1. Исследование влияния кормов с биологически активными добавками на рост осетровых рыб при бассейновой технологии выращивания / А. А. Мухрамова [и др.] // Вестник КазНУ. Сер. экологическая. – 2012. – № 1 (33). – С. 106-108.
2. Влияние условий культивирования на витаминный состав суспензии водорослей *Chlorella vulgaris* (Beijerinck) и *Scenedesmus acutus* (Meyen) / Н. П. Дмитриевич [и др.] // Биотехнология: достижения и перспективы развития: материалы II междунар. науч.-практ. конф., Пинск, 7-8 дек. 2017 г. / Полес. гос. ун-т; ред.: К. К. Шебеко [и др.]. – Пинск, 2017. – С. 58-60.
3. Kozłow A.I., Kozłowa T.V. Cage growing sturgeon using in feed suspension of *Chlorella* in land reclamation pond of Pripjat polesie // Aquaculture 2013: Celebrating 40 Years of Aquaculture. 3-7 November, 2013, Gran Canaria, Spain. - P. 1.030.
4. Sardesa V. M. Nutritional role of polyunsaturated fatty acid // Nutr. Biochem. - 1992. - № 3. - P. 154-166.
5. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищевая пром-сть, 1966. – 376 с.
6. Решетников Ю.С. Экология и систематика сиговых рыб. М.: Наука, 1980. – 300 с.
7. Рыжков Л.П., Кучко Т.Ю. Применение метода морфофизиологических индикаторов для оценки качественного состава рыб: метод. указания. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 1997. 20 с.
8. Житенева Л. Д., Полтавцева Т. Г., Рудницкая О. А. Атлас нормальных и патологически измененных клеток крови рыб. - Ростов-на-Дону, 1989. - 112 с.
9. Зубрихина Г. Н., Блиндарь В. Н., Тимофеев Ю. С. Теория и практика лабораторных гематологических исследований. - Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2020 - 288 с.
10. Иванова Н.Т. Атлас клеток крови рыб (сравнительная морфология и классификация форменных элементов крови рыб). - Москва: Легкая и пищевая промышленность, 1982. - 184 с.
11. Методические указания по проведению гематологического обследования рыб / Утвержденные зам. руководителя Департамента ветеринарии В.В. Селиверстовым 2 февраля 1999 г. № 13-4-2/1487.
12. Дорофейчук В.Г. Определение активности лизоцима нефелометрическим методом // Лабораторная диагностика. - 1968. - № 1. - С. 28 - 30.

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ МОНИТОРИНГА ПРУДОВЫХ ВОДОЕМОВ С КАРТИРОВАНИЕМ И ВЫДЕЛЕНИЕМ ЗОН БИОРЕМЕДИАЦИИ

^{1,2}Медведева Л.Н.

¹Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия, Волгоград, Российская Федерация

²ФГБУ ВО Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. В статье представлены материалы, раскрывающие вопросы проведения биосферного мониторинга на водохозяйственных системах. Обоснованы основные концептуальные подходы к применению умных (информационных) и природосберегающих технологий в прудовом бизнесе. С учетом возрастающей хозяйственной деятельности человека ключевыми требованиями к организации мониторинга становятся: мобильность и оперативность, автоматизированная обработка и хранение данных. Управление экосистемой и поддержание её на высокопродуктивном уровне можно достичь за счет установления определенных взаимоотношений между основными гидробионтами, а сложившаяся пластичность пищевых цепочек должна оперативно подстраиваться под хозяйственную деятельность. Представлены разработки по автоматизации мониторинга за состоянием воды, оздоровлению природных водоемов на основе применения технологии альголизации - вселение микроводоросли *Chlorella vulgaris*.

Ключевые слова. Аквакультура, биосферный мониторинг, рыбоводные хозяйства, качество воды водоемах, плавсредства, биоремедиация.

CONCEPTUAL MODEL OF MONITORING OF POND WATER BODIES WITH MAPPING AND SELECTION OF BIOREMEDIATION ZONES

^{1,2}Medvedeva L.N.

¹FSBSI All-Russian research institute of irrigated agriculture, Volgograd, Russia.

²FGBU VO Volgograd state technical University, Volgograd, Russia.

Abstract. The article presents materials that reveal the issues of biospheric monitoring in water management systems. The main conceptual approaches to the use of smart (information) and environmentally friendly technologies in the pond business are substantiated. Taking into account the growing economic activity of a person, the key requirements for the organization of monitoring are: mobility and efficiency, automated processing and storage of data. Ecosystem management and maintenance at a highly productive level can be achieved by establishing certain relationships between the main hydrobionts, and the existing plasticity of food chains should be quickly adjusted to economic activity. The developments on automation of monitoring of the state of water, improvement of natural reservoirs based on the use of algalization technology - the introduction of microalgae *Chlorella vulgaris* are presented.

Keywords. Aquaculture, biosphere monitoring, fish farms, water quality in reservoirs, watercraft, bioremediation.

Введение. В России, как и в большинстве стран мира, рыбоводство считается частью агропромышленного комплекса и входит в число приоритетов развития. Страна располагает значительными водными ресурсами: 25 млн. га озера, 5 млн. га водохранилища, 155 тыс га пруды, 300 тысяч м² садки. Эра промышленного рыбоводства началась в XIX веке с предпринимательской инициативы и научных экспериментов В.П. Врасского. Сегодня прудовое рыбоводство включает: выращивание рыб в искусственных и естественных водоемах с применением комбикорма систем УЗВ, проведение мониторинга водоемов и определение качества воды, биоресурсов, оздоровление и очистка прудов, установка рыбовыпускных сооружений, рыбоходов, рыбоподъемников, механических устройств для раздачи корма. Россия производит около 1% мирового промышленного производства рыбы (75 тысяч тонн в год), что говорит о высоком потенциале, в тоже время, недостаточном развитии отрасли [3]. Обеспечить развитие прудового рыбоводства позволит, принятая «Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года», которая нацелена на

восстановление производственных баз, увеличение производства рыбной продукции, создание чистых линий основных видов промысловых рыб, внедрение умных технологий в организацию рыбного дела и подготовку сбалансированных кормов [10]. Важнейшим аспектом управленческой деятельности рыбоводческих организаций является поддержание биопродуктивности прудов, сокращение производственного цикла от посадочного материала до получения товарной продукции [9]. Связи с усилением антропогенной нагрузки на водоемы, появлением эффекта «цветения воды», которое обеспечивается бурным размножением сине-зеленых водорослей, важным становится проведение технологий альголизации и биоремедиации. Выделяемые сине-зелеными водорослями токсины, оказывают угнетающее действие на зоопланктон и рыб, снижают эффективность прудового бизнеса. В России большинство рыбы выращивается в Южном Федеральном округе: 63,5% от общего объема. Лидерами являются – Краснодарский край, Ростовская и Астраханская области [6]. Основные зоны рыбоводства в России, установленные в законодательном порядке, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные зоны рыбоводства в Российской Федерации.

Зона	Регионы
Первая: 60-75 дней в году с температурой более 15 С°	Бурятская и Удмуртская Республики, Красноярский и Хабаровский край, Тверская, Ивановская, Кемеровская, Новосибирская, Омская, Псковская, Московская, Нижегородская, Иркутская, Костромская область, Ленинградская, Тюменская и Ярославская области.
Вторая: 76-90 дней в году с температурой более 15 С°	Республики: Башкортостан, Татарстан; Еврейская и Хакасская АО, Алтайский край, Владимирская, Калужская, Курганская, Рязанская, Смоленская, Челябинская, Московская и Нижегородская области.
Третья: 91-105 дней в году с температурой более 15 С°	Республики: Мордовия, Башкортостан, Татарстан, Приморский край, Брянская, Курская, Липецкая, Орловская, Пензенская, Самарская, Тамбовская, Ульяновская и Рязанская области.
Четвертая: 106-120 дней в году с температурой более 15 С°	Белгородская, Воронежская, Оренбургская, Саратовская области
Пятая и шестая: 136 -150 дней в году с температурой более 15 С°	Республики: Кабардино-Балкария, Дагестан, Калмыкия, Чечня, Краснодарский и Ставропольский край, Астраханская, Волгоградская и Ростовская области.

Благоприятный температурно-гидрохимический режим во 3 -5 зонах при правильном использовании технологий позволяет рыбоводам получать высокий прирост рыбы. *Целью исследования является формирование концептуальных подходов к поддержанию высокой продуктивности рыбоводных водоемов через обеспечение биосферного мониторинга и проведение биоремедиации.*

Материалы и методы. Концептуальная модель мониторинга экосистемы рыбоводного пруда представляет собой процесс описания и контроля основных биогидрохимических процессов, протекающих в нем. Под мониторингом понимается система наблюдений и прогноза изменения состояния водных объектов под воздействием природных и антропогенных факторов. С учетом возрастающей хозяйственной деятельности человека ключевыми требованиями к организации процесса мониторинга стали: мобильность и оперативность, получаемой информации, автоматизированная обработка и хранение данных. Гидрологический мониторинг обеспечивает систему наблюдений за состоянием водных объектов, включая оценку процессов природного и антропогенного генезиса, моделирование системы «водосбор – водоток», а также прогнозировать возможные изменения в системе «водосбор – водный объект» [2]. Управление экосистемой и поддержание её на высокопродуктивном уровне должно достигаться за счет установления определенных взаимоотношений между основными гидробионтами. Качественная устойчивость экосистемы пруда – это сложившаяся пластичность пищевых взаимоотношений основных продуцентов, которая может меняться в связи с экстремальными условиями или под целенаправленной хозяйственной деятельностью человека, обеспечивать переключение с одних пищевых объектов на другие. Экологическое нормирование качества воды на современном этапе решает следующую задачу: «для конкретного водоема оценивается его биосферный статус или степень отклонения биоценоза от некоторого оптимального состояния и на основании этого делается вывод об интенсивности антропогенных факторов, как возможной причины происходящих изменений» [3]. Для определения экологически обоснованных норм антропогенного поступления биогенных элементов в экосистему водоёма требуется определять естественную внутригодовую динамику содержания биогенных элементов. Морфометрические показатели системы «водосбор – водоём»: площадь и коэффициент удельного водосбора, объём водоёма и коэффициент условного водообмена влияют на функционирование экосистемы водоёма,

поэтому данные параметры учитываются при разработке экологически обоснованных норм состояния водоема. Компьютерное моделирование состояния рыбоводного пруда невозможно осуществить без детального знания всех уровней экосистемы – от бактерий до фитопланктона. Например, в нагульных прудах фотосинтез фитопланктона протекает значительно интенсивнее, чем деструкция органических веществ, естественно углекислый газ, находясь в наиболее удобной форме, используется фитопланктоном в процессе фотосинтеза. Насыщение воды кислородом идёт главным образом за счёт фотосинтеза [6]. Бактериальные процессы минерализации органических веществ в водной толще и донных отложениях насыщают воду углекислым газом, в результате чего показатель рН сдвигается в кислую сторону. В утренние часы активная реакция воды бывает кислой, а в вечерние – щелочной. Газовый режим рыбоводного пруда теснейшим образом связан с биологическими процессами, протекающими в нём и поэтому для интенсивного развития микробиологических процессов нужно постоянно поддерживать в воде определённые концентрации кислорода, азота и фосфора. Оптимальные показатели состояния экосистемы рыбоводных прудов представлены в таблице 2 [2, 9].

Таблица 2 - Оптимальные значения экосистемы рыбоводных прудов

<i>Показатели</i>	<i>Карповые хозяйства</i>	<i>Форелевые хозяйства</i>
Возвешенные вещества, мг/л	До 25	До 10
Водородный показатель, рН	6,5—8,5	7,0—8,0
<i>Кислород, мг/л</i>	<i>Не менее 5</i>	<i>Не менее 9</i>
Диоксид углерода, мг/л	До 25	До 10
Сероводород, мг/л	Нет	Нет
Окисляемость перманганатная, мг О/л	До 15	До 10
Азот аммонийный, мг NH ⁺ /л	До 1,5	
Нитриты, мг NO ⁺ /л	До 0,05	До сотых долей
Нитраты, мг КОУл	До 2	До 2
Железо общее, мг/л	До 2	До 0,5
Жесткость общая, мг • экв/л	2 - 6	3 -7

Сине-зеленые водоросли, создающие «эффект цветения», сопровождаются выделением и накоплением в водной среде биологически активных веществ и токсинов, представляющих опасность для рыб [8]. По химической структуре токсины сине-зеленых водорослей подразделяются на группы: пептиды (циклические и линейные), алкалоиды и липополисахариды. Первые и вторые являются вторичными метаболитами, т.е. не участвуют в генеральном метаболизме, липополисахариды представляют собой структурные компоненты наружной клеточной мембраны. Можно констатировать, что токсины сине-зеленых водорослей обладают нейро-, иммуно-, гено-, дерматотоксичностью и мутагенностью, что необходимо учитывать рыбоводам. Для снятия «эффекта цветения» воды проводится механическая и биологическая очистка водоемов. В число биологических методов входит альголизация водоемов - вселение штамма *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111. Для расчёта параметров вселения хлореллы можно воспользоваться, разработанными в ФГБНУ ВНИИОЗ программами для ЭВМ «Система искусственного интеллекта для альголизации пресноводных водоемов Юга России штаммом *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111 в расчете на площадь водного зеркала» (№ 2021617064 от 06.05.2021); «Моделирование параметров процесса альголизации водоема на основе определения степени адаптации *Chlorella Vulgaris* к воде природных и искусственных водоемов» (№ 2021680606 от 13.12.2021) [11,12]. Для вселения *Chlorella vulgaris* можно применять автоматическое плавсредство, разработанное в НИИ (ФГБНУ ВНИИОЗ. Патент на полезную модель 209044 У1, 31.01.2022). В 2022 году творческий коллектив ученых ФГБНУ ВНИИОЗ и ФГБУ ВО ВолгГТУ, в рамках выполнения научного гранта Администрации Волгоградской области: **«Концептуально-методологические основы формирования экологического экотона на водохозяйственных системах с построением агент-ориентированных моделей биосферного мониторинга и биоремедиации» проводил**

исследования по оценке качества воды и состоянию биоресурсов в ООО «Прибой» (Быковский район, Волгоградская область). На балансе у организации находятся несколько прудов. Которые заполняются водой из Волгоградского водохранилища: первый пруд-72га, второй -45га, третий- 38га, четвёртый -25 га, пятый - 11 га, шестой - 1 га. Было проведено картирование одного из прудов, определены зоны для вселения *Chlorella vulgaris* (рисунок 1). Вселение штамма *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111 проводилось по технологии, разработанной в ФГБНУ ВНИИОЗ и следующей схеме: март-апрель - 20; май-40; июнь-август - 60 литров на 1 га площади водного зеркала [8].



Рисунок 1 – Схема картирования пруда с выделением зон биоремедиации, ООО «Прибой», Волгоградская область

Исследования за состоянием воды в прудах позволило выявить определенные закономерности: количественные показатели водорослей колебались в пределах от 0,084 до 69,86 млн. кл/л; общая биомасса от 0,016 до 5,9 г/м³ в зависимости от сезона [8]. Основу биомассы составляли четыре отдела водорослей: диатомовые, сине-зелёные, зелёные и пиррофитовые. *Chlorella vulgaris* была зарегистрирована с июня по август в опытном пруде от 0,1 до 10 % от общей массы фитопланктона. Максимальная численность сине-зелёных водорослей была отмечена в контрольном пруде. Содержание растворенного кислорода не опускалось ниже рыбохозяйственной нормы, было на уровне: 5,5 – 19,4 мг О₂/дм³ Максимальные показатели кислорода: 12,4 – 19,4 мг О₂/дм³ были зарегистрированы в зонах вселения *Chlorella vulgaris*.

Таблица 3 – Показатели состояния воды в прудах ООО Прибой, 2022 год

Показатели	Контрольный пруд	Опытный пруд
pH	6.3 – 7.9	7.6-8.2
Растворенный кислород, мг О ₂ /дм ³	4.9 -5.6	8,2 -9,7
БПК _{полн.} , мгО ₂ /дм ³	0.5-3.4	0.9 -2.3
ХПК, мгО/дм ³	8.4 -23.9	12.1 -25.6
NH ₄ ⁻ мг/дм ³	0.2 -1.36	0.24-0.39
NO ₂ ⁻ мг/дм ³	0.006 – 0.037	0.006 – 0.020
P – PO ₄ ³⁻ мг/дм ³	0.03 – 0.08	0.03 -0.59
Fe _{щ.} мг/дм ³	н/о-0.19	н/о-0.13
Σ биоген мг/дм ³	3.599 -5.091	2.919 – 2.935

Источник: по материалам исследования

Для мониторинга водоемов используются приборы: термооксиметры, pH-метры, метеостанции, датчики уровня воды, надводные и подводные видеокамеры, интеллектуальное программное обеспечение на базе нейронных сетей [1,4,5]. Применение стационарных постов гидрохимического мониторинга не позволяет охватить все водные объекты, на которых требуется проведение мониторинга, по оценке качества воды. Расширение сети стационарных постов нерационально, так как требует значительных материальных затрат на установку, обеспечение сохранности и

работоспособности. Традиционные методы мониторинга с отбором проб и их анализом в стационарных или полевых лабораториях также не лишены недостатков. Так, в любом случае, отбор проб требует выдвижения к водному объекту квалифицированных сотрудников, использование лодочных средств и значительное количество приборов для отбора проб. При проведении анализа в стационарных лабораториях значительно увеличивается время получения результатов, вероятность ошибок, что может дать неверную оценку экологической ситуации. Проведение анализа в мобильных лабораториях сокращает время получения результатов, но требует повышенных затрат на организацию мониторинга за счет необходимости оснащения мобильной лаборатории и привлечения к исследованиям подготовленных специалистов. На современном этапе развития умных технологий значительная часть задач мониторинга водных ресурсов может быть передана роботизированным мобильным комплексам, способным проводить экспресс-анализ параметров воды, оперативно, с привязкой к конкретному водному объекту, передавать информацию о результатах проведенных анализов пользователю, сохранять и архивировать полученные данные. Готовыми решениями являются разработки испанской компании, в их числе модуль «Smart Water PRO», реализованный в проекте «Дрон на Волге», который способен определять качество в искусственных и естественных водоёмах с пресной и солёной водой. Система включает в себя датчики анализа: pH, окислительно-восстановительного потенциала, растворенного кислорода, проводимости, температуры. Российская компания ООО «Мераприбор» производит аналог – цифровой датчик «Аква МП-700.010», который позволяет одновременно измерять 9 физико-химических параметров, связанных с контролем качества воды, а именно: pH среды, температуру, мутность жидкости (мг/л), удельную электропроводимость, минерализацию, общее количество растворенных твердых веществ [4]. Датчик имеет компактные размеры (диаметр 75мм, длина (без крюка) 288мм, длина с крюком 394мм) и прочный полимерный корпус, соответствующий классу пылевлагозащиты IP68. Данное устройство устойчиво к помехам, а за счет применения цифровой обработки сигналов обеспечивает исключительную надежность измерений. На рисунке 2 датчики испанской и российских компаний для мониторинга водной среды.



Рисунок 2 – Модуль «Smart Water» (А) и многопараметрический зонд «Аква МП-700.010» (Б)

Результаты и обсуждение. Для определения качества воды водоемах В ООО «Прибой» проводилось испытание, разработанного в ФГБНУ ВНИИОЗ плавсредства, способного в режиме онлайн передавать данные по 16 параметрам. В качестве основы конструкции дистанционно управляемого, автоматизированного плавсредства был выбран катамаран. Плавсредство конструктивно состоит из двух гидродинамически обтекаемых корпусов, которые обеспечивают необходимый запас устойчивости. В рубке размещаются: блок-системы управления плавсредством с интегрированной системой геолокационного позиционирования; механизм поворота с блоком датчиков для мониторинга параметров воды; блок беспроводной передачи информации с датчиков мониторинга параметров воды на удаленное устройство; механизм поворота консоли крепления электродвигателя; блок питания с контроллером заряда. Предлагаемая концепция плавсредства, предназначенного для проведения биосферного мониторинга, обеспечивает максимальную готовность к использованию и минимизации времени на его перевод в рабочее состояние. Управление плавсредством осуществляется с ПДУ или планшета по беспроводным каналам связи. Сигнал с датчиков передается на удаленное устройство, на

котором в режиме реального времени можно видеть измеряемые параметры. На удаленном устройстве с помощью специального ПО параметры мониторинга архивируются и сохраняются для дальнейшей аналитической обработки. Испытания **автоматического дистанционно** управляемого **плавсредства** для оценки качества воды и состояния биологических ресурсов на рыбоводных прудах ООО «Прибой» показали достаточную эффективность. Передача данных осуществлялась на расстоянии более 1 км (рисунок 2, 3).

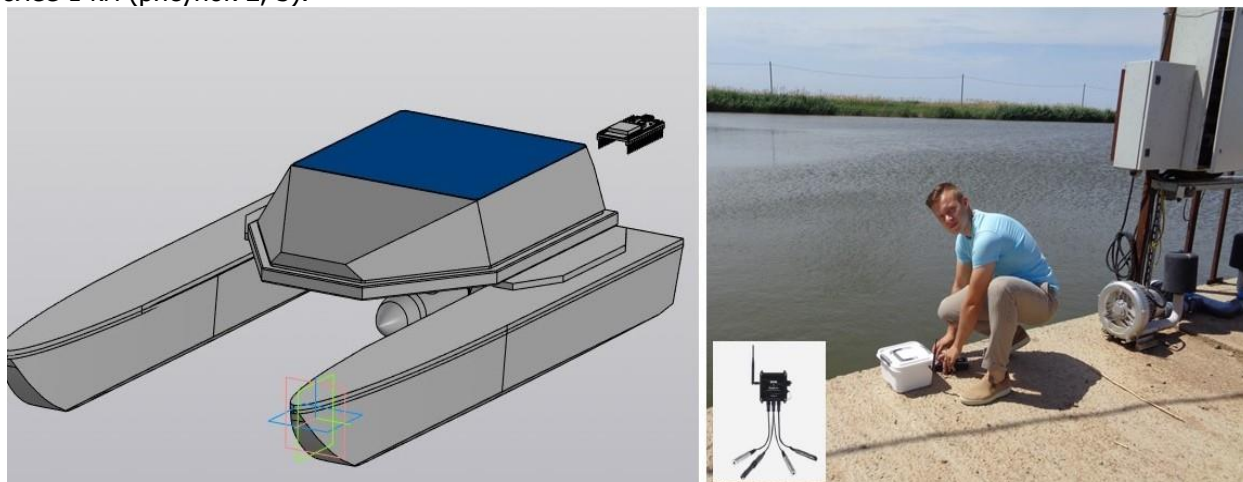


Рисунок 3 – Модель дистанционно управляемого, автоматизированного плавсредства, предназначенного для проведения биосферного мониторинга на водоемах

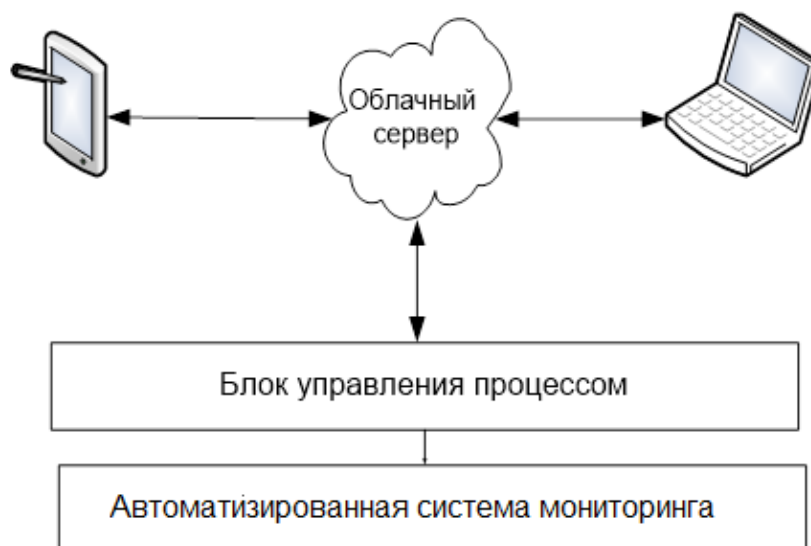


Рисунок 4 – Схема передачи данных при проведении биосферного мониторинга водоемов.

Выводы. Концептуально-методологические основы формирования биосферного мониторинга с картированием и выделением зон биоремедиации на водохозяйственных системах и рыбоводных прудах позволяют повысить эффективность предпринимательской деятельности и обеспечить продвижение инноваций. Разработка автоматизированного плавсредства для проведения биосферного мониторинга позволит улучшить контроль за состоянием воды водоемах. Искусственный интеллект (artificial intelligence) и предписывающая аналитика (prescriptive analytics) позволяют обеспечить управление прудовым бизнесом с учетом территориальных особенностей. Полученная в ходе исследования доказательная база применения штамма *Chlorella vulgaris* ИФР №С-111 в оздоровлении водоемов, использовании в качестве живого корма, расширяет представления о биологических технологиях в прудовом бизнесе. Анализируя и изучая переходные сообщества (экотоны), которых русский ученый В.И. Вернадский называл «эффектами сгущения в природе», ученые ФГБНУ ВНИИОЗ расширяют представления о процессах биосферного мониторинга и применения нейронных сетей на водохозяйственных объектах.

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. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справочные материалы // Т. В. Гусева [и др.].-М.: Социально-экологический союз, 2000. 148 с.
3. 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
4. К вопросу создания ведомственной автоматизированной системы гидрологического мониторинга / Г. Х. Исмаилов, Т. И. Беглякова // Природообустройство. 2011. N 3. С. 43-46.
5. Кропотова, Н.А. Роботизированная платформа, обеспечивающая мониторинг обстановки на водных объектах / NovaInfo, 2020. № 114. С. 2-4. - URL: <https://novainfo.ru/article/17741> (дата обращения 30.09.2022)
6. 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.
7. Медведева Л. Н., Фролова М. В., Московец М. В., Медведев А. В. Внедрение природосберегающих технологий – экологический императив в развитии регионов // Вестник Волгоградского государственного университета. Экономика. 2019. Т. 21. С. 126 -140.
8. Московец М.В., Фролова М.В., Птицына Л.А., Торопов А.Ю. Особенности влияния штамма *Chlorella vulgaris* ИФР N С-111 на качество воды в прудовом рыбоводстве // Орошаемое земледелие, 2019. № 3. С.46-49.
9. Муратова Е. Н. Организация прудового хозяйства: оценка доходности и перспективы развития // International agricultural journal. 2019. №4. С 195-203.
10. Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года // М.: ФГБНУ «Роинформагротех», 2019. 68 с.
11. Фролова М.В., Московец М.В., Торопов А.Ю. Использование кормовой добавки хлореллы при выращивании стерляди в прудовых хозяйствах // Орошаемое земледелие, 2020. №3. С.54-57.
12. 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.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Администрации Волгоградской области в рамках научного проекта № 6 от 20 декабря 2021 года «Концептуально-методологические основы формирования экологического экотона на водохозяйственных системах с построением агент-ориентированных моделей биосферного мониторинга и биоремедиации».

КИШЕЧНОПОЛОСТНЫЕ КАК ОБЪЕКТ АКВАКУЛЬТУРЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

¹Нейдорф А.Р., ¹Жукова П.А.

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

Аннотация. В статье рассмотрены особенности эволюции, систематики, питания и размножения кишечнополостных, определяющую их роль в водных экосистемах. Рассмотрены особенности положения в трофических цепях и значение для топологической организации водного ценоза. Исходя из экологического значения, определены возможные пути практического использования и намечены основные проблемы искусственного разведения кишечнополостных.

Ключевые слова. Кишечнополостные, кишечнополостные, мягкие кораллы, аквакультура, водные экосистемы, трофические цепи.

COELENTERATES AS AN OBJECT OF AQUACULTURE AND PROSPECTS FOR THEIR PRACTICAL USE

¹Neidorf A.R., ¹Zhukova P.A.

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

Abstract. The article considers the features of evolution, systematics, nutrition and reproduction of coelenterates, determining their role in aquatic ecosystems. The features of the position in trophic chains and the significance for the topological organization of water cenosis are considered. Based on the ecological significance, possible ways of practical use are identified and the main problems of artificial breeding of coelenterates are outlined.

Keywords. Coelenterates, cnidarians, soft corals, aquaculture, aquatic ecosystems, trophic chains.

Кишечнополостные являются достаточно древней группой многоклеточных, данные о морфологии и роли в трофических цепях постоянно уточняются. Интерес ученых к ранним ископаемым формам кишечнополостных обусловлен необходимостью выявить основные направления эволюции многоклеточных и роль кишечнополостных в древних и современных морских экосистемах. Недавно был обнаружен один из древнейших видов кишечнополостных полипов, *Nailiana elegans* gen. и др. ноябрь, образцы получены из раннекембрийской биоты Чэнцзян (~520 млн лет) Южного Китая. Эти организмы имели восемь неразветвленных щупалец, окружающих гастральное отверстие, что является морфологическим сходством с современными полипами. Эта находка подтверждает гипотезу, что предком современных кораллов был мягкотелый одиночный полип, демонстрирующий окторадиальную симметрию. На одном из изученных экземпляров нового полипа сохранились свидетельства хищничества лингулидных брахиопод. Этот случай иллюстрирует процесс возникновения сложных трофических и экологических отношений в морских сообществах и подчеркивает значение кишечнополостных для водных экосистем.

Процесс эволюции кишечнополостных привел к образованию двух современных типов, стрекающих (Cnidaria) и гребневиков (Stenophora). Кnidарии, в свою очередь, включают классы коралловых полипов, сцифоидных медуз и гидроидных полипов, а также два новых таксона, кубомедуз и ставрозоев. Кораллы как древняя группа многоклеточных организмов, являются основой уникальных морских экосистем, образуя известковые органогенные постройки, коралловые рифы. Коралловый риф образует огромное количество морских экотопов, среду обитания уникальных представителей морской флоры и фауны.

Мягкие кораллы являются важным элементом экосистемы рифов, богатым источником биологически активных соединений. Динамичный внешний вид и окраска также сделали их важными дополнениями в морском аквариуме, особенно в рифовых аквариумах, которые приобретают все большую популярность во всем мире. Несмотря на возможность искусственного разведения, большая часть мягких кораллов, используемых в торговле морскими аквариумами, собирается в дикой природе [3].

Дайвинг, рыбная ловля рифовых рыб для пищевых нужд, китайской медицины и для изготовления сувениров нередко заметно вредит рифовым экосистемам. Д.А. Астахов на основании собственных исследований, проводимых с 1996 года во Вьетнаме (в частности в бухте Нячанг), отмечает снижение количества актиний *Stichodactyla haddoni* и *Macrodictyla* в 10-15 раз. Всё больше стран вводят запреты на отлов и сбор морских животных в природе.

Еще одной проблемой, влияющей на биоразнообразие книдарий, является попадание микропластика в организм водных животных. Книдарии и гребневики, несмотря на их огромное значение для трофических взаимодействий, редко становятся объектом экологических исследований. Несколько случайно отобранных видов кишечнорастворимых (*Cyanea capillata*, *C. lamarckii* и *Aurelia aurita*, *Cosmetira pilosella*) и гребневики (*Beroe cucumis* и *Pleurobrachia bachei*), собранные в Северном море были изучены как потенциально аккумулирующие микропластик организмы. Было выявлено, что 94% тканевых проб содержат частицы микропластика. Самые высокие концентрации микропластика были зарегистрированы у крупных хищных гребневиков *B. cucumis*, в то время как для полипов показатели относительно низкие. Основными полимерами в пробах были полиэтилен терефталат и полипропилен. Это исследование демонстрирует, что книдарии и гребневики, в значительной степени малоизученная группа, являются вероятным путем для транспорта и накопления потенциально токсичных веществ в водных экосистемах, что неизбежно станет причиной вымирания высокочувствительных организмов и приведет к деградации сообщества.

Большое значение кишечнорастворимых в водных экосистемах и очевидная угроза их биоразнообразию создали предпосылки для поиска методик искусственного воспроизведения различных групп кишечнорастворимых. Аквакультура кораллов включает добычу личинок или сегментов живых кораллов (обычно с кораллового рифа) и выращивание их в контролируемой среде до тех пор, пока коралл не достигнет зрелости. Крупно-полипные кораллы, несмотря на массивный кальциевый скелет, демонстрируют достаточно быстрый рост и также с успехом культивируются на ферме [4].

Исследования, проведенные в ряде регионов, где снижение антропогенной нагрузки способствовало восстановлению естественных морских ценозов, дали интересные результаты, раскрывающие сложные взаимодействия между различными группами организмов, возникающие при образовании коралловых рифов. *Tubastraea coccinea* и *T. tagusensis* являются инвазивными кораллами, которые имеют обширные популяции вдоль побережья Бразилии. Культивирование этих кораллов в лаборатории выявило необходимость наличия в экосистеме водорослей *Lithophyllum* spp. (группа красных водорослей), на которые осаждались планулы кораллов, образующиеся в процессе полового размножения. Бесполое размножение, характерное для рифообразующих кораллов, осуществляется в ограниченном пространстве и увеличение площади расселения коралловых рифов происходит за счет полипов основателей, закрепляющихся преимущественно на красных водорослях, в клеточной оболочке которых откладывается известь, что делает их шероховатыми и определяет возможность закрепления планул, а значит, и появление новых колоний.

Еще одно направление, связанное с изучением кишечнорастворимых может представлять существенный интерес. Книдарии, вероятно, являются самой древней группой ядовитых животных, однако данные по биохимической эволюции яда книдариев недостаточно полны из-за ограниченной выборки таксонов. В настоящее время ведутся исследования состава яда сцифомедуз *Chrysaora lactea* и представителей кубомедуз *Tamoia haplonema* и *Chiropsalmus quadrumanus*. В общей сложности было идентифицировано 28 предполагаемых типов белков токсина, многие из них обнаружены впервые у стрекающих. Для 17 типов белков токсина характерна преимущественно цитолитическая биологическая активность. Порообразующие токсины, обнаруженные у книдарий, сходны с бактериальными токсинами, которые трансформируют плазматическую мембрану хозяина, образуя функционирующие трансмембранные каналы, являющиеся причиной лизиса клетки.

Цитолитические токсины необходимы для реализации тех специфических механизмов нападения и защиты, которые активируются стрекальными клетками и высокотоксичными ядами, среди которых часто встречаются порообразующие токсины, к которым относятся актинопорины, криоподобные белки, аэролизиноподобные токсины и токсины MACPF/CDC (мембрано-атакующих комплексы или перфорины). Сходные по структуре с порообразующими токсинами белки могут участвовать в процессах полостного пищеварения, а почти все порообразующие белки принимают участие в иммунных реакциях, причем наличие разных типов порообразующих белков характерно для иммунных реакций как позвоночных, так и беспозвоночных животных. Благодаря своим физико-химическим свойствам, порообразующие токсины могут быть использованы в медицинских исследованиях и нанобиотехнологических технологиях.

Кишечнорастворимые являются достаточно примитивной группой организмов, регуляторные процессы у которых в значительной степени реализуются по гуморальному механизму. Длительным сроком эволюции гуморальной системы регуляции, и значительным расхождением по ряду признаков групп, объединяемых в один таксон, очевидно, объясняется разнообразие выделяемых из

кишечнополостных органических соединений. Так, например, с 2015 по 2020 год из мягких кораллов было выделено 179 новых стероидных соединений, некоторые из которых могут, предположительно, обладать противоопухолевой активностью [6].

Изложенное выше предполагает наличие, как минимум, трех направлений практического использования кишечнополостных в аквакультуре – использование как декоративных объектов в морских аквариумах, выращивание для восстановления естественных экосистем и изучение токсинов и биологически активных веществ, образуемых кишечнополостными, для разработки медицинских препаратов и новых биотехнологий.

Успешное искусственное размножение кораллов было проведено в аквариуме Нумеа в Германии в 1956 году, где были разработаны методы размножения мадрепоровых кораллов. С конца 1980-х годов популярность домашних аквариумов, содержащих живые кораллы, резко возросла. Мировая торговля живыми мадрепоровыми кораллами увеличилась с примерно 20 т в год в 1985-1989 годах до более чем 400 т в год к 1995 году. До 1986 года содержание живых коралловых аквариумов ограничивалось в основном Европой, а именно Германией, Австрией, Бельгией, Нидерландами, Францией, Скандинавией. В 1986 году в журнале «Hobbyist magazine Freshwater and Marine Aquarium» появилась серия популярных статей, оказавших глубокое влияние на аквариумное хобби в Северной Америке и связанных с ним отраслями промышленности [4].

В настоящее время активный рост экспорта кораллов из Юго-Восточной Азии, в основном кораллы семейств Pocilloporidae, Acroporidae, Poritidae, привел к появлению большого количества аквакультурных ферм, где кораллы выращиваются из культивируемых фрагментов. Эти фермы размещают в зонах, недоступных для сильных прибоев, и естественные рифы не разрушаются, используя лишь как доноры посадочного материала. Технология выращивания кораллов относительно проста: из цемента изготавливают шайбы, в которых закрепляют мелкие фрагменты различных кораллов, выращенных здесь же на ферме [5].

Для правильного расположения в морском аквариуме кораллам требуется обеспечить достаточно места для роста и развития. Кроме того, важным фактором благополучия вида является оптимальное качество воды. Чтобы уменьшить стресс и агрессию по отношению к соседям, кораллы нужно разместить так, чтобы они не соприкасались. Даже если они соприкоснутся без видимых признаков агрессии или раздражения, они, скорее всего, начнут скрытую химическую войну, в результате которой один ли оба вида погибнут.

Процесс питания может идти пассивно, на клеточном уровне, или включать поимку добычи. По способу питания кораллы делятся на три основные группы, это: автотрофные (фотосинтезики), гетеротрофные (нефотосинтезики) и миксотрофные (совмещают автотрофные и гетеротрофные свойства). При культивации коралла нужно учитывать тип корма, размеры гранул или кормовых организмов и питательную ценность [5].

Некоторые виды кораллов выделяют в воду соединения, вызывающие заболевания. Болезни кораллов могут помешать успешной культивации, и пока недостаточно изучены. Кораллы имеют развитый иммунитет к бактериальным заболеваниям, но, как и рыбы, могут болеть в случае повреждения тканей коралла или ухудшения условий в аквариуме.

Подводя итог, нужно отметить, что, являясь одной из самых распространенных в декоративных аквариумах групп беспозвоночных, мягкие кораллы представляют большой интерес как объект декоративного культивирования. Однако расширение спектра культивируемых беспозвоночных в декоративной аквакультуре не только поможет привлечь внимание общественности к проблеме биоразнообразия, но и переведет ее из академических в разряд прикладных, если будет сопровождаться изучением биологических особенностей культивируемых видов. Поэтому разработка наиболее эффективных методов содержания и искусственного разведения мягких кораллов имеет не только прикладное, но и исследовательское значение. Конечно, особо актуальны сейчас методы восстановления коралловых рифов, но эти исследования сейчас идут не слишком интенсивно, представляя узко академический интерес.

Список использованных источников

1. Matishov D.G, Matishov G.G. Radioecology in Northern European Seas. – Berlin, 2004. -Springer Verlag. 335 p.
2. Kayal et al. Cnidarian phylogenetic relationships as revealed by mitogenomics // BMC Evolutionary Biology, 2013. - 13(5). - URL: <http://www.biomedcentral.com/1471-2148/13/5>
3. Vinod, K., Ramamoorthy, N., Rani Mary George. and Gopakumar, G. Artificial propagation of soft coral *Sinularia kavarattensis* (Octocorallia: Alcyonacea) in India // Mar. Fish. Infor. Serv., T & E Ser., No. 222, 2014
4. Delbeek J.C.. Coral farming : past, present and future trends // Aquarium Sciences and

Conservation, vol. 3, no 1, 2001, p. 172

5. Calfo, A. Book of Coral Propagation, Volume 1 Edition 2: Reef Gardening for Aquarists / A. Calfo – Reading Trees, 2007. – 416 p.

6. Savic Marina P., Structural diversity of bioactive steroid compounds isolated from soft corals in the period 2015–2020 // The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology, Vol. 218, April 2022.

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ПРИМИТИВНЫХ РЫБ В АКВАКУЛЬТУРЕ

¹Нейдорф А.Р., ¹Партафеева А.С.

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

Аннотация. В статье рассмотрены особенности разведения хрящевых рыб в декоративной аквакультуре. Рассмотрены подходы использования примитивных рыб в аквакультуре. Исходя из экологического значения, определены возможные пути дальнейшего совершенствования методики разведения хрящевых рыб в аквакультуре.

Ключевые слова. хрящевые рыбы, пресноводный скат хвосток, аквакультура, декоративное рыбоводство.

INNOVATIVE APPROACHES TO THE USE OF PRIMITIVE FISH IN AQUACULTURE

¹Neidorf A.R., ¹Partafeeva A.S.

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

Abstract. The article discusses the peculiarities of breeding cartilaginous fish in ornamental aquaculture. The approaches of using primitive fish in aquaculture are considered. Based on the ecological significance, possible ways to further improve the methods of breeding cartilaginous fish in aquaculture have been identified.

Keywords. cartilaginous fish, freshwater stingray, aquaculture, ornamental fish farming.

Группа примитивных рыб, к которым, согласно современным представлениям, относятся миксины (Muxini), миноги (Petromyzontiformes), акулы и скаты (Elasmobranchii), химеры (Holocephali), целаканты (Coelacanthi), двоякодышащие рыбы (Dipneusti), многоперы (Cladistii), осетровые (Acipenseridae) и ряд других редких групп. Некоторые систематические группы достаточно богаты видами, но популярностью в аквакультуре пользуются, в основном, осетровые, методы разведения и использования которых достаточно хорошо разработаны. Не так известны, но тем не менее являются ценным объектом - миноги, наиболее перспективной для разведения считается каспийская минога. Но использование хрящевых рыб в аквакультуре представляет интерес не только с точки зрения товарного рыбоводства, но и может сыграть важную роль в сохранении биоразнообразия, а также дать ценный материал для разработки новых биотехнологий [1].

Хрящевые рыбы (Chondrichthyes) отделились от панцирных рыб в Девоне. Они характеризовались тем, что их подъязычная дуга утратила дыхательную функцию и превратилась в подвесок (hyomandibulare) челюстного аппарата, в то время как у панцирных рыб подъязычная дуга сохранила функцию жаберной дуги. Хрящевые рыбы не имели внешнего костного панциря и вели подвижный немонотонный образ жизни, становясь активными хищниками морей.

К ним относятся брадиодонты (Bradiodonti) и, по-видимому, их современные потомки химеры (Holocephala), современные рыбы-акулы эласмобранхии (Elasmobranchii), ископаемые рыбы-акулы плевракантоды (Pleuracanthodii) и кладоселахии (Cladoselachii).

Все эти хрящевые рыбы доминировали в морях палеозойской эры, а в каменноугольном периоде они вытеснили агнагов. В пермском же периоде они сами уступили место более развитым костистым рыбам. Из всей разнообразной фауны хрящевых рыб палеозойской эры, только две их ветви – современные эласмобранхии и химеры – сохранились в последующие эпохи.

Эласмобранхии выжили, потому что в процессе эволюции у них развился ряд прогрессивных организационных особенностей (высокоразвитые органы чувств и мозг, внутреннее оплодотворение и откладывание больших, покрытых скорлупой яиц), что позволило им конкурировать с высшими рыбами. Рыбы-химеры ушли от конкуренции, приспособившись к жизни в глубоких слоях моря.

Эволюционный прогресс эласмобранхий объясняется приобретением таких прогрессивных организационных особенностей, как высокоразвитые органы чувств, внутреннее оплодотворение и образование крупных яиц со сложной скорлупой, что позволило им конкурировать с костистыми рыбами. Химеры ушли от конкуренции, приспособившись к жизни на глубине моря [3].

Хрящевые рыбы – интересный, но довольно сложный объект для выращивания в декоративном рыбоводстве. За последние 20 лет из-за импорта декоративных рыб в России сократилось число отечественных заводчиков, которые разводили такие редкие виды, как, например, речной скат хвостокол, редкий вид, обитающий в реках Амазонки. Скаты *Potamotrygon motoro* являются уникальными пресноводными в своем роде, так как они легче всего приживаются в аквариумах, привлекают внимание своим необычным внешним видом и украшают любую аквариумную композицию [3].

Непременным условием содержания *Potamotrygon motoro* являются большие аквариумы – не менее 300-400 литров на особь и эффективная система регенерации воды, поскольку этот вид чувствителен к увеличению концентрации азотистых соединений.

В дикой природе *Potamotrygon motoro* обитает в тропических водах бассейна реки Шингу, правого притока Амазонки, расположенного в Южной Америке.

Вода, в которой живет *Potamotrygon motoro*, подходит для установки гидроэлектростанций (ГЭС).

Скаты ведут дневной или ночной образ жизни в придонных слоях. Время активной жизни зависит от возраста. Во время бодрствования *Potamotrygon motoro* находятся в поисках червей, мелких ракообразных, брюхоногих моллюсков, двустворчатых моллюсков и мелких рыб. Для поиска они рыхлят речную почву.

Ночью они подходят к прибрежному мелководью, где прячутся до следующего утра. Молодые скаты часто прячутся днем, выходя на поиски пищи только ночью.

Potamotrygon motoro может достигать максимум 50 см в диаметре. Их глаза расположены на спинной части плоского тела – мантии, за ними находятся жабры (брызги). Рот скатов расположен на нижней поверхности тела, поэтому эти рыбы не видят, что они едят, но возле ротового отверстия есть очень чувствительные рецепторы, которые помогают им находить пищу по запаху.

Грудные плавники срослись с головой, образуя овальный диск. Спинной и хвостовой плавники отсутствуют. Брюшные плавники закруглены и почти полностью покрыты диском. На брюшной стороне имеются ноздри и 5 пар жаберных щелей. На спинной поверхности хвоста есть ядовитый шип (рис. 1).



Рисунок 1 – Пресноводный скат *Potamotrygon motoro*

Кроме того, у скатов есть рецепторы, которые позволяют им отслеживать малейшее изменение электрического поля – с их помощью скаты могут узнать точное местоположение своей добычи. По краям ротового отверстия речного ската расположены плоские мощные зубы, способные раскалывать раковины моллюсков. Длинный хвост этого ската достигает метра в длину и заканчивается одним или двумя ядовитыми шипами [1].

Воспроизведение. Прежде всего, необходимо позаботиться о достижении почти идеальных условий содержания, т.е. максимального пространства, чистой, достаточно теплой и мягкой воды с высоким содержанием кислорода [4].

Второе условие, которое довольно сложно выполнить – это подобрать пару. Половозрелыми считаются особи, достигшие возраста 4 лет и диаметра около 35 см. Однако использовать первых скатов, готовых к размножению, будет невозможно, так как у каждого индивидуальный характер и они вполне могут "не согласиться".

Когда может образоваться пара, производителей следует обильно кормить и в то же время внимательно следить за их поведением. Если самка не реагирует на ухаживания самца, необходимо отсадить ее на пару недель, а затем повторить попытку.

Глазчатый скат использует стратегию внутриутробного размножения, когда рождаются полностью сформированные скаты. Мальки развиваются внутри тела самки. Когда мальки съедят свои желточные мешки, начинают питаться особым веществом через специальные нити – примитивную версию плаценты. Всего в выводке насчитывается до 6 мальков, обычно меньше.

Речные скаты придирчивы к выбору партнера, поэтому недостаточно поместить самца и самку в один аквариум, чтобы получить потомство. Пара может образоваться естественным путем, если приобрести несколько молодых рыб, которые будут расти вместе в течение нескольких лет. Если в период нереста будет найдена подходящая пара, самец продемонстрирует брачное поведение. Он преследует самку до тех пор, пока она не будет готова к спариванию.

Затем скаты прижимаются друг к другу брюшками, и самец с помощью специальных придатков впрыскивает семя в тело самки. Инкубационный период длится от 9 до 12 недель. Однако в условиях аквариума сроки сокращаются, благодаря более комфортным условиям и регулярному доступу к еде.

Полученную молодь рекомендуется отсадить в отдельный резервуар объемом около 200 литров чтобы они чувствовали себя комфортно, и взрослые особи не смогли им случайно навредить.

Из представителей акул в аквариумах разводят донные виды, такие как роговые, леопардовые, кошачьи и зебровые акулы. Однако в большинстве случаев даже эти виды выживали в аквариумных условиях не более полутора лет. Разработка новых методов содержания показала, что многие виды акул, в том числе пелагические, могут гораздо дольше жить в неволе. Однако акулы требуют содержания в морских аквариумах объемом не менее 500 литров, необходим постоянный контроль температуры и гидрохимических параметров воды. Кроме того, данные о возможности их размножения в неволе весьма противоречивы, в аквариумных системах в основном содержатся особи, выловленные в естественных условиях, поэтому для домашних аквариумов, любители примитивных рыб, как правило, выбирают пресноводных скатов [1].

Разведение любых представителей водных биологических ресурсов требует эффективных методов искусственного воспроизводства. Сложность разведения хрящевых рыб в декоративной аквакультуре заключается прежде всего в чувствительности мальков к искусственным условиям окружающей среды и, как следствие, их низкой выживаемости. Необходимость постоянного наблюдения за рыбой во время яйцекладки, высокая стоимость высококачественных мальков и низкая выживаемость, ограничивают распространение хрящевых рыб как объектов аквакультуры.

Однако для многих видов рыб искусственное разведение – единственный шанс избежать вымирания. Декоративное рыбоводство хрящевых рыб – дорогостоящее и технологически сложное занятие, поэтому на данный момент в России оно развивается медленнее, чем на Западе. Однако есть надежда, что в будущем новые технологии изготовления аквариумов, систем очистки и кормления, фармакологических средств лечения и различных приспособлений значительно расширят список видов декоративных объектов рыбоводства, популярных в России [2].

В частности, для повышения выживаемости рыб при перемещениях, в исследованиях применялись эвгенол и эфирное масло *Lippia alba* для частичной анестезии и уменьшении времени восстановления после транспортировки. Отмечено также последующее влияние этих соединений на состояние крови и дыхательных органов, особенно структуру ткани жабр амазонского пресноводного ската *Potamotrygon wallacei* [5].

В искусственном разведении рыб уже давно успешно применяются стероидные гормоны для стимуляции созревания половых продуктов. Возможно использование половых стероидных гормонов для стимуляции созревания половых продуктов свободноживущих взрослых самцов ската куруру (*Potamotrygon wallacei*), а также влияние тестостерона (Т), 17 β-эстрадиола (Е2) и прогестерона (Р4) на гонадосоматические и гепатосоматические параметры пресноводные скаты. В настоящее время ведется расследование [6].

Изучение методов разведения скатов и акул в аквариумах перспективно не только для развития декоративного рыбоводства. Раны, нанесенные пресноводными скатами, вызывают сильную воспалительную реакцию. Клетки-мишени, пораженные ядом ската хвостокола, еще не обнаружены, и фармакологические средства от этих ядов еще не разработаны. Исследования в области противоопухолевой активности биологически активных веществ, обнаруженных в организме акул, пока не дали достоверных результатов, но, тем не менее, исследования в этой области могут быть продолжены. Поэтому разработка и совершенствование методов разведения хрящевых рыб в аквакультуре является перспективным направлением для аквакультуры.

Список использованных источников

1. Пресноводные акулы и скаты/Ю.А. Дунаева – Изд-во «Акулъ» – 2006. – 28 с.
2. Декоративное рыбоводство/М.А. Кочетов – 1991. – 324 с.
3. Bleher Discus/Хайко Блеер. – Изд. 1. Т. 1. – 2006. – 670с.

4. Современный аквариум и химия/И.Г. Хомченко – Новая волна – 1997. – 190 с.
5. Ariotti K. Lippia alba essential oil improves water quality during transport and accelerates the recovery of *Potamotrygon wallacei* from the transport-induced stress – *Aquaculture* – 2021. – V. 545
6. Marcon J.L Sex steroid hormones and the associated morphological changes in the reproductive tract of free-living males of the cururu stingray *Potamotrygon wallacei* – *General and Comparative Endocrinology* – 2021. – V.545

ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАННАНОЛИГОСАХАРИДОВ В КОМБИКОРМАХ ДЛЯ ЛИЧИНОК ОСЕТРОВЫХ РЫБ

¹Новоселова Ю.А., ²Арнаутов М.В., ²Гершунская В.В.

¹ Филиал по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ»), п. Рыбное, Российская Федерация

²Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Дана общая характеристика иммуномодулирующих добавок, относящихся к классу олигосахаридов, перспективных для использования в составе стартовых комбикормов для осетровых рыб. В результате рыбоводно-биологических испытаний выявлено, что применение Агримос в количестве 1% в составе стартовых комбикормов положительно влияет на выживаемость и ростовые показатели личинки бестера.

Ключевые слова. Пребиотики, маннанолигосахариды, личинки осетровых рыб, стартовые комбикорма.

STUDY OF THE EFFECTIVENESS OF MANNANOLIGOSACCHARIDES IN COMPOUND FEEDS FOR STURGEON FINGERLING

¹Novoselova Yu.A., ²Arnautov M.V., ²Gershunskaya V.V.

¹ Freshwater Fisheries Branch of VNIRO ("VNIIPRH"), Rybnoye settl., Russian Federation

²Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO), Moscow, Russian Federation

Abstract. The general characteristics of immunomodulators related to the class of oligosaccharides, which are perspective for use in the starter compound feeds for sturgeon are given. Because of fish-breeding and biological tests, it was revealed that the use of Agrimos in an amount of 1% in the composition of starter feed has a positive effect on the survival and growth performance of the bester larvae.

Keywords. Prebiotics, mannanoligosaccharides, sturgeon fingerling, starter feed

Пребиотики и пребиотики — это кормовые добавки, которые широко используются в современной аквакультуре для стимуляции врожденного, клеточного и гуморального иммунного ответа, улучшения ростовых показателей рыбы, борьбы с заболеваниями, и которые все чаще выступают в качестве альтернативны антибиотикам [1]. Пребиотики представляют собой препараты с живыми микроорганизмами, они поступают с кормом и модулируют микробные сообщества желудочно-кишечного тракта. Пребиотики, как правило, это неперевариваемые кормовые добавки, которые увеличивают количество полезных и снижают численность патогенных бактерий в кишечнике рыбы. Таким образом, включение пребиотиков может существенно изменять состав микрофлоры. Как правило, пребиотики - это углеводы, которые в зависимости от размера молекул или степени полимеризации делятся на моносахариды, полисахариды и олигосахариды. В аквакультуре в качестве пребиотиков, согласно последним исследованиям, наибольшее распространение получили олигосахариды (называемые еще иммуносахаридами), содержащие от трех до десяти моносахаридных остатков, такие как фруктоолигосахариды, маннанолигосахариды, инулин и β-глюкан [2].

В качестве иммуномодулирующих добавок в кормах для личинок осетровых рыб интерес представляют продукты переработки дрожжей, преимущественно содержащие маннанолигосахариды (МОСы). МОСы – это производные стенок дрожжевых клеток. Их основу составляют 4-6 моносахаров, таких как глюкозамин, манноза, глюкоза, ксилоза и другие. МОСы обеспечивают альтернативу для патогенных бактерий, которые колонизируют их быстрее, чем стенки кишечника, с последующим выведением из организма.

Препарат Био-МОС (Altech) является натуральным продуктом, содержащим комплекс маннанолигосахаридов, выделенным из клеточных стенок дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*, не разрушающихся под действием пищеварительных ферментов. К особенностям препарата следует отнести то, что он не теряет своих свойств при существующих технологиях приготовления и

температурной обработке комбикормов (экспандировании, экструдировании, гранулировании), безопасен для организма животных даже при передозировке, не накапливается в органах и тканях, совместим с любыми компонентами корма и любыми кормовыми добавками. Свойство Био-Мос® блокировать колонизацию кишечника патогенной микрофлорой и, тем самым, оказывать положительное влияние на рост бактерий, производящих молочную кислоту, дает основание отнести его как к пребиотикам, так и к сорбентам [3].

Агримос (Lallemand) — это комбинация маннанолигосахаридов и β -(1,3 и 1,6)-глюканов, экстрагированных из клеточных стенок дрожжей специально подобранного штамма *Saccharomyces cerevisiae*. Агримос предназначен для предупреждения колонизации кишечника патогенными микроорганизмами, особенно колибактериями и сальмонеллами, увеличения продуктивности и сохранности сельскохозяйственных животных, птиц и рыб. Он способствует росту полезной микрофлоры и восстановлению нормальной морфологии стенки кишечника, повышая переваримость питательных веществ, улучшая конверсию корма и скорость роста; стимулирует иммунную систему, повышая устойчивость к стрессам и заболеваниям, а также снижает смертность. Содержание маннанолигосахаридов – не менее 24 % [4].

Целью исследований была оценка эффективности стартовых комбикормов с включением маннанолигосахаридов при выращивании личинок осетровых рыб.

В базовые рецепты стартовых комбикормов для осетровых рыб в количестве 1 % были включены функциональные добавки, содержащие маннанолигосахариды: Био-МОС (шифр корма КРОС-БИО), Агримос (КРОС-АГРИ). В качестве контроля использован комбикорм без иммуномодулирующих добавок (КРОС-Контроль) и коммерческий корм БиоМар.

В качестве объекта исследований использованы личинки бестера средней начальной массой 27 мг. Рыб рассаживали в лотки размером 270×50 см, площадью 1,35 м², объемом 0,34 м³ с плотностью посадки 4500 шт./лоток. При проведении исследований средняя температура воды в рыбоводных емкостях составила 17,3 °С. Содержание растворенного в воде кислорода в среднем за период выращивания составило 9,3 мг О₂/л. Расход воды в лотках - 15 л/мин при полной смене воды 2 раза в час. Корм задавали вручную с периодичностью 12 раз в сутки, суточные нормы составляли 5-10 % от массы личинок. Эксперимент проводили в двух повторностях в течение 30 суток.

Изучение темпа роста проводили на основании результатов контрольных обловов и взвешивания по 50 экз. из лотка или 100 экз. по каждому варианту [5]. Абсолютный прирост вычисляли по разности между начальной и конечной массой рыб. Среднесуточный прирост вычисляли как изменение массы рыбы за каждые сутки периода. Удельную скорость роста рассчитывали по формуле:

$$C_w = \frac{\ln M_t - \ln M_0}{t} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где C_w – удельная скорость роста, %; M_0 , M_t – средняя масса рыб в начале и конце эксперимента, г; t – количество суток.

Выживаемость выражали в процентах от общего количества наблюдаемых рыб. Кормовые затраты определяли путем отношения количества затраченного корма на прирост молоди с учетом ее отхода, за весь период выращивания [6].

На рисунке 1 представлено изменение индивидуальной массы личинок, получавших экспериментальные и контрольные корма, по результатам контрольных обловов.

Согласно полученным данным интенсивнее всего шел рост личинок осетра на корме БиоМар и опытных кормах с добавкой Агримос. Медленнее всего росли рыбы, получавшие контрольный корм без иммуномодуляторов. После перехода на крошку более крупной фракции скорость роста рыб увеличилась.

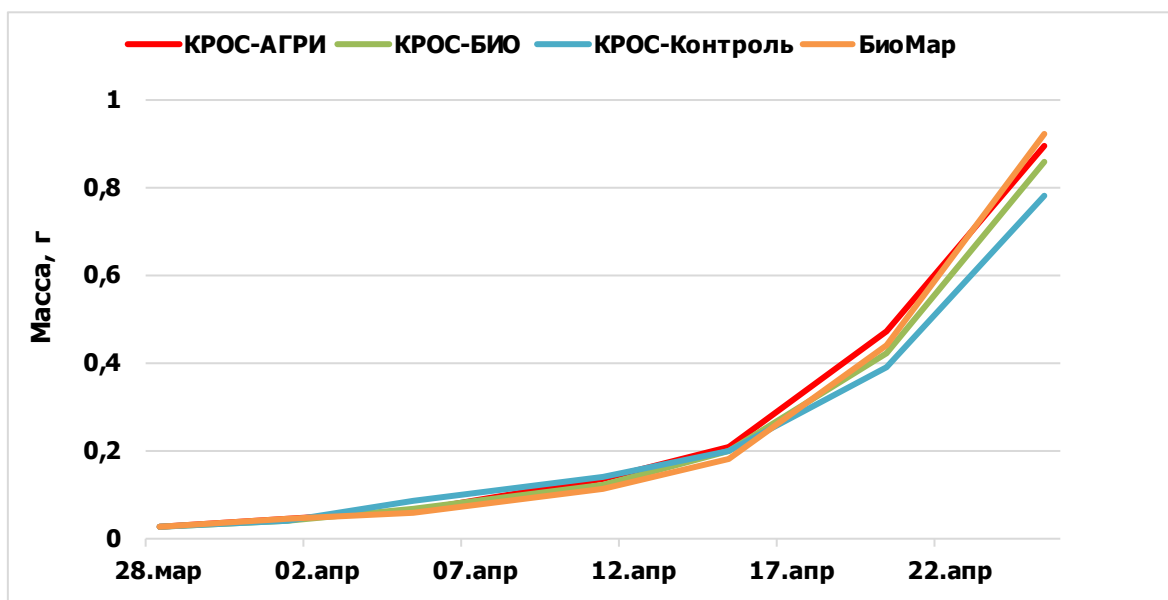


Рисунок 1 - График изменения массы личинок бестера

Рыбоводные результаты испытаний комбикормов с маннанолигосахаридами представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Рыбоводные результаты испытаний комбикормов с маннанолигосахаридами на личинках бестера

Шифр корма	Средняя начальная масса, г	Средняя конечная масса, г	Абсолютный прирост, г	Св, %	Выживаемость, %	КЗ, ед.
КРОС-АГРИ	0,027±0,01	0,90±0,08	0,87	12,51	60,9	0,46
КРОС-БИО		0,87±0,05	0,84	12,39	55,0	0,54
КРОС-Контроль		0,79±0,09	0,76	12,05	50,0	0,58
БиоМар		0,92±0,08	0,89	12,61	46,2	0,67

Согласно полученным данным, наибольшей конечной массы – 0,92 г, достигла молодь, получавшая контрольные корма БиоМар. Несколько ниже по сравнению с контролем (на 0,02 г), была средняя конечная масса осетровых на корме КРОС-АГРИ, содержащем в качестве иммуномодулятора добавку Агримос с высоким содержанием маннанолигосахаридов, и у рыб, получавших корма КРОС-БИО с добавкой Био-МОС. Минимальная конечная масса (0,79 г) отмечена для молоди, получавшей контрольный корм без иммуномодуляторов.

Абсолютный прирост и среднесуточная скорость роста молоди, также были наибольшими для рыб, получавших корма БиоМар и КРОС-АГРИ. Также следует отметить, что все группы рыб отличались высокими показателями скорости роста – Св варьировал от 12,05 на корме КРОС-Контроль до 12,61 на БиоМаре, что сопоставимо с известными литературными данными [7].

Выживаемость молоди осетровых на экспериментальных вариантах кормов с маннанолигосахаридами была высокой и колебалась от 54 % для корма КРОС-БИО до 60,9 % для КРОС-АГРИ с иммуномодулятором Агримос. Наименьшим (46,2 %) был показатель выживаемости для контрольного корма БиоМар.

Кормовые затраты и в контроле, и в эксперименте были довольно низкими - 0,5-0,6 ед., причем меньше всего было потрачено на единицу прироста корма КРОС-АГРИ, а максимальным был расход корма БиоМар.

Таким образом, исходя из полученных результатов опыта, следует, что применение исследуемых иммуномодуляторов в количестве 1% в составе стартовых комбикормов положительно влияет на выживаемость и ростовые показатели личинки бестера. Наилучший рыбоводный эффект

получен при использовании добавки Агримос при норме ввода 1 %. Для достижения более высокого рыбоводного эффекта при применении маннанолигосахаридов в составе стартовых комбикормов для личинок осетровых рыб запланировано проведение дополнительных исследований по определению норм ввода функциональных иммуномодулирующих кормовых добавок.

Список использованных источников

1. Ushakova NA, Pravdin VG, Kravtsova LZ, Ponomarev SV, Gridina TS, Ponomareva EN, Rudoy DV, Chikindas ML. Complex Bioactive Supplements for Aquaculture-Evolutionary Development of Probiotic Concepts. *Probiotics Antimicrob Proteins*. 2021. Dec; 13 (6):1696-1708,doi:10.1007/s12602-021-09835-y. Epub 2021 Aug 24. PMID: 34427880.
2. Akhter N., Wu B., Memon A.M., Mohsin M. Probiotics and prebiotics associated with aquaculture: A review/ *Fish & Shellfish Immunology*. - Volume 45, Issue 2. – 2015. - PP. 733-741.
3. Ласенко, М. В. Применение добавки био-МОС при выращивании сельскохозяйственных животных / М. В. Ласенко // Матрица научного познания. – 2021. – № 2-2. – С. 66-70.
4. <https://lallemandanimalnutrition.com/ru/russia/our-products/product-details/агримос/>
5. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищевая промышленность, 1966. - 96 с.
6. Щербина М. А., Гамыгин Е. А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре. – М.: ВНИРО, 2006. – 360 с.
7. Абросимова Н.А. Корма и кормление молоди осетровых рыб в индустриальной аквакультуре // Автореферат на соискание уч. ст. д.б.н. М.: АЗНИИРХ, 1997, 75с.

Исследования выполнены в рамках Государственного задания Росрыболовства № 076-00007-22-00 по теме «Изучение питательных свойств, норм ввода перспективных видов сырья и разработка линеек рецептов комбикормов для объектов аквакультуры с учетом их видовой, возрастной специфики и технологий выращивания».

ПРОТЕКТОРНОЕ ДЕЙСТВИЕ ГИДРОКСИПРОИЗВОДНОГО ХАЛКОНА

¹Осипова А.Д., ¹Половинкина М.А., ¹Осипова В.П., ¹Коляда М.Н., ²Великородов А.В.

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

²Астраханский государственный университет, г. Астрахань, Российская Федерация

Аннотация. В работе проведено исследование протекторных свойств нового гидроксипроизводного халкона в сравнение с водорастворимым аналогом витамина Е – тролоксом. Оценена ингибирующая активность соединений на модельной системе длительно-протекающего процесса пероксидного окисления липидов спермы сибирского осетра без и с добавкой криосреды. Установлена пролонгированная антиоксидантная активность халкона, сравнимая с действием эталонного соединения. Увеличение времени подвижности спермы в присутствии исследуемых соединений при сохранении выживаемости в 100% позволяет рассматривать гидроксипроизводное халкона в качестве потенциального криопротектора.

Ключевые слова. Сибирский осётр, репродуктивные клетки, антиоксидант, пероксидное окисление липидов.

PROTECTIVE EFFECT OF THE HYDROXY DERIVATIVE OF CHALCON

¹Polovinkina M.A., ¹Osipova A.D., ¹Osipova V.P., ¹Kolyada M.N., ²Velikorodov A.V.

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

²Astrakhan State University, Astrakhan, Russian Federation

Abstract. In this work, a study of the protective properties of a new hydroxy derivative of chalcone was carried out in comparison with a water-soluble analogue of vitamin E - trolox. The inhibitory activity of the compounds was evaluated on a model system of the long-term process of lipid peroxidation in Siberian sturgeon sperm without and with the addition of a cryo-medium. The prolonged antioxidant activity of chalcone, comparable with the action of the reference compound, was established. An increase in the time of sperm motility in the presence of the compounds under study, while maintaining a survival rate of 100%, allows us to consider the hydroxy derivative of chalcone as a potential cryoprotectant.

Keywords. Siberian sturgeon, reproductive cells, antioxidant, lipid peroxidation.

Для удовлетворения растущего спроса на коммерчески важных рыб, к которым относятся остеровые, разведения их в неволе и поддержания высококачественного маточного стада, решающее значение имеет технология криоконсервации [1]. Данный метод сохранения биоразнообразия вносит огромный вклад в аквакультуру и природоохранные мероприятия. В настоящее время достижения в репродуктивной биотехнологии обеспечивают стабильные поставки и доступность гамет для сохранения ценных видов рыб, находящихся под угрозой исчезновения, а также улучшения генетических ресурсов [2]. В то же время, до сих пор применение криоконсервированной спермы рыб ограничено из-за таких факторов, как снижение подвижности и способности к оплодотворению, нарушение эмбрионального развития, низкое выживание и качество потомства [3]. Улучшения качества криоконсервированной спермы можно достичь путем изменения протоколов криоконсервации и добавления соединений, защищающих репродуктивные клетки во время замораживания и оттаивания [4].

Известно, что во время криоконсервации вырабатываются активные кислородные метаболиты, способствующие развитию пероксидного окисления липидов (ПОЛ), что, в свою очередь приводит к снижению подвижности, жизнеспособности, целостности мембраны, функциональности акросом, антиоксидантного статуса и/или фертильности дефростированной спермы [5]. Кроме того, ранее было установлено, что замороженные-дефростированные сперматозоиды имеют пониженный уровень эндогенных антиоксидантов [6]. В связи с этим, применение эффективных антиоксидантов в качестве

криопротекторных добавок является вполне обоснованным и актуальным направлением криоконсервации репродуктивных клеток гидробионтов.

Ранее нами были получены новые гидроксипроизводные халконов и показана их антиоксидантная активность в опытах *in vitro* [7]. Была установлена высокая ингибирующая активность производного халкона с пространственно-экранированным фенольным фрагментом – метил N-(4-((E)-3-[3,5-ди(*трет*-бутил)-4-гидроксифенил]-2-пропеноил)фенил)карбамата (**1**), поэтому в работе исследовано протекторное действие данного соединения в сравнении с водорастворимым аналогом витамина Е – тролоксом (**2**) на показатели активности спермы осетровых.

Материалом для исследования является сперма сибирского осетра (*Acipenser baeri*), полученная методом отцеживания после гипофизарных инъекций в период нерестовой кампании 2022 г. Тестируемые соединения добавлены в сперму в концентрации 0,1 мМ. Сперма была разбавлена модифицированной криосредой Штайна (130 мМ NaCl, 5 мМ KCl, 20 мМ NaHCO₃, 5,5 мМ глюкоза, 12,5 % яичного желтка, 12,5 % ДМСО) [8] в соотношении 1:1, разлита в промаркированные пробирки Эппендорфа объемом 1,5 мл и помещена в холодильник на 40 мин для эквilibрации [9]. Оценка качества спермы проведена под микроскопом по 5-ти балльной шкале Г.М. Персова (1953) [10] после эквilibрации. В работе использована только сперма высокого качества (4-5 баллов).

Интенсивность длительно протекающего ПОЛ нативной спермы и с криосредой определена по накоплению вторичных карбонильных продуктов, дающих окрашенные комплексы с тиобарбитуровой кислотой (ТБК-АП) по стандартной методике [11]. Рассчитана эффективность антиоксидантного действия (ЭД) соединений по формуле: $ЭД = [(C_0 - C_1) / C_0] \times 100\%$, где C₀ - концентрация ТБК-АП в сперме без добавки соединений (контроль), C₁ - концентрация ТБК-АП в сперме, содержащей исследуемое соединение. Положительное значение показателя ЭД свидетельствует о проявлении веществом антиоксидантного действия.

Установлено пролонгированное антиоксидантное действие соединений **1** и **2** как при добавлении к нативной сперме (**#**), так и совместно с криосредой (*****) (рис. 1).

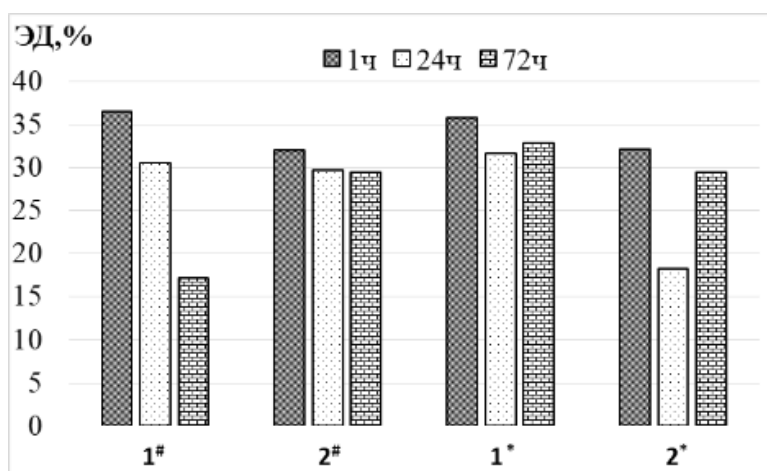


Рисунок 1 - Эффективность действия (ЭД, %) гидроксипроизводного халкона **1** и тролокса **2** при инкубировании с нативной спермой сибирского осетра – **1#** и **2#** и совместно с добавкой криосреды Штайна – **1*** и **2***.

На начальном этапе ПОЛ нативной спермы и с добавкой криосреды наибольшее антиоксидантное действие характерно для гидроксипроизводного халкона **1**. В присутствии криосреды ЭД халкона сохраняется в течение 72 ч, однако, при инкубировании спермы без криосреды, на отдаленном этапе ПОЛ его ЭД снижается в 2 раза. Для тролокса характерно лишь незначительное снижение ЭД в процессе ПОЛ нативной спермы, а в присутствии криосреды Штайна ЭД через 24 ч снижается почти в 2 раза, но на последующем этапе (72 ч) его эффективность восстанавливается. Таким образом, ингибирующая активность гидроксипроизводного халкона на среднем этапе процесса ПОЛ спермы сибирского осетра в присутствии криосреды Штайна значительно превышает эффективность действия реперного антиоксиданта тролокса.

Далее в работе исследовано влияние добавок соединений **1** и **2** на показатели активности половых клеток сибирского осетра (время движения и процент спермиев с поступательным движением) после этапа эквilibрации. В присутствии исследуемых соединений, как и в контрольном варианте без добавок, все спермии осуществляют поступательные движения. Важно отметить, что в присутствии криосреды время движения спермы увеличивается на 32 с, в сравнении со временем движения

нативной спермы, и составляет 385 с. Добавление потенциальных криопротекторов **1** и **2** способствует увеличению времени подвижности гамет до 423 и 425 с, соответственно.

Таким образом, исследована возможность использования в качестве протекторной добавки в базовую криосреду Штайна нового гидроксипроизводного халкона. На модельной системе длительно-протекающего процесса пероксидного окисления липидов спермы сибирского осетра без и с добавкой криосреды проведена оценка ингибирующей активности халкона в сравнении с водорастворимым аналогом витамина Е – тролоксом и показана их пролонгированная антиоксидантная активность. Изучено влияние данных соединений на показатели активности спермы сибирского осетра после этапа эквilibрации и установлено увеличение времени подвижности в присутствии тролокса и халкона. Полученные результаты позволяют рекомендовать N-(4-((Е)-3-[3,5-ди(*трет*-бутил)-4-гидроксифенил]-2-пропеноил}фенил)карбамат для дальнейшего исследования в качестве протекторной добавки в базовую криосреду Штайна при низкотемпературной консервации спермиев осетровых рыб.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Dhanasekar K., Selvakumar N, Munuswamy N. Cryopreservation of sperm in cobia, *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766) // *Aquaculture*, 2022. – No.557. – P. 738313.
2. Tiersch T.R. Process pathways for cryopreservation research application and commercialization. In: Green, C.C. (Ed.), *Cryopreservation in Aquatic Species*. World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA, USA, 2011. –646–671 p.
3. Perez-Cerezales S., Gutierrez-Adan A., Martínez-Paramo S., Beirao J., Herraез M.P. Altered gene transcription and telomere length in trout embryo and larvae obtained with DNA cryodamaged sperm // *Theriogenology*, 2011. – No.76 (7). – P. 1234–1245. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2011.05.028>.
4. Martinez-Paramo S., Diogo P., Dinis M.T., Herra ´ez M.P., Sarasquete C., Cabrita E. Incorporation of ascorbic acid and α -tocopherol to the extender media to enhance antioxidant system of cryopreserved sea bass sperm // *Theriogenology*, 2012. – No.77. – P. 1129–1136. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2011.10.017>.
5. Bansal A.K., Bilaspuri G.S. Impacts of oxidative stress and antioxidants on semen functions // *Vet. Med. Inter.*, 2011. – No.7. – P. 686137. <https://doi.org/10.4061/2011/686137>.
6. Lasso J.L., Noiles E.E., Alvarez J.G., Storey B.T. Mechanism of superoxide dismutase loss from human sperm cells during cryopreservation // *J. Androl.* 1994. – No.15. – P. 255–265. <https://doi.org/10.1002/J.1939-4640.1994.TB00444.X>.
7. Osipova V.P., Polovinkina M.A., Telekova L.R., Velikorodov A.V., Stepkina N.N., Berberova N.T. Synthesis and antioxidant activity of new hydroxyl derivatives of chalcones // *Russian Chemical Bulletin*, 2020. – No.69 (3). – P. 504-509. <https://doi.org/10.1007/s11172-020-2790-y>.
8. Ponomareva E.N., Bogatyreva M.M., Antonova N.A., Osipova V.P. Optimization of process of sturgeon sperm cryoconservation for using the different me- dium // *Proc. Samara Sci. Cent. RAS*, 2009. – No.11(2). – P. 132-134.
9. Kopeika E.F., Belous A.M., Pushkar N.C. Cryoconservation of Fish Sperm, Cryoconservation of Cells' Suspension // *Naukova Dumka*, Kiev, 1981.
10. Персов Г.М. Дозирование спермиев как способ управления оплодотворением яйцеклеток осетровых // *Доклады АН СССР*, 1953. – Т. 90. – № 6. – С. 1183-1185.
11. Строев Е.А., Макарова В.Г., Матвеева И.В., Практикум по биологической химии: Учебное пособие, Медицинское информационное агентство, Москва. 2012.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ №22-16-00095.

ПРИМЕНЕНИЕ АНТИОКСИДАНТОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ В КАЧЕСТВЕ КРИОПРОТЕКТОРОВ ПРИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОМ КОНСЕРВИРОВАНИИ РЕПРОДУКТИВНЫХ КЛЕТОК ОСЕТРОВЫХ РЫБ

¹Осипова В.П., ¹Коляда М.Н.

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

Аннотация. В работе представлены результаты исследования криопротекторной активности антиоксидантов нового поколения – гибридных мультифункциональных фенольных производных при низкотемпературной консервации репродуктивных клеток осетровых рыб. Показано, что добавка в базовую модифицированную криозащитную среду Штайна фосфорсодержащего стерически затрудненного фенола, пирролидиновых и тиацетамидных фенольных производных, позволяет повысить низкую криорезистентность спермиев осетровых: снижается уровень перекисидации липидов, улучшаются показатели подвижности клеток, повышается фертильность дефростированной спермы. Эффективность криопротекторного действия новых антиоксидантов, способных воздействовать на разные этапы и звенья окислительного криостресса, превышает активность известных антиоксидантов (ионол и тролокс).

Ключевые слова. Осетровые, репродуктивные клетки, криоконсервация, антиоксидант, перексидное окисление липидов.

APPLICATION OF NEW GENERATION ANTIOXIDANTS AS CRYOPROTECTORS IN LOW-TEMPERATURE PRESERVATION OF STURGEON REPRODUCTIVE CELLS

¹Osipova V.P., ¹Kolyada M.N.

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

Abstract. The paper presents the results of a study of the cryoprotective activity of a new generation of antioxidants – hybrid multifunctional phenolic derivatives during low-temperature preservation of sturgeon reproductive cells. It has been shown that the addition of phosphorus-containing sterically hindered phenol, pyrrolidine and thioacetamide phenolic derivatives to the basic modified Stein cryoprotective medium, makes it possible to increase the low cryoresistance of sturgeon sperm: the level of lipid peroxidation decreases, cell motility improves, and the fertility of defrosted sperm increases. The effectiveness of the cryoprotective action of new antioxidants that can affect different stages and links of oxidative cryostress exceeds the activity of known antioxidants (Ionol and Trolox).

Keywords. Sturgeon, reproductive cells, cryopreservation, antioxidant, lipid peroxidation.

Актуальным направлением в аквакультуре и в стратегии сохранения генетического биоразнообразия одного из старейших существующих семейств рыб – осетровых, находящихся под угрозой исчезновения, является криоконсервирование спермиев рыб. Несмотря на очевидные преимущества применения данного метода и длительную историю экспериментальных исследований [1], существующие технологии все еще недостаточно эффективны для рутинного применения и по-прежнему остаются, главным образом, экспериментальными разработками [2]. Низкая криорезистентность осетровых [3] обуславливает значительные повреждения репродуктивных клеток при криоконсервации, снижение фертильности дефростированной спермы.

В настоящее время установлено, что в основе деструктивного действия глубокого замораживания, помимо механического разрушения мембран, лежит внутриклеточная генерация активированных кислородных метаболитов (АКМ) [4]. Развивается окислительный стресс – состояние дисбаланса между образованием и утилизацией АКМ, что приводит к окислительному повреждению важных биомолекул, в том числе к перексидному окислению липидов [5], вызывает патологию сперматозоидов. Учитывая, что сперма рыб чувствительна к повреждению АКМ из-за высокого содержания полиненасыщенных жирных кислот в липидной структуре клеточных мембран [6], перспективным подходом к оптимизации методов криоконсервирования половых клеток гидробионтов

является добавление в базовые защитные среды соединений с антиоксидантной активностью. Для повышения криоустойчивости репродуктивных клеток осетровых исследовалась возможность применения таких известных антиоксидантов как аскорбиновая кислота, глутатион, производное серосодержащей аминокислоты цистеина, N-ацетилцистеин, ионол ((2,6-ди-*трет*-бутил-4-метилфенол), тролокс (водорастворимый аналог витамина E), лизин, глутамин, таурин, антиоксидантный фермент каталаза, а также композиции с антиоксидантным действием, например, аскорбиновая кислота с глутатионом или каталазой [7-9]. Однако, на сегодняшний день, проблема повышения криорезистентности спермиев рыб далека от разрешения.

В последнее время, кроме известных антиоксидантов при криоконсервации спермы осетровых изучались криопротекторные свойства новых гибридных мультифункциональных антиоксидантов, например, производных алкилированных фенолов, которые более эффективны, чем известные антиоксиданты, благодаря способности взаимодействовать с АКМ на различных стадиях окислительного процесса. Так, ранее нами для сперматозоидов белуги (*Huso huso Linnaeus*, 1758), русского осетра (*Acipenser gueldenstaedtii Brandt et Ratzeburg*, 1833) и севрюги (*Acipenser stellatus Pallas*, 1771) обнаружена криопротекторная активность 3,5-ди-*трет*-бутил-4 гидроксифенилметилendifосфоновой кислоты превышающая активность ионола и тролокса [10, 11].

Было показано, что добавка к сперме осетровых фосфорсодержащего стерически-затрудненного фенола в концентрации 0.1 мМ в присутствии модифицированной среды Штайна [12] значительно снижает уровень накопления вторичных продуктов перексидного окисления липидов спермы осетровых, реагирующих с тиобарбитуровой кислотой, увеличивает время подвижности и процент спермиев с поступательным движением, повышает фертильность спермиев. Для спермиев белуги установлена большая эффективность криопротекторного действия данного соединения по сравнению с половыми клетками русского осетра и севрюги [11]. Данный результат может быть связан с различиями в жирно-кислотном профиле липидов спермы различных видов осетровых [13], в активности природных антиоксидантных ферментов в сперме [4] и количестве митохондрий в половых клетках [14]. Обнаружена достоверная ($p < 0.001$) положительная корреляция ($r = 0.99$) между фертильностью спермиев исследуемых видов осетровых и процентом сперматозоидов с поступательным движением, значительная ($p < 0.001$) отрицательная корреляция между уровнем ПОЛ в спермиях осетровых и процентом сперматозоидов с поступательным движением ($r = -0.86$) и фертильностью ($r = -0.80$) спермиев осетровых рыб.

Повышение криорезистентности спермиев русского осетра установлено и при использовании синтетических фенольных соединений, содержащих как пирролидиновый [15], так и *орто*-тиоацетамидный фрагменты [16], при применении которых не только повышается подвижность спермиев рыб, но и снижается уровень перексидации липидов биомембран спермиев. Важно, что для тиоацетамидного фенольного производного также обнаружена антирадикальная активность в отношении супероксид анион-радикала – первоначальной реактивной формы кислорода, что свидетельствует о превентивной способности данного соединения в отношении радикальных окислительных процессов.

Таким образом, во всех исследованиях протекторной активности новых гибридных мультифункциональных антиоксидантов при криоконсервации спермиев осетровых установлена высокая эффективность их криопротекторного действия, превышающая активность таких известных фенольных антиоксидантов, как ионол и тролокс. Исходя из этого, можно заключить, что добавка антиоксидантов нового поколения в базовые криозащитные среды позволяет повысить резистентность спермиев осетровых к окислительному стрессу при низкотемпературной консервации, добиться значительного улучшения показателей качества дефростированной спермы рыб, которую можно использовать на рыбоводных предприятиях, для создания криобанков, сохраняющих генофонд ценного реликтового семейства рыб.

Список использованных источников

1. Sarasquete E.C., Martinez-Paramo S., Robles V., Beirao J., Perez- Cerezales S., Herraез M.P. Cryopreservation of fish sperm: applications and perspectives // J. Appl. Ichthyol., 2010. – No.26. – P. 623–635. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2010.01556.x>.
2. Исаев Д.А., Шафеи Р.А. Криоконсервация спермы осетровых рыб: текущее состояние и перспективы // Рыбоводство и рыбное хозяйство, 2016. – Т. 51, № 11. – С. 65 – 73.
3. Земков Г.В., Акимочкина Т.И. Цитоморфологические и функциональные изменения спермиев русского осетра (*Acipenser güldenshtädti* B.) после криоконсервации // Цитология, 2009. – № 11. – С. 945–952.
4. Shaliutina A., Hulak M., Gazo I., Linhartova P., Linhart O. Effect of short-term storage on quality parameters, DNA integrity, and oxidative stress in Russian (*Acipenser gueldenstaedtii*) and Siberian (*Acipenser*

baerii) sturgeon sperm // Anim. Reprod. Sci., 2013. – No.14. – P. 127–135. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anireprosci.2013.03.00.6>.

5. Cabrita E., Martínez-Páramo S., Gavaia P.J., Riesco M.F., Valcarce D.G., Sarasquete C., Herráez M.P., Robles V. Factors enhancing fish sperm quality and emerging tools for sperm analysis // Aquaculture, 2014. – No. 432. – P. 389–440. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.04.034>.

6. Figueroa E., Lee-Estevez M., Valdebenito I., Watanabe I., Oliveira R.P.S., Romero J., Farías J.G. Effects of cryopreservation on mitochondrial function and sperm quality in fish // Aquaculture, 2019. – No.511. – P. 634190. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.06.004>.

7. Sandoval-Vargas L., Silva Jiménez M., González J. Risopatrón, Villalobos E.F., Cabrita E., Valdebenito Isler I., Oxidative stress and use of antioxidants in fish semen cryopreservation // Reviews in Aquaculture, 2020. – P. 1–23. <https://doi.org/10.1111/raq.12479>.

8. Kovalev K., Dokina O., Pronina N., Balashov D., Krasilnikova A. Use of 2-aminoethanesulfonic acid (taurine) for cryopreservation and storage of Siberian sturgeon sperm, in: E3S Web Conf. 273, (2021) XIV International Scientific and Practical Conference “State and Prospects for the Development of Agribusiness - INTERAGROMASH 2021”, pp. 1–7. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127303010>.

9. Li P., Xi M.D., Du H., Qiao X.M., Liu Z.G., Wei Q.W. Antioxidant supplementation, effect on post-thaw spermatozoan function in three sturgeon species // Reprod. Domest. Anim., 2018. – No.53 (2). – P. 287–295. <https://doi.org/10.1111/rda.13103>.

10. Osipova V.P., Kolyada M.N., Berberova N.T., Milaeva E.R., Ponomareva E.N., Belaya M.M. Cryoprotective effect of phosphorous-containing phenolic anti-oxidant for the cryopreservation of beluga sperm // Cryobiology, 2014. – No.69. – P.467–472. <https://doi.org/10.1016/j.cryobiol.2014.10.007>.

11. Kolyada M.N., Osipova V.P., Berberova N.T., Milaeva E.R., Ponomareva E.N., Belaya M.M. Cryoprotective activity of phosphorus-containing phenol // Cryobiology, 2020. – No.96. – P.61–67 <https://doi.org/10.1016/j.cryobiol.2020.08.002>.

12. Ponomareva E.N., Bogatyreva M.M., Antonova N.A., Osipova V.P. Optimization of process of sturgeon sperm cryoconservation for using the different medium // Proc. Samara Sci. Cent. RAS, 2009. – No.11(2). – P. 132-134.

13. Kowalski R.K., Cejko B.I. Sperm quality in fish: determinants and affecting factors // Theriogenology, 2019. – No.135. – P.94–108. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2019.06.009>.

14. Psenicka M., Alavi S.M.H., Rodina M., Cicova Z., Gela D., Cosson J., Nebesarova J., Linhart O. Morphology, chemical contents and physiology of chondrosteian fish sperm: a comparative study between Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) and starlet (*Acipenser ruthenus*) // J. Appl. Ichthyol., 2008. – No.24. – P. 371–377. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2008.01139.x>.

15. Osipova V.P., Berberova N.T., Gazzaeva R.A., Kudryavtsev K.V. Application of new phenolic antioxidants for cryopreservation of sturgeon sperm // Cryobiology, 2016. – No.72. –P. 112–118. <https://doi.org/10.1016/j.cryobiol.2016.02.006>.

16. Осипова В. П., Антонова Н. А., Кудрявцев К. В., Берберова Н.Т. Исследование амидов 2-(2-гидроксифенилтио)уксусной кислоты в качестве протекторов базовых сред криоконсервации спермы осетровых рыб // Материалы Международной междисциплинарной науч.конф. «Биологически активные вещества и материалы: фундаментальные и прикладные вопросы получения и применения», 2013, с.35-36.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №22-16-00095.

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СОЛЕННОСТИ АЗОВСКОГО МОРЯ НА ПРОМЫСЛОВЫЕ ЗАПАСЫ ХАМСЫ, ТЮЛЬКИ И БЫЧКОВ

¹Попова С.Н., ²Байдук Е.А., ³Карасева А.Ю.

¹Азово-Черноморское территориальное управление Федерального агентства по рыболовству,
г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

²Донской государственной технической университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

³Министерство природных ресурсов и экологии Ростовской области, г. Ростов-на-Дону,
Российская Федерация

Аннотация. В данной статье приведен анализ состояния запасов объемов сырьевой базы хамсы, тюльки и бычков в акватории Азовского моря. Описано изменение показателей солености Азовского моря с 2016 по 2021 гг. Также в статье описан прогноз роста солености моря вследствие чего происходит уменьшение запасов промысловых видов рыб, привычных для данного водоема.

Ключевые слова. Соленость, Азовское море, промысел, рекомендованный вылов, водные биоресурсы.

FORECASTS OF THE STATE OF STOCKS OF AQUATIC BIOLOGICAL RESOURCES IN THE SEA OF AZOV

¹Popova S.N., ²Baiduk E.A., ³Karaseva A.Yu.

¹Azov-Chernomorsk Territorial Administration of the Federal Agency for Fisheries, Rostov-on-Don, Russian Federation

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

³Ministry of Natural Resources and Ecology of the Rostov Region, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract. This article provides an analysis of the state of reserves of the volumes of the raw material base of khamasa, tyulka and bullheads in the waters of the Sea of Azov. The change in the salinity indicators of the Sea of Azov from 2016 to 2021 is described. The article also describes the forecast of sea salinity growth, as a result of which there is a decrease in stocks of commercial fish species familiar to this reservoir.

Keywords. Salinity, Sea of Azov, fishing, recommended catch, aquatic biological resources.

Одной из приоритетных задач на сегодняшний день в нашей стране является развитие рыбохозяйственного комплекса, сырьевой основой которого являются промышленное рыболовство и товарное рыбоводство.

Рыбохозяйственный комплекс России – комплексный сектор экономики, который включает в себя различные виды деятельности, начиная от прогнозирования сырьевой базы отрасли и заканчивая организацией торговли рыбной продукцией в стране и за рубежом. В современном мире остро стоит проблема с запасами водных биологических ресурсов ввиду многочисленных факторов, таких как изменение гидрологического режима водоемов вследствие воздействия природных факторов (изменение климата, солености, температурный режим), а также вследствие воздействия хозяйственной деятельности человека (масштабное зарегулирование рек гидротехническими сооружениями, судоходство, сброс сточных вод без очистки и др.).

Азово-Черноморский рыбохозяйственный бассейн включает в себя Черное и Азовское моря с бассейнами впадающих в них рек и все водные объекты рыбохозяйственного значения Республики Адыгея, Республики Калмыкия (за исключением Каспийского моря с бассейнами впадающих в него рек), Карачаево-Черкесской Республики, Республики Крым, Краснодарского и Ставропольского краев, Волгоградской (бассейн реки Дон), Воронежской, Липецкой, Ростовской, Саратовской (бассейн реки Дон) и Тульской областей (бассейн реки Дон), города федерального значения Севастополя. Азово-Черноморский рыбохозяйственный бассейн богат рыбными ресурсами. Основными промысловыми видами являются сазан, лещ, судак, тарань, черноморские кефали, азовская хамса, камбала-калкан, черноморская килька, хамса [1].

Говоря о запасах объемов сырьевой базы в Азово-Черноморском рыбохозяйственном бассейне, складывается следующая ситуация. В 2022 году объем планируется в объеме более 123 тыс. тонн, из

них около 111 тыс. тонн рыбы и более 12 тыс. тонн — это водные беспозвоночные, водоросли и морские травы.

Одним из важных рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского рыбохозяйственного бассейна является Азовское море.

В Азовском море на 2022 год планируемый совокупный объем рекомендованного вылова (РВ) водных биоресурсов составляет около 723 тыс. тонн. Основу сырьевой базы Азовского моря составляют всего 3 вида морских рыб: хамса, тюлька, бычки. На их долю будет приходиться до 97,5 % от общей величины запасов.

Однако согласно многолетним исследованиям Азово-Черноморского филиала ФГБНУ ВНИРО (АзНИИРХ) в последние годы наблюдается увеличение солёности в акватории Азовского моря и Таганрогского залива, вследствие чего постепенно истощаются промысловые запасы и сокращается разнообразие видов водных биоресурсов [4].

Рекордное увеличение солёности Азовского моря наблюдается в период с 2019 по 2020 гг. — 0,89 ‰ в год. Данный показатель как мы можем наблюдать продолжает увеличиваться (рис. 1).

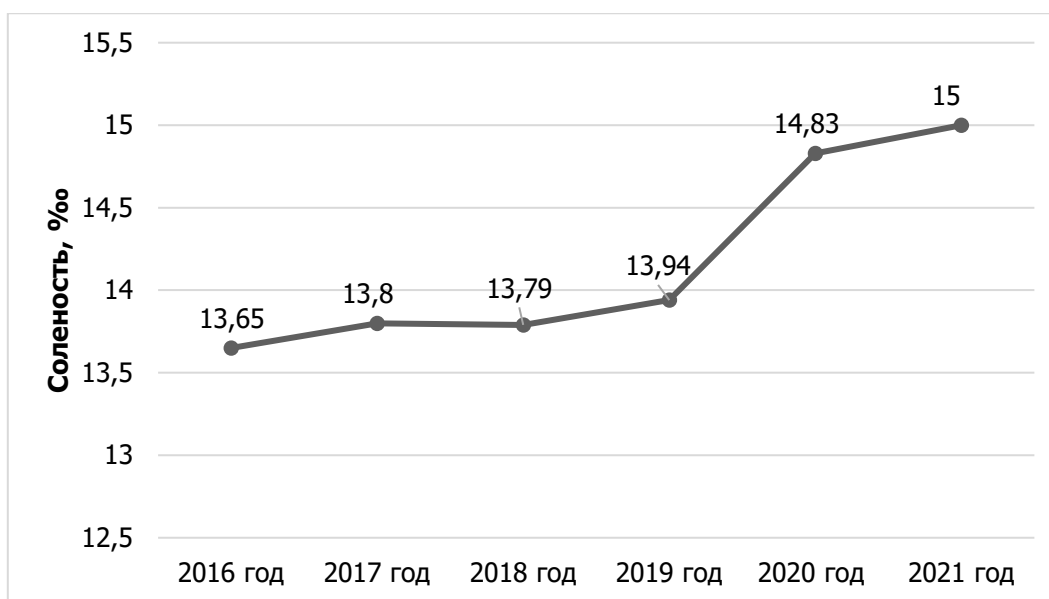


Рисунок 1 - Изменение показателей солёности в акватории Азовского моря

Если же сравнивать «скорость» осолонения Азовского моря в более ранние периоды с 1966 по 1978 и с 2006 по 2016 гг., преимущественно более высокие темпы прироста солёности (0,40 ‰ в год) отмечаются в современный период.

При таком значении солёности и ее постоянной изменяемости в большую сторону в акватории Азовского моря наблюдается истощение ихтиофауны, появляются акклиматизанты и вселенцы, увеличивается число морских видов рыб.

В акватории Азовского моря с 2000 по 2010 гг. промысловые запасы хамсы варьировались в пределах 55-175 тыс. тонн. В данный период были сформированы наиболее урожайные поколения. В 2011 году фактический запас азовской хамсы достиг максимальной величины и составлял 466 тыс. тонн. Однако с 2012 года отмечается постепенное снижение данных запасов вследствие низкой выживаемости поколений и к 2021 году этот показатель составлял всего лишь 80 тыс. тонн, что в 5,8 раз меньше показателя 2011 года [3].

Отрицательная динамика также прослеживается в показателях запаса тюльки. В среднем запасы тюльки составляли 200-230 тыс. тонн. Однако, в последнее время ввиду увеличения значений солёности Азовского моря и Таганрогского залива (основного района размножения тюльки) сокращается нерестовый ареал данного вида. В современный период тюлька является наименее эксплуатируемым видом из массовых морских рыб Азово-Черноморского бассейна. Состояние запасов и тюльки и хамсы в акватории Азовского моря напрямую зависит от климатических и гидрологических условий [2].

Бычки — третий по величине промысловый запас Азовского моря. Площади опресненных зон с оптимальными гидрохимическими условиями для воспроизводства бычков за последние три года сократились более чем в 6 раз. Вследствие чего с 2017 года промысловые запасы данного вида также продолжают снижаться.

Азово-Черноморский рыбохозяйственный бассейн обладает богатейшим разнообразием водных биологических ресурсов. Их запасы и освоение имеют большое социально-экономическое значение для регионов: это обеспечение населения регионов свежей и доступной рыбой, а также рабочие места. Однако наблюдается неутешительная динамика истощения запасов биоресурсов. Показатели солёности Азовского моря продолжают стремительно расти, промысловые запасы продолжают истощаться.

Последние несколько лет отмечается маловодье, одна из основных причин осолонения, улучшение ситуации, к сожалению, не прогнозируется, что в свою очередь будет продолжать влиять на уменьшение запасов промысловых видов рыб, привычных для данного водоема. Маловодные периоды влияют на изменения гидроэкологических условий водоемов [5]. С уменьшением объемов стока рек сокращается и степень разбавления загрязняющих веществ, что приводит к увеличению их концентрации. По причине низкого водообмена и уменьшению уровня воды сокращается количество растворенного кислорода в воде в результате чего и происходят ежегодные заморы в Азовском море. Помимо этого, в маловодные годы возрастает доля подземного питания рек, а, как известно, подземные воды гораздо более минерализованы. В итоге минерализация пресной воды возможно превысит предельно допустимые значения, вследствие чего не будет соответствовать питьевой.

Список использованных источников

1. Азово-Черноморское территориальное управление Федерального агентства по рыболовству / rostov-fishcom.ru [сайт]. – URL: http://rostov-fishcom.ru/ob_upravlenii/ [дата обращения: 02.08.2022].
2. Матишов Г.Г., Балыкин П.А., Лужняк В.А. и др. Современное состояние популяций промысловых видов рыб // Иктиофауна Азово-Донского и Волго-Каспийского бассейнов и методы ее сохранения / Отв. ред. Матишов Г.Г. Ростов-на-Дону: ЮНЦ РАН, 2009. С. 106-108.
3. Современные рыбные ресурсы и аквакультура в Азово-Черноморском бассейне: Сб. совместных публикаций сотрудников ЮНЦ РАН и ДГТУ / Под общей редакцией Г. Г. Матишова, Б. Ч. Месхи, И. В. Карманова (отв. ред.). – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2020. – 420 с.
4. Состояние сырьевой базы в Азово-Черноморском рыбохозяйственном бассейне в 2013 г. и её использование промыслом / У. Н. Александрова, А. С. Игнатенко, О. А. Перевалов [и др.] // Труды ВНИРО. – 2016. – Т. 160. – С. 12–25.
5. Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2015 году» / Ред. Парахин С.А. и др. Ростов-на-Дону: О

ИЕРСИНИОЗ У РЫБ СЕМЕЙСТВА ЛОСОСЕВЫХ

¹Решетникова О.В., ¹Сбойчаков В.Б., ²Панин А.Л., ²Краева Л.А.

¹Лужский институт (филиал) ГАОУ ВО ЛО «Ленинградский государственный университет им. А.С. Пушкина», г. Луга, Российская Федерация

²Федеральное бюджетное учреждение науки «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии им. Пастера» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека

Аннотация. В статье раскрыты особенности протекания иерсиниоза у рыб семейства лососевых, в частности – форели. Детально описана этиология этой болезни и методы современной лабораторной диагностики. Рассмотрены последние научные разработки по *Y. ruckeri*, включая современное распространение, диагностику и методы борьбы с иерсиниозом.

Ключевые слова. Иерсиниоз, *Yersinia ruckeri*, рыбы семейства лососевых, форель, этиология, лабораторная диагностика, профилактика.

YERSINIOSIS IN FISH OF THE SALMON FAMILY

¹Reshetnikova O.V., ¹Sboichakov V.B., ²Panin A.L., ²Kraeva L.A.

¹Head Department, Luga Institute (branch) State Autonomous Educational Institution of Higher Education of the Leningrad Region «Pushkin Leningrad State University», Luga, Russian Federation, 188230 Volodarsky Street, 52, lit. A

²Saint-Petersburg Pasteur Institute of Epidemiology and Microbiology Saint Petersburg, Russian Federation, 197101 Meera Street, 14, lit. A

Abstract. The article reveals the features of the course of yersiniosis in fish of the salmon family, in particular, trout. The etiology of this disease and methods of modern laboratory diagnostics are described in detail. The latest scientific developments on *Y. ruckeri*, including the modern distribution and diagnosis and methods of combating yersiniosis, are considered.

Keywords. Yersiniosis, *Yersinia ruckeri*, salmon fish, trout, etiology, laboratory diagnostics, prevention.

Рыба может рассматриваться как настоящая кладезь питательных веществ, а именно - белка, жирных кислот, витаминов, минералов и микроэлементов. Сегодня аквакультура может рассматриваться как весьма перспективное производство продуктов питания. Серьезным препятствием на этом пути являются эпизоотии среди рыб, что существенно тормозит индустрию аквакультуры. Наиболее частыми объектами аквакультуры в России являются холодноводные рыбы семейства лососевых, в частности, - радужная форель (*Oncorhynchus mykiss*). Эта рыба быстро растет и нетребовательна к условиям культивирования.

На первом месте среди эпизоотий стоит иерсиниоз или кишечная красноточная болезнь, болезнь Редмута (ERM, Enteric redmouth). Это одно из наиболее частых заболеваний лососевых. Заболевание вызывается *Yersinia ruckeri*, грамтрицательной палочковидной бактерией, которая была впервые выделена из радужной форели в США [19]. В настоящее время эта болезнь встречается на всем американском континенте, а также в Европе, Австралии, Южной Африке, на Ближнем Востоке и в Китае. Отечественными авторами *Y. ruckeri* выделены от карпов, разводимых в прудовых хозяйствах на юге России [6]. Иерсиниозом заболевают все виды рыб семейства лососевых (горбуша, чавыча, кижучи, кумжа, нерка и другие), ленский осетр, что приводит к гибели от 25 до 50 %, а в отдельных случаях - и до 85 % рыб. Однако радужная форель особенно восприимчива к ERM. Кроме того, *Y. ruckeri* была выделена помимо рыб и у других животных (ондатра, пустельга, морские чайки, черепахи) и людей [22].

В России штамм *Y. ruckeri* впервые выделен при проведении бактериологического исследования из испражнений гастроэнтерологического больного, у которого отсутствовала соматическая патология, имеющего отрицательные результаты обследования на вирусные и бактериальные инфекции. Характерным для *Y. ruckeri* является отсутствие фермента уреазы, вследствие чего колонии на

элективных питательных средах не окрашивались в сине-зеленый цвет, как у других иерсиний. Дальнейшие исследования методом MALDI ToFMS и определение биохимической активности с использованием тест-системы API 20E показали, что бактерии относятся к виду *Y. ruckeri*. В качестве дополнительного метода определения родовой и видовой принадлежности исследуемого штамма применяли секвенирование гена 16SpPHK.

Есть публикация о выделении *Y. ruckeri* из раневого отделяемого человека после травмы, полученной во время купания [16]. Являясь абсолютным патогеном для лососевых и других рыб, часто употребляемых в пищу человеком не только в термически обработанном, но и сыром виде, ставит вопрос об их возможной этиологической значимости [2].

Исследования, проведенные в водоемах, расположенных на территории Финляндии, показали, что микроорганизмы были выделены у диких рыб (окуня, плотвы, сига), и искусственно выращиваемых (сиг, лосось). Было установлено, что штаммы микроорганизмов, выделенные из рыб, обитаемых во внутренних водоемах, были менее патогенными, чем из рыб, обитаемых в открытом море. Заражение рыб может происходить при прямом контакте особей, а также распространяться через воду. На заболеваемость оказывают влияние условия содержания: их ухудшение приводит к тому, что бактерия начинает выделяться в больших количествах с фекалиями рыб. Рыбы, обитающие в естественных природных условиях являются переносчиками бактерий, поддерживая уровень заболеваемости и усложняя борьбу с эпизоотиями [10].

У рыб, пораженных иерсиниозом, нарушается в начальной стадии болезни координация движений, которое проявляется в том, что рыба плавает по кругу, а также наблюдается отставание в росте и развитии, что приводит к потере живой массы. В дальнейшем увеличивается размер головы, поражаются челюсти, основания плавников, появляются эрозии во рту («красный рот»). Если заболевание протекает молниеносно, в этом случае клинические признаки не успевают развиваться. Иерсинии, из кишечника экспериментально зараженных особей, выделяются в течение 100 дней. Болезнь может поражать рыб всех возрастов, но более остро проявляется у молоди (мальков и сеголетков). Старые и крупные рыбы болеют хронически. Другие признаки заболевания включают экзофтальмию и потемнение кожи, а также подкожные кровоизлияния во рту и горле и вокруг них, что и дало этому заболеванию его общее название. Во внутренних органах больных рыб наблюдаются точечные кровоизлияния на поверхности печени, поджелудочной железы, пилорической слепой кишки, плавательного пузыря и в боковых мышцах. Селезенка увеличена в размерах, становится почти черного цвета, нижняя часть кишечника краснеет, заполнена непрозрачной желтоватой жидкостью.

Знаменательна история открытия *Y. ruckeri*. До её описания науке были известны только три вида иерсиний, которые оставили глубокий след в древней и современной истории человечества - *Y. pestis*, *Y. pseudotuberculosis* и *Y. enterocolitica*. Изучение возбудителя болезни «красного рта» форели показало высокую гомологию его ДНК и ДНК *Y. enterocolitica* [14]. *Y. Ruckeri* имеет 3,7 Мб генома с соотношением G + C ~ 47 %. Данные исследования позволили в 1978 году W.H. Ewingetal включить эти бактерии в род *Yersinia* под названием *Y. ruckeri* [17]. В род *Yersinia* сейчас входит более 20 видов бактерий. В соответствии с современной классификацией *Yersinia ruckeri* относится к роду *Yersinia*, в самостоятельном семействе *Yersiniaceae*, порядок *Enterobacteriales* [13]. Тем не менее, многие исследователи до сих пор включают род *Yersinia* в семейство энтеробактерий.

Представители *Y.ruckeri* имеют факторы патогенности, обладают способностью к биопленкообразованию [21]. Штаммы *Y. ruckeri* классифицируют на серовары, биовары по типу белков внешней мембраны. Подавляющее большинство эпизоотий у лососевых вызывается сероваром O1a. Штаммы *Y. ruckeri* подразделяются на два биовара. Штаммы биовара 1 положительны по подвижности и секреции липазы, тогда как штаммы биовара 2 отрицательны по обоим тестам. Бактериальные клетки используют ворсинки либо жгутики для перемещения по поверхности, чтобы соединиться с другими бактериями и сформировать микроколонию [11].

Высокая степень экспрессии жгутиковых белков является фенотипической характеристикой бактерий, связанной с высокой адгезивностью, и необходима для инициирования развития биопленок. В настоящее время признано, что образование биопленок является важной особенностью выживания бактерий на поверхностях и в отложениях в водной среде. Возможно образование биопленки на твердых носителях, что часто встречается в аквариумах рыбоводных ферм. Эти биопленки являются источником рецидивирующей инфекции на заводах радужной форели. Распространение *Y. ruckeri* может быть связано с предполагаемыми переносчиками, к которым относятся водные беспозвоночные и птицы [1, 8].

Бактерии иерсинии имеют палочковидную форму, перетрихальные жгутики, грамтрицательные, спор и капсул не образуют. Оптимальная температура их жизнедеятельности 28±2 °С, однако характерными особенностями этих микроорганизмов являются их психрофильность и выраженная термотолерантность, они способны расти и размножаться в широком диапазоне температур от +4 до +42 С. Как и у всех иерсиний, подвижность проявляется в условиях

культивирования при температуре ниже 30 °С. Питательные среды, на которых культивируют иерсинии разнообразны, от обычных питательных сред (МПА, СИН-агар, среда Эндо), до сред с обедненным составом (пептонная вода), голодных (фосфатно-буферный раствор), синтетических средах, так как отличаются неприхотливостью к питательным веществам, что позволяет отнести их к прототрофам [9, 12].

К высокой температуре иерсинии чувствительны: погибают в течение нескольких секунд при 100 °С, способны выживать при температуре 50 – 60 °С до получаса. При низких температурах переносят большие концентрации раствора хлорида натрия (до 10 %). На иерсинии оказывает действие солнечное излучение: в течение 30 мин они погибают при прямом солнечном свете, и через 6-8 ч – при рассеянном. Все иерсинии чувствительны к высушиванию, погибают на открытых поверхностях в течение нескольких дней. Во влажной среде и невысокой температуре (14-18 °С) бактерии выживают более длительно. Влияние на жизнеспособность иерсиний оказывает концентрация водородных ионов среды (рН): в среде с рН 3,6 и ниже отмечается быстрое снижение числа жизнеспособных клеток, среда с рН 4,8 и выше благоприятна для роста иерсиний. Гибель иерсиний вызывают дезинфицирующие вещества и антисептики в стандартных разведениях (растворы хлорамина, перманганата калия, пероксида водорода, этиловый спирт) [9, 12].

Иерсиниозы относятся к сапрозоонозам - группе инфекций, возбудители которых обладая двойственной, сапрофитной и паразитической, природой, тесно связаны как с окружающей средой, так и с организмом теплокровных. Между этими экологическими нишами осуществляется непрерывная циркуляция возбудителя. Благодаря высокой экологической пластичности, иерсинии являются убиквитарными микроорганизмами. Они способны длительно сохраняться в окружающей среде, при этом их отличает полигостальность - широкий круг потенциальных хозяев в почвенных, водных, наземных экосистемах, где в процесс циркуляции микроба вовлекаются разнообразные простейшие, беспозвоночные, позвоночные животные, растения. Характерная особенность возбудителей иерсиниозов – психрофильность. Это способствует их длительному существованию в воде или почве, которые являются промежуточными факторами передачи [7, 9].

Исследования на иерсиниоз в условиях лаборатории состоят из следующего алгоритма последовательных этапов, которые включают индикацию, идентификацию, видовую дифференциацию иерсиний с использованием комплекса диагностических методов. Бактериологические методы включают: отбор и посев проб, выделение «чистой» культуры, изучение морфологии колоний, микроскопию выросших микроорганизмов, биохимическую идентификацию с использованием тест-систем биохимического типирования. Высев со среды накопления на дифференциально-диагностические питательные среды с повторным исследованием методом полимеразной цепной реакции [4, 9, 20].

Для последующей идентификации и видовой дифференциации выделенных культур используют метод MALDI-ToF масс-спектрометрии и тесты для определения биохимической активности, серотипа, маркеров патогенности. Спектры собираются в автоматическом режиме с использованием программы Flex Control при функционировании прибора в линейном позитивном режиме с необходимыми параметрами. Анализ спектров и идентификация микроорганизмов проводится с использованием программного обеспечения MALDI Biotyper 3.0. Заключение о таксономической принадлежности микроорганизма осуществляется на основании значения индекса совпадения (SV). Значение $SV > 2,3$ соответствует достоверной идентификации до вида; $SV < 2,299$, но $> 2,000$ – достоверной идентификации до рода, вероятной идентификации до вида; значение SV в диапазоне 1,7 – 1,999 рассматривается как вероятная идентификация до рода, и менее 1,7 – как недостоверный результат [3].

Высокая контагиозность и смертность рыб при иерсиниозе обуславливают необходимость разработки экспресс-методов диагностики с целью быстрого и своевременного принятия карантинных мер и профилактических мероприятий. Одним из таких методов является иммуноферментный анализ (ИФА). Отличительной особенностью ИФА является высокая чувствительность и специфичность, коррелирующие с результатами, полученными при использовании других серологических методов, а также широкое распространение специального оборудования, позволяющего почти полностью автоматизировать процесс выявления антигенов иерсиний [5].

Меры профилактики иерсиниоза следующие: 1) неспецифическая профилактика, основанная на предупреждении проникновения инфекции в другие хозяйства, строгом соблюдении рыбоводно-мелиоративных и ветеринарно-санитарных требований; 2) этиотропная терапия (используют антибиотики) или комбинированная терапия (сульфамеразин с тетрациклином в течение 10 дней, профилактически — курсом в 5 дней).

3) превентивная терапия, основанная на использовании специфических желточных иммуноглобулинов (IgY). Скармливание рыбам этого биологического препарата приводило к

незначительному снижению смертности, однако, тот же препарат, введенный внутривентрально до помещения рыб в воду оказался более эффективным в отношении радужной форели [18].

4) специфическая профилактика (вакцинация), основана на стимуляции иммунной системы рыб. В вакцине используют одновалентные, инактивированные цельноклеточные суспензии *Y. ruckeri* серовара O1 биовара 1, которые можно вводить рыбам погружением в воду, содержащую вакцину, инъекцией или даже перорально [15].

Иммунная система у молодых рыб развита слабо, поэтому вакцинацию радужной форели проводят для рыб массой тела не менее 2–4 г. Наилучшие результаты получаются при индивидуальном введении вакцины в тело рыбы, но при работе с рыбой малых размеров эту процедуру проводить сложно. Массовую вакцинацию рыб можно проводить путем их погружения в воду с вакциной.

Список использованных источников

1. Афанасьев М.В., Миронова Л.В., Басов Е.А., Остяк А.С. и др. MALDI-ToF масс-спектрометрический анализ в ускоренной идентификации микроорганизмов рода *Vibrio* // Молекулярная генетика, микробиология и вирусология. - № 3. - 2014. – С. 22-29.
2. Богумильчик Е.А., Кокорина Г.И., Зуева Е.В., Поутонен Т.Б. и др. Выделение *Yersinia ruckeri* от человека // Материалы IV национального конгресса бактериологов и международного симпозиума «Микроорганизмы и биосфера «Microbios-2018». – Омск:, 2018. - С. 15.
3. Богумильчик, Е.А. Профили масс-спектров бактерий рода *Yersinia* близкородственных *Yersinia enterocolitica* видов для MALDI ToF масс-спектрометрии: база данных / Е.А. Богумильчик [и др.]. - М., 2018. – Зарегистр. в Гос. реестре баз данных 17.12.2018, № 2018622063.
4. Ваганова, А.Н. Разработка методики выявления генетических маркеров *Ureaplasma diversum* методом полимеразной цепной реакции в реальном времени: автореферат дис. ... кандидата биологических. - СПб.:, 2019. - 23 с.
5. Дрошнев А.Е., Завьялова Е.А., Богданова П.Д., Гулюкин М.И. Способ серологической диагностики йерсиниоза лососевых рыб, вызываемого *Yersinia ruckeri*, методом иммуноферментного анализа и диагностический набор для осуществления способа: патент на изобретение / Дрошнев А.Е., Завьялова Е.А., Богданова П.Д., Гулюкин М.И. – М.:, 2006. - Зарегистр. в Гос. реестре изобретений РФ 10.01.2006, RU № 2 595 883 С1.
6. Казарникова, А.В. Выделение и характеристика *Yersinia ruckeri* при гибели карпов прудах на юге России / А.В. Казарникова [и др.] // Ветеринария, - 2017. - № 8. - С. 19-28.
7. Литвин, В.Ю. Сапронозы как природно-очаговые болезни / В.Ю. Литвин, Г.П. Сомов, В.И. Пушкарева // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. - 2010. - Т. 1, № 50. - С. 10-16.
8. Миронова Л.В. Научное обоснование совершенствования подходов к идентификации и молекулярному типированию *Vibrio cholerae* в системе микробиологического мониторинга: автореферат дис. ... доктора медицинских наук. - Иркутск, 2017. - 46 с.
9. Организация и проведение лабораторных исследований на иерсиниозы на территориальном, региональном и федеральном уровнях: методические указания МУК 4.2.3019-12 / Е.Б. Ежлова [и др.]. - М.: Изд-во ФГУЗ «ФЦГЭ Роспотребнадзора», 2012. – 60 с.
10. Пекарская Н.П., Семанин А.Г., Золотухин С.Н. Иерсиниоз у рыб лососевых пород // Современные проблемы и перспективы агропромышленного комплекса Сибири (сборник трудов конференции). – М.:, 2017. - С. 157-159.
11. Софронова О.Н. Микробиологические и экологические особенности штаммов иерсиний, циркулирующих на территории Якутии: автореф. дис. ... канд. мед. наук – М.:, 2000. - 23 с.
12. Шубин Ф.Н., Раков А.В., Кузнецова Н.А. и др. Микробиологический молекулярно-генетический мониторинг за возбудителями кишечных инфекций как составная часть эпидемиологического надзора // Бюллетень СО РАМН, том 31, № 4. - 2011. – С. 99-105.
13. Adeolu M., Alnajjar S., Naushad S.R. // Int. J. Syst. t. Evo. I Microbiol. – 2016. – Vol. 66, № 12. – P. 5575-5599. doi: 10.1099/ijsem.0.001485.
14. Brenner, D.J., Steigerwalt, A.G., Falcao, D.P., Weaver, R.E., Fanning, G. R. Characterization of *Yersinia enterocolitica* and *Yersinia pseudotuberculosis* by deoxyribonucleic acid hybridization and by biochemical reactions. International Journal of Systematic Bacteriology – 1976. Vol. 26. – P. 180–194.
15. Busch R.A. Protective vaccines for mass immunization of trout // Salmonid. – 1998. - Vol. 1. – P. 10–22.
16. De Keukeleire, S. *Yersinia ruckeri*, an unusual microorganism isolated from a human wound infection / S. De Keukeleire S. // New Microbes New Infect. – 2014. - Vol. 2, № 4. - P. 134-135. doi: 10.1002/nmi2.56.
17. Ewing, W.H., Ross, A.J., Brenner, D.J., Fanning, G.R. "*Yersinia ruckeri* sp. nov., the redmouth (RM) bacterium." International Journal of Systematic Bacteriology – 1978. Vol. 28. – P. 37-44.

18. Lee S.B., Mine Y., Stevenson R.M. Effects of hen egg yolk immunoglobulin in passive protection of rainbow trout against *Yersinia ruckeri* // J. Agric. Food. Chem. – 2000. - Jan; 48 (1). - P. 110-5. doi: 10.1021/jf9906073. PMID: 10637061.
19. Ross A.J., Rucker R.R., Ewing W.H. Description of a bacterium associated with redmouth disease of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). – 1996. - Can. J. Microbiol. – Vol. 12, № 1. - P. 763–770.
20. Tan L.K. Evaluation of a modified Cefsulodin-Irgasan-Novobiocin agar for isolation of *Yersinia* / L.K. Tan, P.T. Ooi, E. Carniel, K.L. Thong // PLoS One. – 2014. - Vol. 9, № 8. – 9 p. doi: 10.1371/journal.pone.0106329.
21. Tobback E. *Yersinia ruckeri* infections in salmonid fish / E. Tobback[et al.] // J Fish Dis.– 2007. - Vol. 30, № 5. – P. 257-68.
22. Willumsen B. Birds and wild fish as potential vectors of *Yersinia ruckeri* // J. Fish. Dis. –1989. - Vol. 12. – P. 275-277.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА КОМБИКОРМА ИЗ МНОГОЛЕТНИХ ЗЕРНОВЫХ КОЛОСОВЫХ КУЛЬТУР ДЛЯ АКВАКУЛЬТУРЫ

¹Рудой Д.В., ¹Мальцева Т.А., ¹Саркисян Д.С.

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

Аннотация. В данной статье рассмотрена технология производства комбикорма из многолетних зерновых колосовых культур для аквакультуры, в частности для прудового карпа. Предложена рецептура и технологические параметры приготовления комбикорма для карпа с применением многолетних зерновых колосовых культур в качестве альтернативы однолетней пшенице.

Ключевые слова. Зерно, пшеница, многолетние культуры, Трититригия, Сизый пырей, комбикорма.

ANALYSIS OF METHODS OF CONSERVATION OF WHEAT GRAIN IN THE EARLY STAGES OF RIPENESS

¹Rudoy D.V., ¹Maltseva T.A., ¹Sarkisian D.S.

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

Abstract. This article discusses the technology for the production of feed from perennial cereal crops for aquaculture, in particular for pond carp. The use of perennial grain crops as an alternative to annual wheat in the compound feed formula is proposed.

Keywords. Grain, wheat, Perennial grain crops, Triticaria, Gray wheatgrass, compound feed.

Введение. Комбикормовая промышленность – это небольшая часть огромной системы отраслей промышленности Российской Федерации, её доля в промышленном производстве составляет 1,2 %. Задача комбикормовой промышленности – обеспечить животных всех видов и возрастных групп полноценным кормом. Согласно постановлению Правительства Российской Федерации от 25 августа 2017 г. № 996, одним из приоритетных направлений развития сельского хозяйства в России являются создание и внедрение до 2026 года конкурентоспособных отечественных технологий производства высококачественных кормов, кормовых добавок для животных и лекарственных средств для ветеринарного применения в соответствии с Федеральной научно–технической программой развития сельского хозяйства на 2017–2025 годы [1].

Мировой объем комбикормовой продукции с каждым годом растет. Мировое производство комбикормов по сравнению с 2020 годом возросло на 1 % и составило 1187,7 млн т. В последнее десятилетие рынок комбикормов демонстрирует устойчивую положительную динамику. Средние ежегодные темпы прироста производства составляют 6,7 %. Всего по итогам 2021 года в России было произведено 33 млн. т. комбикормов, что выше показателя предыдущего года на 1,4 %. Это связано прежде всего с увеличением численности населения планеты и увеличением спроса на продукты животного происхождения. Наряду с увеличением объема производства кормов, повышаются и цены на них [2]. В связи с этим, увеличение объемов кормового сырья является актуальной задачей.

Рыбоводство как источник высококачественной пищевой продукции занимает все более важное значение в мире и может успешно конкурировать с животноводством. Обе эти отрасли сельского хозяйства дают продукцию с близкими диетическими свойствами. Среднее содержание съедобной части у карпа – 49,8 % общей массы тела, содержание съедобного белка – 8,7 %. Важнейшими объектами отечественной аквакультуры является карп (*Cyprinus carpio*). Карповые требуют определенного количества питательных веществ, поступающих в комбикорм для удержания постоянной массы. Такая минимальная потребность в питательных веществах, которая нужна для поддержания постоянной массы тела и работы внутренних органов, при определенной температуре воды называется потребностями для поддержания жизни рыбы и зависит от питательности комбикорма, температуры воды и содержания в ней растворенного кислорода [3]. Комбикорма для рыб должны соответствовать требованиям ГОСТ 10385–2014 Комбикорма для рыб и вырабатываться в соответствии с правилами организации и ведения технологических процессов производства продукции комбикормовой промышленности или технологическим регламентом (инструкцией, стандартом организации и др.), с

соблюдением ветеринарных и санитарных правил, действующих на территории государства, принявшего стандарт [4]. В таблице 1 приведен рецепт комбикорма для карпа, выращиваемого в прудах [5].

Таблица 1 – Рецепт комбикорма для прудового карпа 16–82

Наименование компонентов	Количественное содержание, %
Шрот соевый	15
Шрот подсолнечный	15
Ячмень	15
Пшеница	15
Мука рыбная	5
Дрожжи гидролизные	5
Мука мясокостная	6
Мел	1
Фосфат неорганический	1
Соль поваренная	1
Премикс П–2–1, П–5–1	1
Овес	10
Мука травяная	5
Масло растительное	5

Обоснование и разработка нового рецепта. В качестве сырья для производства комбикормов могут быть использованы многолетние зерновые культуры, такие как многолетняя озимая пшеница (трититригия) сорт «Памяти Любимовой» и Пырей сизый сорт «Сова», представленные на рисунке 1. Особенностью данных культур является отрастание зеленой массы после уборки основного урожая. Зеленая масса содержит витамины, макро – и микроэлементы, которые необходимы в кормлении животных. Многолетняя озимая пшеница (трититригия) сорт «Памяти Любимовой» обладает более высоким содержанием белка - свыше 18 %. В сравнении с однолетней пшеницей, среднее содержание белка в которой варьируется от 10 % до 14 %.



Рисунок 1 – Образцы пшеницы
 а) однолетняя озимая пшеница; б) пырей сизый сорт «Сова»;
 в) многолетняя озимая пшеница (трититригия) сорт «Памяти Любимовой»

Для повышения качества комбикормов, в частности повышения количества незаменимых аминокислот, целесообразно заменить зерно однолетней озимой пшеницы на зерно многолетних культур – многолетнюю озимую пшеницу (трититригия) сорт «Памяти Любимовой» и Пырей сизый сорт «Сова». Данные культуры составляют конкуренцию однолетним культурам:

- во-первых, многолетние культуры высеивают раз в 3 года, что уменьшает энергозатраты на обработку почвы и посев;
- во-вторых, многолетние культуры зимо- и засухоустойчивы, при неблагоприятных условиях перезимовки корневая система и узел кущения сохраняют жизнеспособность;
- в-третьих, более устойчивы к болезням и вредителям [6].

Одной из особенностей новых многолетних зерновых колосовых культур, таких как Трититригия и Сизый пырей, является интенсивное отрастание новых побегов после созревания и уборки зерна, что

позволяет при благоприятных условиях, получать за вегетационный период, как урожай зерна, так и зеленой массы.

Уборка данных многолетних зерновых культур предполагается на ранних стадиях созревания методом очеса. В основу метода очеса положен принцип отрыва колоса от стебля растения барабаном с гребенками. При очесе убирается преимущественно зерновая часть урожая, что можно наблюдать на рисунке 2. Такой метод позволяет снизить травмируемость зерна, производительность машин возрастает от 1,5 до 1,7 раз, и от 35 % до 50 % процентов сокращается расход топлива за счет отсутствия операции кошения. Метод очеса осуществляется за счет применения очесывающих жаток, которые агрегируются с комбайном [7].



Рисунок 2 – Уборка методом очеса
а) до уборки; б) после уборки

Зерновое сырье в данном случае не подвергается очистке, т.к. убрано методом очеса и не содержит минеральных примесей. С целью повышения усвояемости зерновой массы, убранной на ранних стадиях спелости, предполагается его экструдировать. Помимо повышения питательной ценности, уменьшаются энергозатраты за счет отсутствия операции разделения вороха на зерновую и не зерновую части.

Обоснование технологии производства комбикорма. В рецептуре комбикорма, представленной в таблице 1, предлагается заменить зерно пшеницы на зерновой ворох многолетней зерновой пшеницы ранних фаз спелости. Начальная влажность поступившего зернового вороха пшеницы ранних фаз спелости составляет 60 %.

Зерно на ранних стадиях спелости подвергается сушке до массовой доли влаги 18 % с последующим измельчением. Процесс сушки осуществляется с целью повышения сохранности продукта и для предотвращения налипания высоковлажного зернового материала на рабочие органы молотковой дробилки в процессе измельчения.

Высушенный и измельченный зерновой ворох подвергается экструдированию при температуре 120-200 °С и давлении 3-5 МПа. Влажность экструдата должна составить менее 14 %. После идет охлаждение экструдата до температуры 50 °С [8].

Поваренная соль и мел кормовой измельчается. Мел подлежит сушке с целью улучшения технологических свойств, если его влажность превышает 10 %.

К важнейшим процессам, проводимым на комбикормовых заводах, следует отнести дозирование и смешивание входящих в состав комбикорма разных компонентов, обладающих различными физико-механическими и химико-биологическими свойствами.

При неправильном дозировании нарушается установленное рецептом процентное соотношение компонентов в комбикормах и качество их снижается. Таким образом, процесс дозирования является главной технологической операцией производства комбикормов.

Компоненты комбикорма и белково-минеральная смесь после дозирования в соответствии с заданным рецептом смешиваются в смесителях для получения однородной смеси с показателем не менее 75 %.

Гранулирование комбикорма осуществляется на установке, в состав которой входят пресс-гранулятор, охладитель, сепаратор. Одновременно в смеситель-пропариватель вводится подогретое масло подсолнечное в соответствии с «Технологической инструкцией по вводу жидких видов сырья в комбикорма».

Прессование комбикорма для прудового карпа в гранулы осуществляют на кольцевых матрицах с отверстиями 3,2 мм. Режим работы установки для гранулирования должен обеспечить получение гранул, удовлетворяющих требованиям нормативной документации.

Температура поступающих гранулированных комбикормов не должна превышать температуру окружающей среды более, чем на 10 °С, а влажность гранул составлять не более 12 %. Гранулы

диаметром 3,2 мм после охлаждения просеивают для качественного отделения мучнистых частиц. Полученный гранулированный комбикорм разгружают в силосный корпус готовой продукции.

Выводы. Поиск новых высокоценных кормовых добавок является актуальной задачей сегодняшнего дня. Масштабное применение многолетних зерновых колосовых культур позволит улучшить качество отечественных комбикормов, расширить и укрепить кормовую базу. Разработанная технология приготовления комбикормов с кормовой добавкой из зернового вороха пшеницы ранних фаз спелости может быть применима для всех категорий комбикормов [9].

Список использованных источников

1. Федоренко В.Ф., Мишуров Н.П., Давыдова С.А., Лозовский А.Р. Анализ состояния и перспективы развития производства комбикормов и кормовых добавок для животноводства: науч. аналит. обзор. – М: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 88 с.

2. Сметанина Л.Б., Бабурина М.И., Анисимова И.Г. Состояние российского рынка кормов для непродуктивных животных // Журнал Все о мясе. 2009. №3. 3. ГОСТ Р 53903–2010 «Кукуруза кормовая. Технические условия». Дата введения 2011–07–01. – М.: Стандартинформ, 2011г.

3. Ласзло Хорват, Жизелла Тамас, Андре Г. Кош, Ева Ковакс, Томас Мот Поулсен, Андрас Воинарович. 2018. Искусственное воспроизводство карповых видов рыб. ФАО Будапешт. 40 с.

4. Правила организации и ведения технологического процесса производства продукции комбикормовой промышленности. Воронеж 1997.

5. Пономарев, С. В. Индустриальное рыбоводство: учебник / С. В. Пономарев, Ю. Н. Грозеску, А. А. Бахарева. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — С. 223.

6. Рудой Д.В, Пахомов В.И., Саркисян Д.С., Саакян С.Р., Рева Е.Н., Мальцева Т.А. / Перспективы использования многолетних зерновых культур в пищевом производстве // «Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса» (Конференция «ИНТЕРАГРО 2022») с применением дистанционных технологий – юбилейный сборник научных трудов XV Международной научно-практической конференции (02–04 марта 2022 г.) / ред. кол. И.М. Донник [и др.]; ДГТУ – Ростов-на-Дону: ДГТУ–Принт, 2022. – 414 с.

7. Рудой Д.В. Исследование технологического процесса и определение рациональных параметров шнекового экструдера для производства комбикормов: дис. канд. тех. наук: 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства (по техническим наукам) / Рудой Дмитрий Владимирович – г. Ростов-на-Дону 2015.

8. Рудой Д.В. Исследование технологического процесса и определение рациональных параметров шнекового экструдера для производства комбикормов: дис. канд. тех. наук: 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства (по техническим наукам) / Рудой Дмитрий Владимирович – г. Ростов-на-Дону 2015. Технологии и оборудование для производства комбикормов и премиксов: учеб. пособие / В.И. Пахомов, Д.В. Рудой, С.В. Брагинец и др.; Донской гос. техн. ун-т. – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2019. – 228 с.

9. Яковлев, Д. А. Безотходные технологии производства альтернативных источников белка в интеграции с аквакультурными хозяйствами / Д. А. Яковлев, П. К. Ганчурукова, Т. А. Вифлянцева // Инновационные технологии в науке и образовании (ИТНО-2017) : Материалы V Международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 11–15 сентября 2017 года. – Ростов-на-Дону: Общество с ограниченной ответственностью "ДГТУ-ПРИНТ", 2017. – С. 479-482. – EDN YPHSQW.

Работа выполнена в рамках исполнения гранта президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых (МК-1700.2021.5, соглашение № 075-15-2021-179) и соглашения о предоставлении из федерального бюджета грантов в форме субсидий в соответствии с пунктом 4 статьи 78.1 Бюджетного кодекса Российской Федерации от 01.06.2022 г. №075-15-2022-1045 и исследование выполнено при поддержке гранта в рамках конкурса «Наука-2030».

ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОГО ДЕЙСТВИЯ КОМБИКОРМОВ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ МОЛОДИ ЛЕНСКОГО ОСЕТРА (ACIPENSER BAERII BRANDT, 1869) В УСЛОВИЯХ УЗВ

¹Севастеев С.В., ¹Качалов И.О.

¹Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

Аннотация. Современное осетроводство развивается в условиях урбанизации и индустриализации, в т.ч. с использованием установок замкнутого водоснабжения (УЗВ). Использование УЗВ в сравнении с традиционными технологиями обеспечивает наиболее стабильные и оптимальные условия содержания гидробионтов, технологические процессы и темпы роста рыбы [1,2,3,4].

Целью данной работы было определение питательной ценности трех рецептур кормов при выращивании молоди ленского осетра: Coppens, Biomar и Акватех.

Ключевые слова. Сибирский осетр ленской популяции, мальки, кормление, комбикорма, УЗВ, абсолютный и относительный прирост, среднесуточный прирост.

EVALUATION OF THE PRODUCTIVE EFFECT OF COMPOUND FEEDS IN THE CULTIVATION OF JUVENILES LENA STURGEON (ACIPENSER BAERII BRANDT, 1869) IN THE CONDITIONS OF ULTRASOUND

¹Sevasteev S.V., ¹Kachalov I.O.

¹Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

Abstract. Modern sturgeon breeding is developing in the conditions of urbanization and industrialization, including with the use of closed water supply installations. The use of ultrasound in comparison with traditional technologies provides the most stable and optimal conditions for the maintenance of aquatic organisms, technological processes and growth rates of fish [1,2,3,4].

The purpose of this work was to determine the nutritional value of three feed recipes for growing Lena sturgeon juveniles: Coppens, Biomar and Aquatech.

Keywords. Siberian sturgeon of Lena population, fry, feeding, compound feed, ultrasound, absolute and relative growth, average daily growth.

Материал и методы исследований. Экспериментальное кормление молоди ленского осетра проводили весной с 5 по 25 апреля 2020 г. на базе Исследовательского центра аквакультуры Новосибирского ГАУ. Рыб содержали в одинаковых круглых пластиковых бассейнах площадью 1,76 м² круговым током воды, относящихся к одной системе УЗВ.

Испытывали 3 варианта кормов: Coppens (Нидерланды), BioMar (Дания), Акватех (Россия) (таблица 1).

Таблица 1 - Характеристики использованных кормов

Показатели	Марка корма		
	Coppens (контроль)	Biomar (1 вариант)	Акватех (2 вариант)
Протеин, %	54	51	57
Жир, %	15	17	15
Обменная энергия валовая, мдж/кг	21	21,8	21,2
Обменная энергия переваримая, мдж/кг	19,4	18,5	19,1
Витамин А, у.е./кг	12000	не указано	20000
Витамин D, у.е./кг	1140	не указано	3500
Витамин E, у.е./кг	240	не указано	700
Витамин C, у.е./кг	600	не указано	1000

Наибольший уровень протеина содержится в корме «Акватех», жира – в корме «Биотар». Несмотря на эти различия, по уровню обменной валовой и переваримой энергии корма лишь незначительно отличаются друг от друга. Более существенны различия по содержанию витаминов, которые в корме «Акватех» превышают по витамину А и С более чем в 1,7 раз, витамину D и E – 3,0-2,9 раз корм «Сорпrens».

Условия выращивания во всех вариантах были идентичными. Начальная плотность посадки молоди составляла 152 шт./м², суточный рацион рассчитывался исходя из рекомендаций производителей комбикорма, кратность кормления – 12 раз в сутки (рис.2, 3).

Контроль условий содержания - температура воды, количество растворенного в воде кислорода, содержание аммонийного азота и нитритов – проводили ежедневно.

Содержание кислорода в воде определяли при помощи оксиметра Milwaukee MW600, а температуру измеряли термометром Datronn НТС-2, точность измерения данных приборов соответственно - ± 1.5% полной шкалы и ± 1 °С.

Использовали стандартные методики определения экспресс-методом следующих гидрохимических показателей: определение нитритов (солей азотистой кислоты) (реактив Грисса) и аммонийный азот (сегнетова соль и реактив Несслера).

Массу и длину ленского осетра определялся путем контрольных измерений не менее 30 особей из каждой опытной группы 1 раз в декаду. На основании этих данных рассчитывали абсолютный, среднесуточный, относительный приросты и коэффициент массонакопления по следующим формулам.

Абсолютный прирост:

$$\Delta M_{ап}, г = M_k - M_n, \quad (1)$$

где, M_n - масса рыбы в начале эксперимента, г;

M_k - масса рыбы в конце эксперимента, г;

Среднесуточный прирост ($\Delta M_{сп}$):

$$\Delta M_{сп}, г/сут = (M_k - M_n) / T, \quad (2)$$

где, T - период выращивания, сут.

Относительный прирост ($\Delta M_{оп}$):

$$\Delta M_{оп}, \% = \Delta M_{ап} / M_n \cdot 100 \quad (3)$$

Коэффициент массонакопления:

$$((M_k^{1/3} - M_o^{1/3}) \cdot 3) / t, \quad (4)$$

где, M_k – конечная масса;

M_o – начальная масса,

t – длительность периода (сут.)

Кормовой коэффициент (КК):

$$КК, кг/кг = S_k / (\Sigma M_k - \Sigma M_n), \quad (5)$$

где, S_k - количество корма, затраченного на выращивание за период эксперимента, кг,

$\Sigma M_k - \Sigma M_n$ – суммарный прирост всех рыб, кг.

В качестве контроля был принят корм Сорпrens, ранее показавший хорошие результаты при выращивании ленского осетра на базе исследовательского центра.

Полученные данные были обработаны при помощи программ для обработки данных Universal DesktopRuler, Altami Studio 3.5 x 64 и Microsoft Office Excel.

Результаты исследований. Физические и гидрохимические условия содержания осетра были оптимальными на протяжении всего опыта. Колебания температуры воды были незначительны и не превышали нормативные показатели. Суммарное количество температур составило 433,6 градусодня. Содержание растворенного кислорода составляло не менее 8 мг/л (рис. 1).

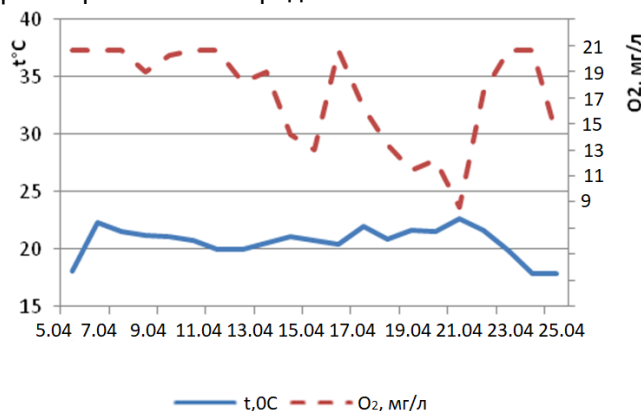


Рисунок 1 - Температурный и кислородный режимы

Содержание аммонийного азота NH_4^+ и нитритов NO_2^- в воде так же соответствовало нормативному. Только в конце периода выращивания наблюдалось увеличение концентрации NH_4^+ , что возможно обусловлено увеличением рациона и возрастанием массы особей, и, как следствие, увеличением объема продуктов их обмена. Однако уровень NH_4^+ и NO_2^- оставался в пределах рекомендуемого оптимума (рис. 2).

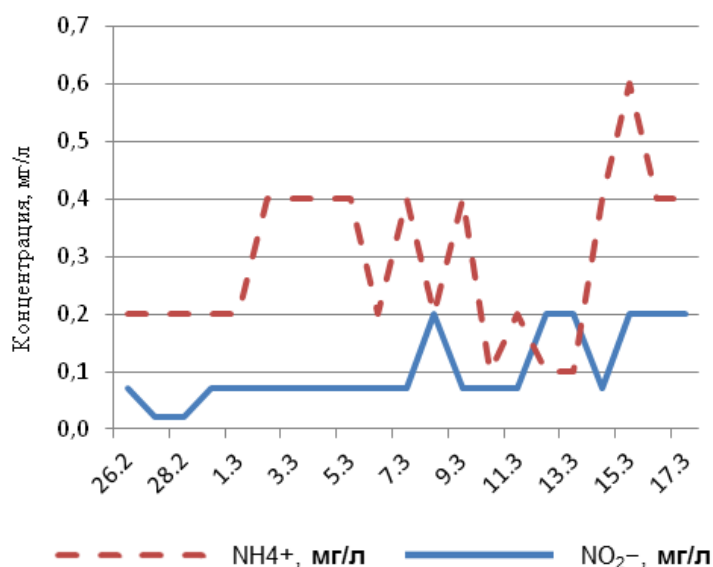


Рисунок 2 - Основные гидрохимические параметры

Влияние кормов 3-х рецептов изучали при выращивании молоди ленского осетра старшей возрастной группы со средней массой от 16,76 до 18,54 г., молодь подбирали по принципу групп-аналогов при отсутствии значимых различий по средней массе (таблица 1).

Таблица 1 - Основные рыбоводные показатели на трех вариантах кормов

Показатели	Сорпенс (контроль)	Вiomar (1 вариант)	Акватех (2 вариант)
Масса, г :			
начало эксперимента	16,76±3,16	18,48±3,70	18,54±3,48
конец эксперимента	53,27±11,27	48,46±10,32	46,74±9,92
Длина, см:			
начало эксперимента	16,82±1,17	17,44±1,31	17,33±1,23
конец эксперимента	25,02±1,70	24,58±1,74	24,71±1,93
Абсолютный прирост за весь период, г	36,51	29,98	28,2
Среднесуточный прирост за весь период, г:	1,82	1,49	1,40
Относительный прирост за весь период, %:	217,80	162,22	152,10

По завершении кормления через 20 суток по массе доминировали рыбы контрольной группы, различия которой со средней массой 1 и 2 вариантов составили соответственно на 9 и 12%. Статистически значимые различия по массе ($p < 0,05$) отмечены между контрольной группой и 2 вариантом. При этом по длине отличия были незначительны и не превышали 2%.

Абсолютные и среднесуточные приросты молоди 1 и 2 вариантов в среднем на 18 и 23%, а относительные приросты на 25.8 и 30.2% соответственно были меньше по сравнению с данными контроля.

Среднесуточный прирост контрольной молоди превышал прирост рыб 1 и 2 вариантов в 1-й декаде соответственно почти на 21 и 15%, а во 2-й декаде – на 16 и 28%.

Аналогичная направленность показателей роста сохраняется и в относительном приросте: в 1-й декаде выше по сравнению с молодь 1 и 2 вариантов на 28 и 23%, во 2-й – на 12 и 27% соответственно.

Зафиксированный в 1-ю и 2-ю декады несколько скачкообразный прирост молоди – нормальное физиологическое явление, связанное особенностью развития животного организма и, возможно, качеством питания.

Гибель молоди за весь период эксперимента не отмечена, что, в первую очередь, обусловлено заложенными в эксперимент рыбами старшей возрастной группы, преодолевших критические периоды развития.

Более высокий темп роста молоди на корме фирмы «Сорпенс» (контроль) подтверждается коэффициентом массонакопления, который превышает аналогичные показатели у молоди 1 и 2 вариантов на 39 и 47% соответственно (рис. 3).

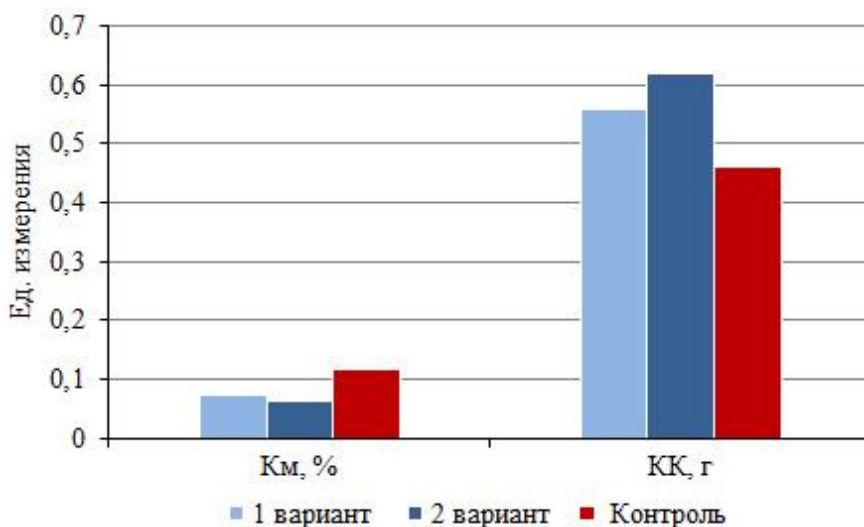


Рисунок 3 - Показатели массонакопления и кормовых затрат при кормлении различными кормами:

Км – коэффициент массонакопления за весь период, %
 КК – кормовой коэффициент, г/г прироста

На фоне доминирования контрольной молоди по массонакоплению затраты корма у них на единицу прироста минимальны. На кормах рецептуры фирмы Биомар и Акватех данный показатель был выше соответственно на 21,7 и 34,8%.

Комментарий. По комплексу показателей, характеризующих продуктивные качества кормов (прирост массы, коэффициент массонакопления, кормовые затраты) в условиях УЗВ на базе Исследовательского центра аквакультуры Новосибирского ГАУ наиболее эффективен корм рецептуры Сорпенс (Нидерланды), затем – Биомар (Дания). Третьим по продуктивности занимает корм марки Агротех (Россия).

Список использованных источников

1. Козлов В.И. Аквакультура: учеб. для студ. высш. учеб. завед/ В.И. Козлов, А.Л. Никифоров-Никишин, А.Л. Бородин– М.: МГУТУ, 2004. – 433 с
2. Крымов В.Г. Использование комбикормов с разным содержанием протеина и жира в процессе индустриального товарного выращивания осетровых рыб в установках с замкнутым циклом водоиспользования/ В.Г. Крымов, С.И. Вершинин, Н.А. Юрина, Д.А. Юрин, Е.А. Максим, Е.Л. Мачнева, И.А. Перепелица// КамчатГТУ. – 2019. – №47. – С. 68–78.
3. Абросимова К.С. Проблемы выращивания личинок и мальков осетровых рыб в интенсивной аквакультуре и пути их решения/ К.С. Абросимова, Н. А. Абросимова, Васильева Л. М. // Фундаментальные исследования. – 2015. – №2 (9). – С. 1882–1886.
4. Бубунец Э.В. Результаты выращивания анадромных осетровых в тепловодных хозяйствах/Э.В. Бубунец// Инновационные решения для повышения эффективности аквакультуры: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – М.: Перо, 2019. – С. 64-74.

ОЦЕНКА ТЕМПОВ РОСТА МОЛОДИ ШИПА ACIPENSER NUDIVENTRIS ВЫРАЩИВАЕМОЙ В АКВАКОМПЛЕКСЕ ЮНЦ РАН

¹Сергеева В.А., ¹Тажбаева 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 описывается оценка физиологического состояния молоди шипа, выращиваемой в аквакомплексе ЮНЦ РАН. Проводится оценка рыбоводно-биологических показателей. Обосновывается необходимость выращивания этого вида в установках замкнутого водоснабжения.

Ключевые слова. Установка замкнутого водоснабжения, шип, рыбоводно-биологические показатели.

ASSESSMENT OF GROWTH RATES OF ACIPENSER NUDIVENTRIS THORN JUVENILES GROWN IN THE UNC RAS AQUATIC COMPLEX

¹Sergeeva V.A., ¹Tazhbaeva 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 describes the assessment of the physiological state of the juvenile thorn, grown in the aquatic complex of the YUNC RAS. The assessment of fish-breeding and biological indicators is carried out. The necessity of growing this species in closed water supply installations is substantiated.

Keyword. Installation of closed water supply, spike, fish-breeding and biological indicators.

Введение. На сегодняшний день почти все виды осетровых рыб являются редкими или находятся на грани исчезновения. Самой малочисленной среди осетровых рыб является шип (*Acipenser nudiiventris*) [1].

В целях восстановления исчезающих популяций или взамен уже исчезнувших целесообразно формирование искусственных стад [2].

С проведением работ по созданию и эксплуатации маточных стад, связана дальнейшая перспектива развития осетроводства в целях восстановления популяций.

Учитывая катастрофическое падение численности шипа в естественных водоемах, а также его полное исчезновение на большей части исторического ареала, сохранение этого вида от полного вымирания будет определяться состоянием его искусственного воспроизводства [3].

Одной из наиболее перспективных форм индустриального рыбоводства является культивирование гидробионтов в установках с замкнутым циклом водообеспечения (УЗВ) [4].

Сегодня интенсивные технологии выращивания позволяют существенно увеличить выход товарной продукции и дают возможность контролировать условия выращивания. Но высокие плотности посадки зачастую оказывают отрицательное влияние на физиологическое состояние рыб.

В связи с этим при разведении осетровых рыб в условиях индустриальной аквакультуры возникает потребность в постоянном контроле физиологического состояния выращиваемых объектов.

Один из ключевых показателей при оценке развития рыбы в условиях УЗВ это показатели прироста массы тела.

Целью данной работы является анализ рыбоводно-биологических и физиологических показателей молоди шипа, выращиваемой в аквакомплексе ЮНЦ РАН. В ходе исследования данный вид показал хорошие темпы роста и высокую приспособляемость к условиям искусственного выращивания.

Материалы и методы. Исследования проводили в аквариальном комплексе Южного Научного Центра РАН. Объект исследования - молодь шипа. Выращивание осуществляли в бассейнах 2x2 м.

Кормление проводили вручную, использовали комбикормом Prometrica (протеин – 45%, жир – 15%, клетчатка – 2%, зола – 8,5%, общий фосфор – 1,1%).

Температура воды в установках замкнутого водоснабжения поддерживалась на уровне 21- 22°C, концентрация растворенного кислорода в бассейне составила 8-9 мг/л. Активная реакция среды находилась в диапазоне 7-8, что является оптимальной величиной для нормальной жизнедеятельности осетровых.

Основой для определения темпов роста были данные массы тела, среднесуточного и абсолютного прироста, так же определяли выживаемость. Для этого проводили контрольные взвешивания, в результате которых определяли среднюю массу рыбы и корректировали суточную норму кормления. Для более точного определения скорости роста вычисляли коэффициент массонакопления.

Для определения физиологического состояния рыбы проводили общий анализ крови.

Забор крови брали из хвостовой артерии, у голодной рыбы, выдержанной в хорошо аэрированной воде в течение 5 - 10 минут после отлова. Место пункции высушивали ватным тампоном для удаления слизи. Для взятия крови использовали шприц с инъекционной иглой. Место взятия крови не сжимали во избежание попадания тканевой жидкости, искажающей результаты.

Изучая гематологические показатели, определяли: гематокритное число – используя капиллярные трубки заполненные исследовательской кровью, центрифугу Skyline CM-70 при скорости 7000 об./мин. Гематокрит выражали в л/л. Скорость оседания эритроцитов (СОЭ) в плазме крови – определяли методом Панченкова за 1 час и выражали в мм/ч. Число эритроцитов, млн./мкл – определяли в камере Горяева. Подсчет производили спустя 2 минуты после оседания эритроцитов на дно камеры. Уровень белка в сыворотке крови определяли с помощью рефрактомера ИРФ-454Б2М.

Результаты. Для оценки скорости роста шипа разделили на две группы по 75 шт в каждой. Первая группа (крупные) – более крупные особи, с опережающим ростом, вторая – особи среднего размера (средние).

Рыба из первой группы в начале исследований имела, среднюю массу 306,7 г к концу исследуемого периода достигла массы 558 г. Рыбы, относящиеся ко второй группе, в начале имели массу 274 г, а к концу достигли 564 г (табл. 1).

Скорость роста в обеих группах проявилась от меньших значений до более высокого уровня, более постепенное увеличение средней массы наблюдалось во второй группе (средние).

Значительное ускорение роста рыб наблюдалось к концу эксперимента. На четвертом месяце выращивания, несмотря на отставание по средней массе вторая группа превысила показатель.

Таблица 1 – Рыбоводно-биологическая характеристика шипа

Показатели	Период 1		Период 2		Период 3		Период 4	
	1 группа	2 группа	1 группа	2 группа	1 группа	2 группа	1 группа	2 группа
Масса начальная, г	306,7± 8,6	274± 8,9	366± 7,5	303± 11,4	439± 11,7	379± 15,2	468± 11,9	465± 16,1
Масса конечная, г	366± 7,5	303± 11,4	439± 11,7	379± 15,2	468± 11,9	465± 16,1	558± 18,2	564± 19,1
Абсолютный прирост, г	59,3	29	73	76	29	86	90	99
Относительный прирост, г	19,3	10,5	19,9	25	6,6	22,6	19,2	21,2
Среднесуточный прирост, г/сут	1,97	0,96	2,43	2,53	0,96	2,86	3	3,3
Среднесуточная скорость роста, %	0,5	0,2	0,5	0,6	0,1	0,5	0,5	0,5
Коэффициент массонакопления, ед	0,03	0,01	0,03	0,03	0,01	0,03	0,03	0,03
Выживаемость, %	100	95,1	98,9	96,2	96,7	98,7	96,6	100
Кормовой коэффициент, ед	2,6	9,7	2	1,5	15,6	1,5	1,7	1,4

В ходе эксперимента отмечена сходная картина изменения среднесуточной скорости роста, а вот показатели абсолютного и среднесуточного прироста имеют разнонаправленную тенденцию на протяжении всего периода выращивания у двух размерно-весовых групп.

Анализируя значения коэффициента массонакопления (рис. 1) видно, что более постепенное

изменение показателя были у второй группы. В первой группе, отмечено резкое снижение в третьем периоде выращивания. Максимальное значение в обоих бассейнах составило 0,03 ед.

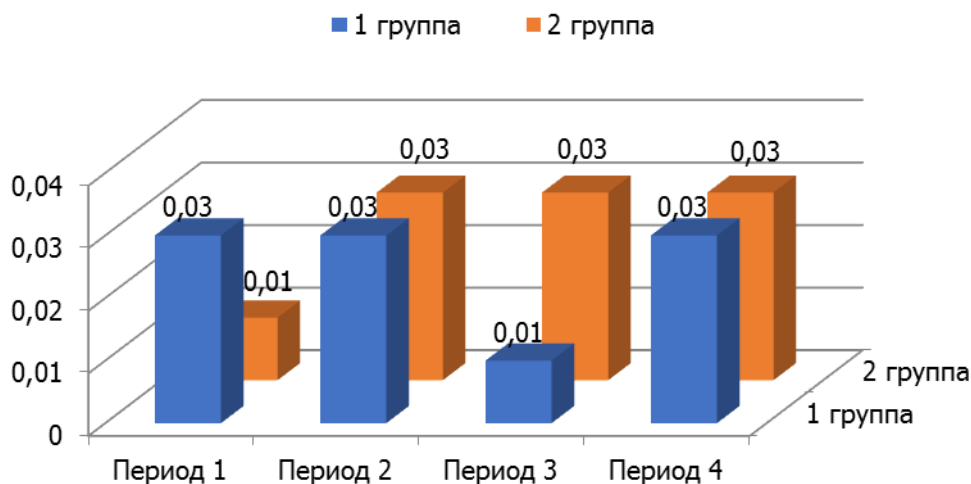


Рисунок 1 - Изменение величины коэффициента массонакопления молоди шипа выращиваемой в аквакомплексе ЮНЦ РАН

Важным показателем при оценке эффективности кормления является величина кормовых затрат. Изменение кормового коэффициента варьировало в достаточно больших пределах (1,4 – 15,6). Более эффективное влияние питательных веществ, применяемого корма оказалось во второй группе, здесь наблюдалась самая маленькая величина кормового коэффициента. Более противоречивой была тенденция изменения показателя кормового коэффициента в первой группе, разница между самым большим значением и самым низким составила 13,9 (рис. 2).

Изменение величины кормового коэффициента напрямую зависит от изменения массы рыб, самое высокое значение наблюдалось в период наименьшего прироста биомассы в бассейне.

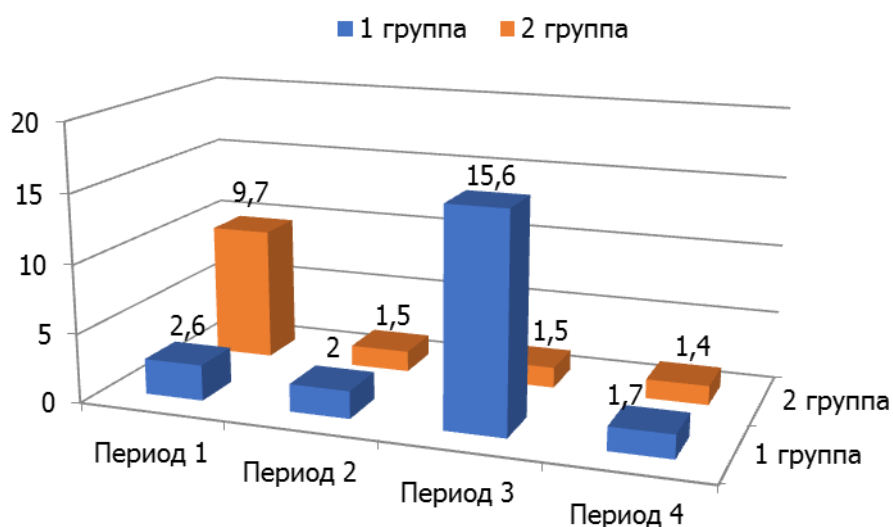


Рисунок 2 - Изменение величины кормового коэффициента молоди шипа выращиваемой в аквакомплексе ЮНЦ РАН

С целью дать общую оценку физиологическому состоянию молоди шипа проводили общий анализ крови. Это один из общедоступных способов дающий представление и возможность раскрыть несоответствие или отклонение в организме рыб.

Общий сывороточный белок крови считается активным признаком показывающим общее

состояние организма, поскольку стремительно реагирует на различные факторы. Высокое содержание белка в сыворотке крови рыб в пределах установленных норм является благоприятным признаком.

Согласно литературным данным концентрация белка в сыворотки крови у осетровых рыб находится в пределах 20,0 – 40,0 г/л [5]. Проведенные исследования показали содержание сывороточного белка у молоди шипа содержащихся в условиях аквакомплекса, находилось на уровне 15,5 г/л, и 16,2 г/л, что ниже физиологической нормы. Пониженная концентрация белка в сыворотке крове может свидетельствовать о недостаточной питательности корма, в результате замедленному темпу роста и наращивания мышечной массы.

Еще одним из показателей общего состояния организма является гематокрит – соотношение числа эритроцитов к объему плазмы крови. Этот показатель используют, чтобы оценить наличие или отсутствие патогенных заболеваний. Его повышение или снижение относительно нормы свидетельствует о наличии заболевания или стресса [6].

Объем красных кровяных клеток в крови варьировал в пределах 0,31 л/л для 1 группы и 0,27 л/л для 2 группы, что указывает на отсутствие заболеваний вызываемых вредными микроорганизмами.

Скорость оседания эритроцитов (СОЭ) – показатель отражающий процесс образования травматических и воспалительных заболеваний. В физиологической норме для осетровых видов рыб СОЭ колеблется в пределах 1-6 мм/ч [7]. В обеих группах не превысил 7 мм/ч.

Количество эритроцитов в обеих группах находилось на оптимальном уровне (табл. 2). Концентрация эритроцитов может меняться в зависимости от размерно-весовых показателей, либо может быть обусловлена сезонностью.

Таблица 2 – Физиологические показатели крови шипа

Показатели	1 группа	2 группа
Гематокрит, л/л	0,31±0,006	0,27±0,029
Белок в сыворотке крови, г/л	15,5±0,23	16,2±1,64
СОЭ, мм/ч	5±2,1	6,3±1,9
Число эритроцитов, млн/мм ³	0,83±0,16	0,78±0,37
Средний объем эритроцитов мкм ³	373,4	346,1

На основании данных таблицы № 2 можно сделать вывод, что на фоне общего прироста массы тела за время исследования, не все физиологические показатели молоди выращиваемой в условиях замкнутого водоснабжения соответствовали норме. Показатель общего сывороточного белка оказался занижен, что может говорить о неправильном выборе корма и необходимости некоторых корректирующих действий. Остальные показатели варьировали в пределах нормы, что говорит об удовлетворительном состоянии рыб.

Не смотря на снижение некоторых показателей, выживаемость в период исследований оставалась на высоком уровне и составила для первой группы 92,3%, для второй – 90,2%.

Выводы. Особый интерес для аквакультуры представляет шип, являющийся на сегодняшний день редким, практически исчезнувшим видом осетровых рыб [3].

Изучение адаптации шипа к контролируемым условиям выращивания имеют практическую значимость, так как затрагивают проблему воспроизводства одного из редких, находящихся на грани исчезновения вида осетровых рыб.

Проведенные исследования говорят о целесообразности и возможности эффективного выращивания этого редкого вида в целях искусственного воспроизводства.

Так же установлено, что для сбалансированного кормления молоди шипа необходимо выбирать корма соответствующего качества.

Список использованных источников

1. Витвицкая Л.В., Тихомиров А.М., Егоров М.А. Осетровые мирового океана: курс лекций. - Астрахань, 2002 - 165 с.
2. Маслова Н. И. Биологические основы племенного дела в рыбоводстве и методы управления селекционным процессом. – М., 2011 – 578 с.
3. Практическая аквакультура (разработки ЮНЦ РАН и ММБИ КНЦ РАН) / Г.Г. Матишов [и др.]. – Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2011. – 284 с.
4. Опыт выращивания осетровых рыб в условиях замкнутой системы водообеспечения для фермерских хозяйств / Г.Г. Матишов [и др.]. – Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2006. – 72 с.

5. Сырбулов Д. Н. Гематологические показатели ремонтно-маточного стада стерляди, содержащегося на Волгоградском осетровом рыбноводном заводе // Вестник АГТУ. Сер.: Рыбное хозяйство. – 2005. - №3(26). – С. 79-83.

6. Бахарева А.А. Научно-обоснованные методы повышения рыбопродуктивности ремонтно-маточных стад осетровых рыб за счет оптимизации технологии кормления и содержания в условиях рыбноводных хозяйств Волго-Каспийского бассейна: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – Усть-Кинельский, 2016. – 32 с.

7. Сементина Е. В. Ихтиогематологические показатели как критерии условий выращивания и обитания рыб: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Калининград, 2011. – 23 с.

Работы выполнены в рамках реализации ГЗ ЮНЦ РАН, № гр. 122020100328-1 с использованием УНУ «МУК» ЮНЦ РАН и Биоресурсной коллекции редких и исчезающих видов рыб ЮНЦ РАН № 73602.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОПУЛЯЦИИ ОСЕТРОВЫХ

¹Слюсарев Г.Е.

¹Донской Государственный Технический Университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация. В условиях санкций обеспечение населения продуктами рыбоводства имеет большое значение. Из-за интенсивного гидротехнического строительства, браконьерства и снижения качества окружающей среды численность населения резко сократилась. На сегодняшний день уловы осетровых не в состоянии обеспечить объемы естественного воспроизводства этих ценных видов. На данный момент популяции осетровых пополняются исключительно искусственным путем. Рассмотрение путей устранения этой проблемы является наиболее значимой темой в экологии водных экосистем.

Ключевые слова. Промышленное производство осетровых, контролируемое размножение, выращиваемое маточное стадо, рыболовное хозяйство, аквакультура осетровых.

RESTORATION OF THE STURGEON POPULATION

¹Slyusarev G.E.

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

Abstract. In the conditions of sanctions, the provision of fish farming products to the population is of great importance. Due to intensive hydraulic engineering, poaching and a decrease in the quality of the environment, the population has declined sharply. To date, the catches of sturgeon are not able to ensure the volume of natural reproduction of these valuable species. At the moment, the population of the sturgeon is replenished exclusively by artificial means. Consideration of ways to eliminate this problem is the most significant topic in the ecology of aquatic ecosystems.

Keywords. commercial production of sevruga, controlled propagation, farmed broodstocks, fisheries ranching, sturgeon aquaculture.

Осетровые - древний вид рыб Северного полушария. Их история эволюции насчитывает около 200-250 миллионов лет. В прошлом веке большая часть естественных запасов осетровых обитала в бассейнах Азовского, Черного и Каспийского морей; 90% мировых запасов поступало из этих районов. С начала 21-го века естественные популяции пяти видов осетровых, а именно: белуги (*Huso huso*), русского осетра (*Acipenser gueldenstaedtii*), бахромчатого осетра (*Acipenser nudiiventris*), звездчатого осетра (*Acipenser stellatus*) и персидского осетра (*Acipenser persicus*), обитали только в Каспийском море, после того как очень долго жил в других местах. Например, белуга исторически обитала в странах Причерноморья и северной части Адриатического моря (река По). Русский осетр обитал в Черном море, реке Дунай, турецких реках, украинских реках и российских реках (река Кубань). Бахромчатый осетр обитал в реке Дунай, Аральском море и реке в Азовском и Черном морях. Звездчатый осетр обитал в Черном и Азовском морях, будучи завезен с Урала и Волги на Кубань и Дон в 1961-1986 годах. Персидский осетр обитал в Черном море, а также в реках Риони и Джорджиан (Billard & Lecointre, 2001).

Все эти виды являются анадромными и проводят большую часть своей жизни в Каспийском море, но заходят в соседние реки Волгу, Урал, Куру, Сефидруд, Таян, Горган и Атрак, которые образуют основное естественное место нереста этих видов (Ovissipour & Rasco, 2012). Запасы дикого осетра характеризуются резкой тенденцией к снижению с конца 1980-х годов из-за серьезной деградации среды обитания, а также чрезмерной эксплуатации как естественных, так и выпущенных на волю особей осетровых для производства икры. В результате к 1997 году Международный союз охраны природы (МСОП) внес все виды осетровых, используемые в коммерческих целях во всем мире, в Приложение II к правилам СИТЕС, тем самым потребовав согласованных на международном уровне торговых квот для обеспечения защиты этих видов, находящихся под угрозой исчезновения (Экспортные квоты СИТЕС, 2012).

Кроме того, Прикаспийские государства ежегодно подтверждают соглашения о запрете на любой промышленный или коммерческий промысел осетровых: с 2000 года - на белугу, а с 2005 года - на русского осетра и звездчатого осетра. Тем не менее, проведенная в 2009 году в Ухане МСОП переоценка статуса *Acipenseriformes* (МСОП, 2013) показала, что условия для почти всех видов

ухудшились, причем более 44% этих видов классифицированы как находящиеся под еще большей угрозой по состоянию на оценку 1996 года, оценивая 85% видов осетровых, находящихся под угрозой исчезновения (Красный список МСОП).

С этим резким сокращением численности естественных популяций осетровых рыб возникла осетровая аквакультура, особенно в государствах, расположенных в районах естественного распространения осетровых рыб; Россия была в авангарде этого появления благодаря ведущей роли советских ученых в разведении осетровых. В результате российское производство осетровых продуктов (мяса и икры) увеличилось более чем в восемь раз в 2015 году по сравнению с 1995 годом и в 3,5 раза в 2017 году по сравнению с 1998 годом (ФАО, 2015, 2017). В 2017 году производство культивируемого осетра составило 3871 по сравнению с 1100 в 1998 году в рыболовстве и аквакультуре, в то время как производство черной икры в аквакультуре составило 48,4 по сравнению с 11 в 2003 году в рыболовстве и аквакультуре [1].

Этот вид оказался самым сложным в биотехническом отношении. Численность производителей донской севрюги сейчас даже ниже, чем численность белуги. Вылов производителей (самок) каждый год невозможен, и пополнение ремонтного и племенного поголовья происходит в основном за счет самцов и неполовозрелых особей из морских уловов. Взрослые особи севрюги очень плохо переходят на искусственное питание. Около половины рыб отказываются от еды. Мы еще не отмечали повторного созревания ни у самцов, ни у самок севрюги.

Способов решения очень много, но они мало эффективны, но нашел самые лучшие: один из них - создание морской базы в станице Должанской для содержания рыбы в межнерестовый период. Предполагается, что в условиях, приближенных к естественным (в прудах с морской водой), производители севрюги будут чувствовать себя более комфортно и начнут активно питаться. Другим способом, который также осуществляется на ДФЗ, является создание ремонтного стада из молоди, полученной на заводе. Известно, что при формировании ремонтно-выводковых стад осетровых из особей, выращенных с личиночной стадии, не возникает проблем, связанных с отказом производителей от корма [3]. Уже были случаи созревания на рыбоводных фермах самцов и самок севрюги, содержащихся исключительно в пресной воде.

Также один из способов восстановления - выпуск молоди стерляди. В Угличское водохранилище Тверской области с 26 по 28 апреля 2022 г. сотрудники Филиала по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ "ВНИРО" в рамках Государственного задания по искусственному воспроизводству водных биологических ресурсов, осуществили выпуск молоди стерляди в количестве 405 000 штук.

В честь 125-летнего юбилея волжско-каспийского филиала ВНИР было выпущена молодь осетровых. 14 сентября на научно-экспериментальном комплексе аквакультуры «БИОС» Волжско-Каспийского филиала ВНИРО состоялся выпуск молоди осетровых в естественную среду обитания.

Новый цех. Конаковский завод – первое в стране предприятие индустриального (бассейнового) типа, построенный в 1973 году. В августе 2017 года на Конаковском заводе ввели в эксплуатацию новый цех по производству молоди осетровых, мощностью производства 2 млн штук молоди ежегодно и до 20 тонн рыбопосадочного материала. Предприятие выращивает белугу, калугу, стерлядь, сибирского и русского осетров, а также гибридов. Основной упор сделан на производстве малька осетровых как для товарных хозяйств, так и в целях искусственного воспроизводства.

Азовская севрюга в своем стаде имеет примесь особей каспийского происхождения, которые были завезены в бассейн в 1960-1980-е годы. Каспийская и азовская севрюга довольно четко различаются морфологически по пропорциям головы. В частности, каспийская севрюга имеет заметно более длинную морду. Ю.Б. Цветненко [4] (1993) рекомендует не использовать рыбу каспийского происхождения для воспроизводства и отбраковывать ее из стада производителей.

Благодаря размножению и мерам по борьбе с браконьерством удалось восстановить численность "королевской рыбы". Таким образом, финансирование репродуктивных предприятий было увеличено почти вдвое. Кроме того, 160 млн рублей было выделено на строительство второй очереди Донского осетрового завода, введенного в эксплуатацию в 2014 году. Это позволило за последние пять лет выпустить в Азовское море более 7 миллионов экземпляров молоди осетровых.

Список использованных источников

1. Lydia M. Vasilyeva, Ashraf. I.G. Elhetawy, Natalia Sudakova vetlana S. Astafyeva History, Current Status, and Prospects of Sturgeon Aquaculture in Russia//Aquaculture Research - February 2019. – pp. 1-3.
2. Филиал по пресноводному рыбному хозяйству «ВНИРО» [https://vniiprh.vniro.ru/]
3. Говорунова В.В., Подушка С.Б. Успехи и проблемы донского осетрового завода//Научно-технический бюллетень лаборатории ихтиологии ИНЭНКО - 2003. No. 7. pp.11-18.
4. Цветненко Ю.Б. 1993. Эффективность и генетические последствия интродукции севрюги *Acipenser stellatus* из Каспийского в Азовский бассейн // Вопросы ихтиологии. Т.33. № 3. С.382-387.

БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВОСПРОИЗВОДСТВА МОЛОДИ РЫБ НА РОГОЖКИНСКОМ РЫБОВОДНОМ ЗАВОДЕ ФГБУ «ГЛАВРЫБВОД» (РОСТОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

^{1,2}Смирнов А.О., ³Зипельт Л.И., ²Барсегова А.В.

¹Рогожкинский рыболоводный завод ФГБУ «Главрыбвод», п. Топольки, Российская Федерация
²Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация
³Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АЗНИИРХ»), г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация. В статье описано современное состояние Рогожкинского рыболоводного завода, его основные особенности и характеристики как предприятия искусственного воспроизводства. Описаны основные биотехнические показатели, полученные во время рыболоводного сезона текущего года. С помощью динамических морфо-биологических показателей маточного стада, выращиваемой молоди и объемов их выпуска составлена современная картина воспроизводственной деятельности завода.

Ключевые слова. Искусственное воспроизводство, бассейновый метод, прудовое рыболоводство, карповые, осетровые, дельта р. Дон, рыбохозяйственная мелиорация.

BIOTECH INDICATORS OF WHITEBAITS REPRODUCTION ON ROGOZHKINSKY FISH HATCHERY FSBI «GLAVRYBVOD» (ROSTOV REGION)

^{1,2}Smirnov A.O., ³Zipelt L.I., ²Barsegova A.V.

¹Rogozhkinsky Fish Hatchery FSBI «Glavrybvod», Topolki, Russian Federation
²Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation
³Azov-Black Sea Filial Branch of FGBNU "VNIRO" ("AZNIIRKh"), Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract. The article presents the current state of the Rogozhkinsky fish hatchery, its main features and characteristics as an artificial reproduction enterprise. The main biotechnical indicators obtained during the fish-breeding season of the current year are described. With the help of dynamic morphological and biological indicators of the broodstock, reared fry and the volume of their release, a modern picture of the reproductive activity of the plant has been compiled.

Keywords. Artificial reproduction, pond fish farming, basin method, Cyprinus, Acipenseridae, delt of Don-river, fishery melioration.

В связи с зарегулированием русла р. Дон, сокращением площадей нерестилищ, активным браконьерством и другими причинами, условия природного нереста осетровых и частиковых видов рыб Азово-Донского бассейна значительно ухудшились. Некоторые годы и периоды признаны полностью неурожайными.

Для компенсации ущерба, наносимого возведенным в 1952 г Цимлянским гидроузлом диким популяциям рыб, в 1955 г был построен Рогожкинский осетровый завод (ныне – Рогожкинский рыболоводный завод ФГБУ «Главрыбвод», далее – РРЗ).

Хозяйство расположено в дельте реки Дон в 12 км от устья, на территории Донрыбзаповедника в п. Топольки Азовского района в 4 км от х. Рогожкино на правом берегу Дона и канала, соединяющего гирло реки Большая Кутерьма с ериком Лагутник.

Большую часть своей истории завод занимался воспроизводством русского осетра, а также полупроходных видов рыб – сазана, леща, судака. В настоящее время осетровый инкубационный цех находится в разрушенном состоянии, искусственное воспроизводство осетровых на предприятии невозможно.

Современная деятельность РРЗ заключается в бассейновом методе подращивания личинки стерляди, получаемой на Донском осетровом заводе ФГБУ «Главрыбвод»; искусственном воспроизводстве и прудовом подращивании до определенной навески молоди сазана, белого толстолобика и белого амура. Вся полученная молодь рыб выпускается в р. Дон (ниже Цимлянского гидроузла) в рамках выполнения государственного задания или компенсационных мероприятий по выпуску молоди рыб.

Общая площадь завода составляет 965,9 га. Из них производственно-прудовая база составляет 859,4 га, остальную площадь (106,5 га) занимают административные и жилые постройки с прилегающей территорией, дамбами, каналами, переездами, автодорогами, электроподстанциями.

Проектная мощность нерестово-выростного хозяйства – 64,5 млн. шт. молоди частичковых видов рыб. Проектная мощность осетрового завода – 8 млн. шт. осетровой молоди. В 1998 году производственная мощность утверждена ГКО «Росрыбхоз» – по частичковым рыбам – 28,8 млн. шт., по осетровым – 1,5 млн. шт. бассейновым методом.

В настоящее время фактическая годовая мощность предприятия составляет 1,5 млн. шт. осетровых рыб (стерляди) бассейновым методом подрачивания (при условии обеспечения хозяйства суточной личинкой), 2,55 млн. шт. частичковых и 0,35 млн. шт. растительноядных рыб (табл. 1).

Таблица 1 – Информация о производственной деятельности Рогожкинского рыбоводного завода

Годы	Выпуск молоди							
	Стерлядь		Сазан		Белый толстолобик		Белый амур	
	гос. задание, тыс. шт.	компенсация, тыс. шт.	гос. задание, тыс. шт.	компенсация, тыс. шт.	гос. задание, тыс. шт.	компенсация, тыс. шт.	гос. задание, тыс. шт.	компенсация, тыс. шт.
2015	102,936	25,150	1558,636	-	2012,272	-	529,545	-
2016	100,171	-	1593,939	-	1260,604	-	373,972	-
2017	102,157	180,443	1627,400	59,499	1220,550	-	418,0	-
2018	137,904	-	651,826	-	1279,254	-	375,62	-
2019	301,884	-	1576,631	396,903	1345,781	273,806	438,596	145,686
2020	1751,633	251,385	1994,642	1355,257	1585,830	-	445,599	-
2021	556,830	1676,670	2769,390	325,811	201,969	-	156,502	-
2022	101,48	876,6	2551,072	-	206,895	-	160,336	-
ИТОГО	3154,994	3010,248	12746,905	2137,53	8906,260	273,806	2898,17	145,686

Рыбоводный завод имеет собственное ремонтно-маточное стадо сазана (табл. 2), белого толстолобика и белого амура.

Ремонтно-маточное стадо сазана делится на две категории: особи, содержащиеся за средства из федерального бюджета и особи, содержащиеся за внебюджетные средства Азово-Донского филиала ФГБУ «Главрыбвод». Бюджетное стадо включает 15 шт. самок (средняя масса особи 5 кг) и 24 шт. самца (3,5 кг). Во внебюджетное стадо входит 201 шт. младшего ремонта (1,5 кг), 50 шт. старшего ремонта (3 кг), 183 шт. самок (4,15 кг) и 185 шт. самцов (2,2 кг).

Таблица 2 – Морфобиологические показатели производителей сазана на Рогожкинском рыбоводном заводе в 2022 году (прим.: ср. знач. ± среднеквадратич. отклонение; в скобках – варибельность: *min-max*)

Показатели (средние значения)	♀ Самки	♂ Самцы
Масса, кг	2,1±0,5 (1,2-2,6)	1,4
Промысловая длина, см	46,5±4,5 (42-51)	47
Коэффициент зрелости, %	11,8±2,02 (9,7-13,8)	4,9
Гонадосоматический индекс (ГСИ), ‰	14,5±2,8 (11,8-17,3)	5,6
Плодовитость по двум порциям икры, тыс. шт.	503,1±18,7 (484,2-521,8)	-
Рабочая плодовитость (первая порция икры), тыс. шт.	235,15±6,1 (229-241)	-
Ожидаемое количество личинок от одной самки, тыс. шт.	92,1	-
Коэффициент упитанности по Фультону, ед.	2,1±0,14 (2-2,3)	1,4
Коэффициент упитанности по Кларку, ед.	1,7±0,14 (1,6-1,9)	1,2
Количество исследуемых рыб, шт.	2	1

Количество белого толстолобика составляет по бюджету: 130 шт. (1,96 кг), 28 шт. самок (4,56 кг) и 30 шт. самцов (4,14 кг); по внебюджету: 97 шт. старшего ремонта (4,1 кг), 29 шт. самок (5,51 кг) и 26 шт. самцов (5,76 кг).

Белый амур представлен: за счет бюджетных средств: 148 шт. разновозрастного ремонта (1,34 кг), 36 шт. самок (5 кг) и 40 шт. самцов (4 кг); за счет внебюджетных: 67 шт. средневозрастного ремонта (1,94 кг), 100 шт. старшевозрастного ремонта (2,95 кг), 5 шт. самок (10,8 кг) и 4 шт. самца (11,5 кг).

В конце апреля-начале мая с Донского осетрового завода Рогожкинским заводом было получено 2,8 млн. шт. суточной личинки стерляди, которые представлены тремя возрастными партиями. Стартовая плотность посадки составила 7-7,5 тыс. шт./м², затем производилось двукратное разрежение плотности посадки до финальной – 1,5 тыс. шт./м².

Кормление личинки сначала осуществляли декапсулированными цистами артемии (*Artemia salina*), суточная норма кормления рассчитывалась, исходя из температуры воды и поедаемости корма, а также нормативных значений. Спустя 5 сут началась адаптация к искусственному корму, которая выполнялась путем дробной подмены артемии стартовым осетровым кормом марки «Alltech Coppens», которая длилась 12 сут вплоть до полной замены естественного корма искусственным.

В течение июня-июля были проведены выпуски молоди стерляди: в рамках выполнения государственного задания по выпуску молоди осетровых в р. Дон было выпущено 101 тыс. шт. молоди стерляди среднештучной массой 1,87 г.; в целях компенсации ущерба, наносимого водным биологическим ресурсам, в р. Дон, было выпущено 245 тыс. шт. молоди средней массой 2,1 г.; произведен компенсационный выпуск 166 тыс. шт. молоди среднештучной навеской 1,9 г.; проведен компенсационный выпуск молоди стерляди: количество выпущенной молоди – 466 тыс. шт., средняя масса выпускаемой рыбы – 2,7 г. Общее количество выпущенной молоди составило более 978 тыс. шт. Общая выживаемость молоди за период выращивания составила 42%.

Таблица 3 – Морфобиологические показатели подращиваемой в бассейнах стерляди на Рогожкинском рыбноводном заводе в 2022 году

Параметры	Возраст молоди, сут				
	10 (переход на активное питание)	20	30	40	50
Длина, мм	15	20	36	50	67
Масса тела, мг	23	34	341	759	1500
Коэф. упитанности по Фультону, ед.	0,63	0,42	0,72	0,61	0,5
Интенсивность питания, балл	2,7	3	-	-	-
Индекс наполнения кишечника, ‰	-	-	980	680	450
Состав пищевого комка, %					
декапс. яйца артемии <i>Artemia salina</i>	65	70	-	-	-
зоопланктон	35	30	-	-	-
искусств. корм	-	-	100	100	100

Таблица 4 – Химический состав мышц молоди стерляди, выпускаемой в 2022 году (среднее знач., в скобках – варибельность: *min-max*)

Показатели	Значение
Содержание белка, мг/г	102 (94-110)
Содержание воды, %	84,7 (83,2-85,8)
Содержание общих липидов, % от сырой массы	1,14 (0,96-1,25)

Для выполнения гос. задания по выпуску сазана (2,55 млн. шт.) было проведено 2 нерестовые кампании сазана: было использовано суммарно 37 шт. самок (ср. масса 5 кг) и 33 шт. самцов (3,18 кг). Гормональное стимулирование проводилось суспензией гипофиза карповых рыб (самки предварит. доза 0,3 мг/кг; разрешающ. – 3,5 мг/кг; самцы – однократно 1 мг/кг). Получено 31 кг икры рыбноводного качества (15,7 млн. шт. икр.). Инкубация происходила в температурном промежутке 16-21 °С, использовались инкубационные аппараты Вейса (0,5 кг/апп.) и «Амур» (1,5 кг/апп.). Успешно получено и высажено в пруд площадью 100 га 12,6 млн. шт. неподрощенной личинки (1,5 млн. шт. из них посажены в отгороженный земляной пересыпкой участок пруда площадью 1 га для подращивания).

Для проведения компенсационных выпусков использовалось 19 шт. самок (7,63 кг) и 30 шт. самцов (2,67 кг), от которых получено 19 кг икры рыбноводного качества, а затем 2,4 млн. шт. личинок,

которые зарыблены в двухгектарные выростные пруды с плотностью посадки 150 тыс. шт./га. Температура воды при инкубации составила 24 °С. Дозировка гипофизарных инъекций идентична вышеописанному.

Состояние кормовой базы выростных прудов РРЗ: биомасса зоопланктона – 23565 мг/м³; количество – 131740 шт. особей/м³. Из них ветвистоусые рачки рода *Daphnia* – 98%; остальная часть приходится на представителей родов *Copepoda*, *Calanipeda*, личинок хирономид, коловраток.

Таблица 5 – Динамические морфобиологические показатели молоди сазана на Рогожкинском рыбноводном заводе в 2022 году (прим.: ср. знач. ± среднеквадратич. отклонение; в скобках – вариабельность: *min-max*)

Дата контр. облова	Средняя масса, г	Промысловая длина, см	Коэффициент упитанности по Фультону, ед.	Количество исследованной молоди, шт.	Возраст молоди со дня зарыбления, сут
09.06.2022	0,021±0,001 (0,01-0,03)	1±0,03 (0,8-1,2)	2,1±1,6 (1,5-2,5)	14	10
30.06.2022	4,68±0,61 (2-9)	5,3±0,24 (4-6,5)	2,9±0,04 (2,8-3,2)	13	30
12.07.2022	6,53±0,16 (5-8)	8,4±0,64 (3,5-13,7)	2,9±0,05 (2,4-3,4)	20	42
18.07.2022	11,5±0,98 (5,3-16,9)	7,4±0,21 (6-8,5)	2,7±0,03 (2,4-2,9)	18	48
25.07.2022	13,3±0,66 (6,2-34)	7,8±0,2 (6,6-10,8)	2,6±0,04 (2,2-2,9)	39	55
29.07.2022	14,6±0,76 (6,8-34,2)	8,1±0,13 (6,2-11,1)	2,65±0,03 (2,3-3)	50	59

Таблица 4 – Химический состав мышц молоди сазана, выпускаемой в 2022 году (прим.: ср. знач. ± среднеквадратич. отклонение; в скобках – вариабельность: *min-max*)

Масса, молоди, г	Сухое вещество, %	Жир, %	Зола, %	Белок, %
14,6±0,76 (6,8-34,2)	18,3±0,18 (17,9 -19,1)	0,116±0,05 (0,03 -0,41)	0,98±0,04 (0,9 -1,2)	17,2±0,14 (16,7-17,8)

Белый толстолобик и белый амур зарыблялись в поликультуре. Плотность посадки неподрощенной личинки в выростные пруды составила по б. толстолобику – 60 тыс. шт./га; по б. амуру – 30 тыс. шт./га. Зарыбленные выростные площади – 22 га (1,32 млн. шт. б. толстолобика и 0,66 млн. шт. б. амура).

Для получения такого количества личинки использовано: б. толстолобик: 14 шт. самок (5,35 кг) и 12 шт. самцов (2,08 кг); б. амур: 13 шт. самок (7 кг) и 13 шт. самцов (4,14 кг). Гормональное стимулирование идентично сазану. Средняя температура воды при инкубации составила 25 °С. Получено 10 кг икры белого толстолобика и 12,5 кг белого амура. Используемые инкубационные аппараты – типа «Амур» (загрузка 1,5 кг/апп.).

Таблица 5 – Динамические морфобиологические показатели молоди белого толстолобика на Рогожкинском рыбноводном заводе в 2022 году (прим.: ср. знач. ± среднеквадратич. отклонение; в скобках – вариабельность: *min-max*)

Дата контр. облова	Средняя масса, г	Промысловая длина, см	Коэффициент упитанности по Фультону, ед.	Количество исследованной молоди, шт.	Возраст молоди со дня зарыбления, сут
30.06.2022	1,54±0,11 (0,986-2,4)	4,35±0,33 (3,7-5,1)	1,84±0,03 (1,6-2,1)	13	19
18.07.2022	4,28±0,79 (0,91-7,9)	5,7±0,43 (3,7-7,5)	1,9±0,07 (1,5-2)	12	37
25.07.2022	6,97±0,34 (4,6-11,7)	7,43±0,11 (6,7-8,8)	1,66±0,02 (1,5-1,8)	27	43
02.08.2022	11,08±0,27 (8,2-13,7)	8,7±0,06 (8,1-9,4)	1,6±0,01 (1,5-1,8)	45	51

Таблица 6 – Химический состав мышц молоди белого толстолобика, выпускаемой в 2022 году (прим.: числитель – ср. знач.; в скобках – вариабельность: *min-max*)

Масса, молоди, г	Сухое вещество, %	Жир, %	Зола, %	Белок, %
11,08±0,27 (8,2-13,7)	17,2±0,15 (16,8-18)	0,06±0,01 (0,04-0,15)	1±0,03 (0,8-1,4)	17,3±0,133 (15,9-18,1)

Таблица 7 – Динамические морфобиологические показатели молоди белого амура на Рогожкинском рыбоводном заводе в 2022 году (прим.: ср. знач. ± среднеквадратич. отклонение; в скобках – вариабельность: *min-max*)

Дата контр. облова	Средняя масса, г	Промысловая длина, см	Коэффициент упитанности по Фультону, ед.	Количество исследованной молоди, шт.	Возраст молоди со дня зарыбления, сут
12.07.2022	3,3±0,31 (2,7-4,5)	5,3±0,24 (5-6)	2,16±0,07 (1,9-2,3)	6	29
18.07.2022	7,0±0,27 (6,1-8,7)	6,9±0,102 (6,5-7,5)	2,1±0,02 (2-2,2)	12	35
25.07.2022	19,1±2,77 (10,2-22,3)	9,3±0,4 (8-10,1)	2,3±0,09 (2-2,5)	5	42
02.08.2022	39,2±1,5 (27,4-55,3)	12,8±0,16 (11,5-14,2)	1,9±0,02 (1,7-2,2)	31	50

Таблица 8 – Химический состав мышц молоди белого амура, выпускаемой в 2022 году (прим.: числитель – ср. знач.; в скобках – вариабельность: *min-max*)

Масса, молоди, г	Сухое вещество, %	Жир, %	Зола, %	Белок, %
39,2±1,5 (27,4-55,3)	17,52±0,179 (16,4-18,3)	0,09±0,008 (0,05-0,19)	0,98±0,04 (0,7-1,3)	17,6±0,196 (15,7-18,9)

Объем государственного задания по выпуску растительноядных рыб составляет 200 тыс. шт. белого толстолобика и 155 тыс. шт. белого амура. Компенсационные выпускные мероприятия по белому амуру в процессе согласования, по белому толстолобику – не запланированы.

В конце июля – начале августа были проведены 6 актов выпуска молоди сазана в целях выполнения государственного задания. Общее количество выпущенной молоди составило 2,551 млн. шт. Среднeshтучная масса – 10,94 г (официальные данные). Выход молоди от неподрощенной личинки составил 20,2%. Рыбопродуктивность выростного пруда – 279 кг/га.

Выпуск молоди растительноядных рыб был проведен в начале августа. В течение 3-х актов выпуска в р. Дон было выпущено более 206 тыс. шт. белого толстолобика и 160 тыс. шт. белого амура средней массой 10,71 г и 30 г соответственно (официальные данные). Выход молоди от неподрощенной личинки 42,9% и 66,7% соответственно. Рыбопродуктивность выростного водоема: по б. толстолобику – 276 кг/га; по б. амуру – 600 кг/га.

По текущим итогам рыбоводного сезона Рогожкинского рыбоводного завода, государственные задания по выпуску молоди стерляди, сазана и растительноядных рыб выполнены в полном объеме. Компенсационные мероприятия выполняются по мере формирования договоров между компаниями-заказчиками и филиалом.

Состояние производителей и ремонтной молоди можно считать удовлетворительным для обеспечения потребностей предприятия половыми продуктами и посадочным материалом. Общее состояние выростных прудов, уровень развития кормовой базы в них признаны хорошими, в т.ч. благодаря принятому комплексу мелиоративных мер – вспашка ложа прудов, выкос ложа и откосов сухих прудов и по воде, своевременное внесение органических и минеральных удобрений, альголизация прудов культурой зеленой одноклеточной водоросли *Chlorella vulgaris* (средняя плотность клеток в суспензии составила 33 млн. шт. кл./мл). Темпы роста выращиваемой молоди соответствуют установленным биотехническим нормативам.

Сумма этих данных позволяет судить о том, что несмотря на необходимость в полноценной реконструкции, морально и технологически устаревшей материально-технической и методологической базе завода, старейшее предприятие искусственного воспроизводства Ростовской области вполне успешно справляется с обозначенным Филиалом объемом работ.

Список использованных источников

1. Макаров, Э.В. Воспроизводство азовских осетровых и современное состояние их запаса / Э.В. Макаров // АзНИИРХ, 1964. – Т. 54. – № 4. – С. 203-210.
2. Смирнов, А.О. Современное состояние и перспективы развития Рогожкинского рыбоводного завода (Ростовская область) / А.О. Смирнов // мат. конф. «Водные биоресурсы и аквакультура юга России». – Краснодар, 17 мая – 2022.
3. Чебанов, М.С. Руководство по искусственному воспроизводству осетровых рыб. – №558. – Краснодар: Анкара. – 2013. – 297 с.

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ В СИМПАТРИЧЕСКИХ ПАРАХ СИГОВ РОДА *COREGONUS* КАК ОСНОВА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВИДОСПЕЦИФИЧНЫХ КОРМОВ

^{1,2}Соловьев М.М., ^{1,2}Кашинская Е.Н., ^{1,2}Симонов Е.П., ^{1,2,3}Шокурова А.В.

¹ФГБУН «Институт систематики и экологии животных СО РАН», г. Новосибирск, Российская Федерация

²ФГБУН «Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН», г. Москва, Российская Федерация

³ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет», г. Новосибирск, Российская Федерация

Аннотация. В настоящем исследовании были определены основные биохимические характеристики пищеварительных ферментов, а также таксономическое разнообразие и соотношение таксонов в микробных сообществах желудочно-кишечного тракта симпатрических пар сигов рода *Coregonus* из различных озер Сибири. Доминирующими филумами в желудочно-кишечном тракте у сигов Телецкого озера были Proteobacteria, Firmicutes и Tenericutes, в то время как у сигов из озера Баунт доминировал только филум Proteobacteria. Между бентофагами и планктофагами основные различия в работе пищеварительных ферментов наблюдались в уровнях активности панкреатических гидролаз.

Ключевые слова. Рыбы, симпатрическая пара, сиги, *Coregonus*, пищеварительные ферменты, микробиота, 16S рРНК секвенирование.

DIGESTIVE PHYSIOLOGY FEATURES OF SYMPATRIC PAIR OF WHITEFISHES FROM GENUS *COREGONUS* AS A BASIS FOR SPECIES-SPECIFIC DIET FORMULATION

^{1,2}Solovyev M.M., ^{1,2}Kashinskaya E.N., ^{1,2}Simonov E.P., ^{1,2,3}Shokurova A.V.

¹Institute of Systematics and Ecology of Animals, SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation

²A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

³FSSFEI HE Novosibirsk SAU, Novosibirsk, Russian Federation

Abstract. In the present study, the key biochemical characteristics of digestive enzymes, as well as the taxonomical structure of microbial communities in the gastrointestinal tract of sympatric pairs of whitefish of the genus *Coregonus* from different lakes of Siberia, was carried out. The dominant phyla in the gastrointestinal tract of whitefish from Teletskoye Lake were Proteobacteria, Firmicutes, and Tenericutes, while only the phylum Proteobacteria dominated in whitefish from Baunt Lake. Between benthivorous and planktivorous, the main differences associated with digestive enzymes were observed in the levels of activity of pancreatic hydrolases.

Keywords. Fish, sympatric pair, whitefishes, *Coregonus*, digestive enzymes, microbiota, 16S rRNA sequencing

Сиг пыхьян имеет повсеместное распространение в преимущественно олиготрофных водоемах Северного полушария, где формирует симпатрические пары, различающиеся по спектрам питания. На территории Сибири лакустринные пары сигов населяют, помимо прочих, например, озеро Телецкое и Баунт, расположенные в Республике Алтай и Республике Бурятия, соответственно. В озере Телецкое (бассейн реки Обь) пара сигов представлена многотычинковой формой/видом – сиг Правдина *C. l. pravdinellus* по типу питания относящимся к планктофагам и малотычинковой формой/видом – Телецким сигом *C. l. pidschian* по типу питания принадлежащим к бентофагам [1, 2, 3, 4]. В свою очередь в озере Баунт (бассейн реки Витим) описано три формы/вида сигов, также различающихся по числу жаберных тычинок и спектрам питания - *C. l. pidschian* и *Coregonus* sp., относящиеся к бентофагам и эндемик озера - Баунтовская ряпушка *C. baunti* sp. nova относящаяся к планктофагам [5]. В настоящей работы мы придерживались доминирующей гипотезы, согласно которой, кормовые ресурсы водоема является основной движущей силой в формировании морфологических и физиологических адаптаций для исследуемых форм/видов сигов к их спектрам питания. В тоже время вопрос об особенностях работы

пищеварительной системы и структуры микробных сообществ у сига с различной пищевой специализацией остается по-прежнему слабо изученным. Кроме того, для сига практически отсутствуют искусственные корма, которые бы отвечали всем необходимым физиологическим и энергетическим потребностям данных рыб. Проведение данного исследования позволяет приблизиться к пониманию особенностей функционирования пищеварительной системы сига с различной пищевой специализацией, и, как практический результат, к формированию высококачественной рецептуры искусственных кормов и кормовых добавок.

Цель исследования – определить структуру энтеральной микробиоты и основные биохимические особенности пищеварительных ферментов в желудочно-кишечном тракте сига из озера Телецкое и Байнот.

Сбор образцов для биохимических и молекулярно-генетических исследований осуществляли в осенний период (конец августа-начало сентября) 2012 и 2017–2022 гг (озеро Телецкое) и в середине лета (июль) 2020–2022 гг (озеро Байнот). После отлова ставными жаберными сетями с ячейкой 18–25 мм, рыб доставляли в контейнерах с водой до полевой лаборатории (озеро Байнот), либо до лаборатории научного стационара (озеро Телецкое). В лаборатории пищеварительный тракт вырезали в асептических условиях и замораживали в жидком азоте для дальнейшего анализа в лаборатории ИСиЭЖ СО РАН. В слизистой различных отделов пищеварительного тракта (желудок и кишечник) оценивали активность, кинетические характеристики (K_m и V_m), а также температурные и pH оптимумы ключевых пищеварительных ферментов, ответственных за полостное и мембранное пищеварение. Кроме того, в кишечнике сига также определялся спектр щелочных протеаз с помощью SDS-PAGE электрофореза. Структура микробных сообществ пищеварительного тракта сига определялась с помощью метагеномного секвенирования гипервариабельного участка 16S rPHK (регион V3-V4) на платформе MiSeq (Illumina).

Для исследуемых нами сига мы не обнаружили особых различий, как в кинетических характеристиках, так и в pH и в температурных оптимумах. Основные различия в работе пищеварительных гидролаз заключались в их уровнях активности, и это касалось только панкреатических ферментов (трипсин, химотрипсин, липаза и амилаза). Активность этих ферментов была достоверно выше у сига, питавшихся бентосными организмами по сравнению с сигами, предпочитавшими планктонных ракообразных.

По структуре микробных сообществ пищеварительного тракта мы отмечаем следующие различия: в желудке бентофага из Телецкого озера основным филум был представлен Proteobacteria, хотя у планктофага преобладал филум Firmicutes. Также для бентосоядного сига филум Proteobacteria был основным доминантом в кишечнике, составляя 51.8–79.3% от общего состава бактерий. У планктофага мы также отмечаем филум Proteobacteria в значительном количестве. В тоже время значительная доля приходится на филумы Firmicutes и Tenericutes. Интересно отметить, что для обоих отделов кишечника сига Правдина соотношение филумов Proteobacteria, Tenericutes и Firmicutes в образцах содержимого и слизистой изменяется сходным образом. Также схожая зависимость для двух отделов кишечника отмечена для Телецкого сига для филумов Proteobacteria и Tenericutes.

По результатам молекулярно-генетических исследований микробиота, ассоциированная с желудочно-кишечным трактом сига из оз. Байнот представлена 56-ю филумами эубактерий. В составе микробиоты желудочно-кишечного тракта сиговых рыб доминировал филум Proteobacteria. Так, в микробиоте сига-бентофага преобладали бактерии филумов Chlamydiae, Firmicutes и Planctomycetes, а у байнотской ряпушки (планктофаг) - Bacteroidetes, Firmicutes, Planctomycetes и Tenericutes. На более низком таксономическом уровне состав энтеральной микробиоты сига озера Байнот значительно отличался между разными формами/видами. Так, доминирующими таксонами бактерий в желудочно-кишечном тракте сига бентофага были Simkaniaceae (Candidatus Rhabdochlamydia), *Silvanigrella*, *Clostridium sensu stricto* 1, *Ralstoni*, *Klebsiella*, *Erysipelothri*, и др, в то время как в желудочно-кишечном тракте байнотской ряпушки (планктофаг) доминировали *Mycoplasma*, *Tyzzereella* 3, *Pseudomonas* и др.

В результате проведенного исследования мы установили, что ключевые отличия в работе ферментативной системы пищеварительного тракта сига с разным типом питания заключались в различиях уровней активности панкреатических гидролаз. Кроме того, такие характеристики как K_m и V_m , pH и температурные оптимумы для ферментов между бентофагами и планктофагами во многих случаях не отличались. В то же время, энтеральная микробиота сига значительно различается как в зависимости от типа питания сига (планктофаг и бентофаг), так и от озера (Телецкое и Байнот).

Список использованных источников

1. Phylogenetic position of whitefish *Coregonus lavaretus* (L.) from Teletskoye Lake (Siberia) based on complete mitochondrial DNA / M. Solovyev [and etc.] // Russ J Gen. – 2022. – 58, - P. 235 – 240. <https://doi.org/10.1134/S1022795422020120>

2. The effect of diet on the structure of gut bacterial community of sympatric pair of whitefishes (*Coregonus lavaretus*): one story more / M. Solovyev [and etc.] // PeerJ. – 2019. – 7, - P e8005. <https://doi.org/10.7717/peerj.8005>

3. Feeding habits shape infection levels by plerocercoids of the tapeworm *Triaenophorus crassus* in muscle of a sympatric pair of whitefish in an oligotrophic lake / E. Kashinskaya [and etc.] // J Helmit. – 2021. – 95, E8. <https://doi.org/10.1017/S0022149X20000991>

4. Secondary Intergradation of Various Forms of Pidschian-Like Whitefishes (*Coregonus lavaretus* sensu lato, Coregonidae) in the Water Bodies of the Altai-Sayan Mountains / Russ J Gen: Appl Res. – 2018. – 8 (2), - P. 178-189. <https://doi.org/10.1134/S2079059718020028>

5. Morphological, ecological and mtDNA sequence variation in coregonid fish from the Baunt Lake system (the Vitim River basin) / N. Bochkarev [and etc.] // Adv. Limnol. – 2013. – 64, - P. 257-277. <https://doi.org/10.1127/1612-166X/2013/0064-0025>

Секвенирование микробных сообществ и биохимический анализ пищеварительных ферментов выполнен при поддержке гранта РФФ №19-74-10054, метаанализ данных литературы по микробиоте и пищеварительным ферментам рыб был проведен при поддержке Мегагранта № 220-6544-5338.

ВЫРАЩИВАНИЕ ДОНСКОГО РЫБЦА (VIMBA VIMBA) В УЗВ

^{1,2}Старикова Т.С., ^{1,2}Пономарева Е.Н., ¹Старцев А.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. Введение рыба в аквакультуру юга России очень актуально, с учетом того, что в последние годы в период до зарегулирования стока Дона (1927-1952 гг.) уловы рыба находились в интервале от 110 т до 590 т, а среднесуточная добыча в Азово-Донском районе достигала 270 т. Зарегулирование стока р. Дон оказало отрицательное влияние на воспроизводство рыба. Плотины преградили рыба доступ к естественным нерестилищам. Основная цель исследования - эксперименты по выращиванию молоди рыба (*Vimba vimba*) на гранулированных кормах в модернизированной установке, для выращивания этого ценного вида. В результате эксперимента нами установлено, что при содержании производителей рыба в УЗВ были получены лучшие приросты массы тела, чем на проточной воде. Задержка прироста в первом случае была связана, со снижением потребления и усвояемости поедаемого корма, в результате ухудшения параметров воды, связанные с повышением температуры и ухудшением газового режима.

Ключевые слова. УЗВ, Донской рыба, выращивание, корм, воспроизводство.

GROWING DON FISH (VIMBA VIMBA) IN RAS

^{1,2}Starikova T.S., ^{1,2}Ponomareva E.N., ¹Startsev A.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 introduction of fish into the aquaculture of southern Russia is very important, given the fact that in recent years, in the period before the regulation of the Don runoff (1927-1952), fish catches were in the range from 110 tons to 590 tons, and the average long-term production in the Azov-Don region reached 270 tons. Don had a negative impact on the reproduction of fish. Dams prevent fish from accessing natural spawning grounds. The main goal of the study is experiments on growing young fish (*Vimba vimba*) on granular feed in a modernized facility to grow this valuable species. As a result of the experiment, we found that with the maintenance of fish spawners in RAS, better body weight gains were obtained than in running water. The delay in growth in the first case was associated with a decrease in the consumption and digestibility of the food eaten, as a result of a deterioration in water parameters associated with an increase in temperature and a deterioration in the gas regime.

Keywords. RAS, Don fish, cultivation, feed, reproduction.

Аквакультура продолжает интенсивно развиваться в мире и в нашей стране на фоне сокращения вылова водных биологических ресурсов [1].

Общий объем производства продукции аквакультуры (включая водные растения) в РФ достиг в 2020 году 328,6 тыс. тонн, что в ценах первоначальной продажи составило 263,5 млрд. долл. США.

Для дальнейшего развития аквакультуры в России необходим переход к высокопродуктивному и экологически чистому агро- и аквахозяйству, создание безопасных и качественных, в том числе функциональных продуктов питания, такое направление обозначено в Стратегии развития научно-технического развития России.

Введение новых объектов в аквакультуру является одним из перспективных направлений развития этого сектора сельского хозяйства. Введение рыба в аквакультуру юга России очень актуально, с учетом того, что в последние годы в период до зарегулирования стока Дона (1927-1952 гг.) уловы рыба находились в интервале от 110 т до 590 т, а среднесуточная добыча в Азово-Донском районе достигала 270 т [2,3]. Зарегулирование стока р. Дон оказало отрицательное влияние на воспроизводство рыба. Плотины преградили рыба доступ к естественным нерестилищам.

Основная цель исследования — это эксперименты по выращиванию молоди рыба (Vimba vimba) на гранулированных кормах в модернизированной установке, для выращивания этого ценного вида.

Методы исследования. Были проведены эксперименты по выращиванию молоди рыба на гранулированных кормах в модернизированной установке. Эксперименты были проведены в двух вариантах: на воде из открытого источника водоснабжения, подготовленной с использованием блока водоподготовки и на водопроводной воде. Результаты эксперимента представлены в таблице 1. Для кормления использовали корма для молоди рыб ИНИЦИО плюс фирмы БИОМАР. Кратность кормления 4 раза в сутки. Норма кормления рассчитывалась по кормовым таблицам в зависимости от массы тела и температуры воды. Начальная масса молоди рыба составила 0,18 г, плотность посадки 2,0 тыс. экз. на м³. Время проведения эксперимента составило 65 суток. После завершения эксперимента были определены показатели роста.

Абсолютный прирост рассчитывался по формуле (1):

$$P = M_k - M_n \quad (1)$$

где:

P – абсолютный прирост, г;

M_k – масса конечная, г;

M_n – масса начальная, г.

Среднесуточный прирост по формуле:

$$C = (m_k - m_n) / n \quad (2)$$

где:

C – среднесуточный прирост, г/сут;

m_k – масса в конце выращивания, г;

m_n – масса в начале выращивания, г;

n – продолжительность выращивания, сут.

Среднесуточную скорость роста вычисляли по формуле сложных процентов (132) (4):

$$A = [(M_k / M_n)^{1/T} - 1] * 100 \quad (3)$$

где, A – среднесуточная скорость роста, %;

M_k – масса в конце выращивания, г;

M_n – масса в начале выращивания, г;

T – продолжительность выращивания, сут.

Результаты исследования. В результате выращивания донского рыса были получены показатели на разной воде представленные в таблице 1.

Таблица 1 - Показатели выращивания молоди рыба на разной воде

Показатели	1	2
Масса начальная, г	0,18±0,03	0,18±0,03
Масса конечная, г	1,19±0,34	1,22±0,26
Абсолютный прирост, г	1,01	1,04
Среднесуточный прирост, г/сут	0,016	0,016
Среднесуточная скорость роста, %	10,6	10,8
Выживаемость, %	78	80
Продолжительность эксперимента, сутки	65	

* 1 - без водоподготовки; 2 - с блоком водоподготовки

Следует отметить, что среднесуточный прирост массы тела молоди рыба за период проведения эксперимента был одинаковый в двух опытных вариантах и составил 0,016 г/сутки в первом и 0,016 г/сутки во втором варианте. Среднесуточная скорость роста была выше во втором варианте, но отличия были не достоверны (рисунок 1).



А



Б

Рисунок 1 - Молодь рыба при разных вариантах выращивания:
А – с блоком водоподготовки; Б- без блока водоподготовки

В результате исследований выявлено, что вода из открытого источника водоснабжения может быть использована для выращивания донского рыба после блока водоподготовки, конструкция которого была предложена как инновационная разработка по проекту. Это позволяет установки размещать вблизи разных водоемов рыбохозяйственного назначения, в тоже время установку можно использовать и без блока водоподготовки как стандартное УЗВ. Такая трансформация может обеспечить выращивание в любое время года независимо от погодных условий.

При содержании рыба при искусственном воспроизводстве на протоке, вода поступала из реки в бассейны и по системе водоотвода возвращалась обратно.

В эксперименте использовался бассейн размерами 2x2x0,5 м, с рабочим объемом 1,2 м³, в который было помещено 20 производителей рыба общей массой 5,1 кг, что составило плотность посадки равной 4,25 кг/м³.

Температура воды в установке соответствовала таковой поступающей извне. Другие параметры, содержание растворенного кислорода, соленость и пр., также соответствовали внешним показателям (рисунок 2).

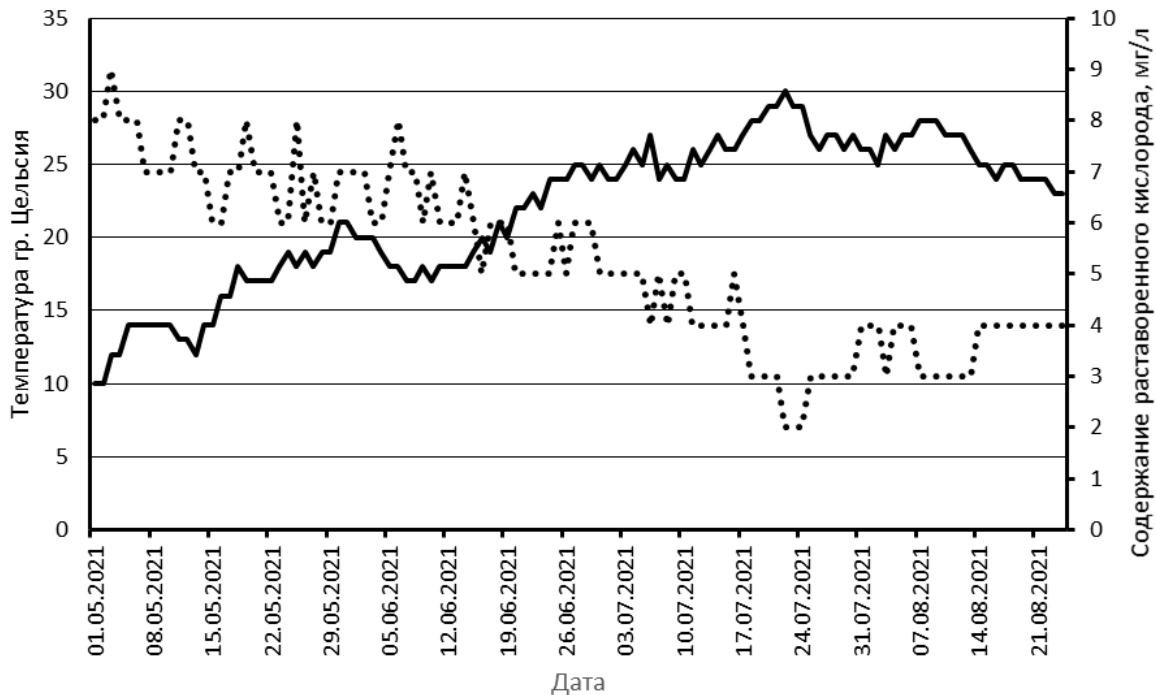


Рисунок 2 - Гидрохимические показатели воды на входе в бассейн содержания производителей рыба

Наиболее комфортные условия содержания производителей были в мае и июне, в июле и августе температура воды была выше 25°C, а содержание кислорода иногда понижалось до 2 мг/л. Повышенная температура и низкое содержание растворенного кислорода сказывалось на активности потребления пищи и соответственно на накоплении общей массы.

Кормление рыбы производили сбалансированным комбикормом для карповых рыб. Наибольшая интенсивность кормления была обеспечена во второй половине мая и июле, когда потребление корма было максимальным. В июле и августе, по причине высокой температуры и низкого содержания растворенного в воде кислорода интенсивность питания уменьшалась. В целом прирост массы тела составил 68 г или 127% к первоначальной посадочной массе производителей (таблица 2).

Таблица 1 - Биологические показатели при содержании производителей рыба на проточной воде с водоподготовкой

Период	Ср. масса	Норма кормления от массы тела, %	Прирост массы, г	Доля прироста, %
Май	252	3		
Июнь	268	4	16	106,3
Июль	300	2	32	111,9
Август	320	2	20	106,7
ИТОГО:			68	127,0

При содержании производителей в модернизированной установке были выдержаны схожие параметры, т.е. производители в количестве 20 шт., были помещены в бассейн, с аналогичными размерами и объемом. Первоначальная посадочная масса была равна 5 кг, а плотность посадки 3,3 кг/м³. После непродолжительной адаптации, температура в бассейне была установлена в пределах 22-24°C, а содержание растворенного кислорода – 5,6-6,0 мг/л. (Рисунок 3).

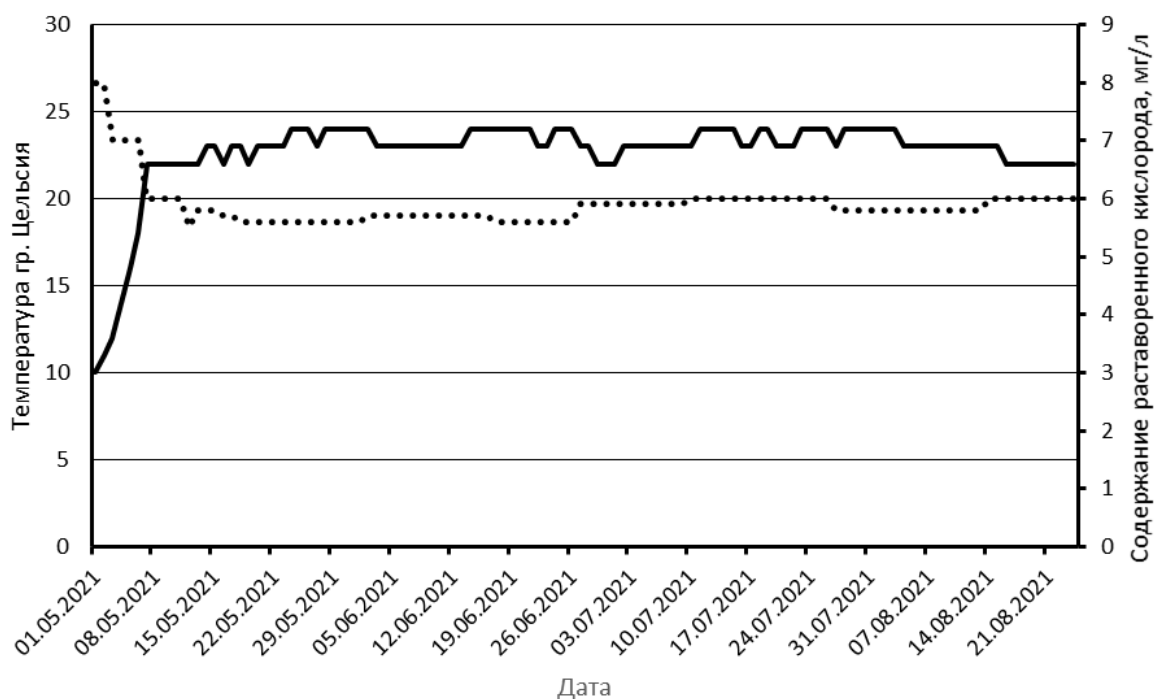


Рисунок 3 - Гидрохимические показатели воды при содержании производителей рыба в бассейне установки

Для кормления рыбы использовали аналогичные корма как в первом варианте экспериментов. Благодаря однородным параметрам содержания, норму кормления выдерживали 4% от первоначальной биомассы на протяжении всего времени проведения эксперимента. В целом прирост массы тела оказался в два раза выше и составил 135 г или 154% к первоначальной посадочной массе

производителей. Таким образом, при содержании производителей в УЗВ мы получили лучшее показатели, чем при аналогичном содержании на проточной воде.

Таблица 3 - Биологические показатели производителей рыбца при содержании в УЗВ

Период	Ср. масса	Норма кормления от массы тела, %	Прирост массы, г	Доля прироста, %
Май	250	4		
Июнь	278	4	28	111,2
Июль	339	4	61	121,9
Август	385	4	46	113,6
ИТОГО:			135	154,0

В результате эксперимента нами установлено, что при содержании производителей рыбца в УЗВ были получены лучшие приросты массы тела, чем на проточной воде. Задержка прироста в первом случае была связана, со снижением потребления и усвояемости поедаемого корма, в результате ухудшения параметров воды, связанные с повышением температуры и ухудшением газового режима.

В целом же, в зависимости от капиталовложений, оба метода пригодны для содержания производителей при выращивании рыбца в промышленных условиях. Работа выполнена в рамках ГЗ ЮНЦ РАН № 122020100328-1.

Список использованных источников

1. Уловы рыб и нерыбных объектов рыбохозяйственными организациями Азовского бассейна и прилегающих участков Черного моря (1960–1990 гг.): стат. сб. / сост. Ю. И. Зайдинер, Л. В. Попова. СПб.: Изд-во ГосНИОРХ, 1993. 170 с.
2. Матишов Г. Г., Балыкин П. А., Пономарева Е. Н. Рыболовство и аквакультура России // Вестн. Рос. акад. наук. 2012. No 1. С. 35–43.
3. Карпенко Г. И., Переверзева Е. В., Головкин Г. В., Зипельт Л. И. Ретроспективный анализ исследовательских работ по воспроизводству рыбца и шемаи (1930– 2015 гг.). Ростов н/Д.: Изд-во АзНИИРХ, 2017. 286 с.
4. Смирнова Е. Н. Особенности развития кубанского рыбца в эмбриональном и личиночном периодах жизни // Тр. ин-та морфологии животных им. А. Н. Северцова. М., 1957. Вып. 20. С. 71–95.
5. Неваляев А. Н., Пономарева Е. Н., Сорокина М. Н. Биологические основы рыбоводства: учеб. М.: Моркнига, 2016. 434 с.

ИННОВАЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РЫБОВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА ООО «ПРИБОЙ»

¹Старцев А.В., ¹Корчунов А.А., ¹Савицкая С.С., ¹Кузов А.А.

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

Аннотация. В статье приведены статистические данные по выращиванию товарной рыбы в Южном федеральном округе и его сегменте Волгоградской области. В целом, в названном регионе, зарегистрировано 13 рыболовецких колхозов, 6 прудовых хозяйств, а также более десятка частных предприятий по разведению рыбы и ракообразных. Дано краткое описание одного из таких хозяйств – ООО «Прибой», являющееся многопрофильным и имеющим 355 га прудов различного назначения, для выращивания карпа и растительноядных рыб. Осетровые рыбы содержатся в бассейнах, садках и модульной установки интенсивного рыбоводства. Внутри хозяйства и имеются цеха переработки рыбы и производства комбикорма. Определены перспективы сотрудничества с образовательными и научно-исследовательскими учреждениями Южного федерального округа РФ.

Ключевые слова. Прудовое хозяйство, карповые, осетровые, модуль интенсивного рыболовства, научное сотрудничество.

INNOVATIONS AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF FISH FARMING LLC "PRIBOY"

¹Startsev A.V., ¹Korchunov A.A., ¹Savitskaya S.S., ¹Kuzov A.A.

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

Abstract. The article provides statistical data on the cultivation of commercial fish in the Southern Federal District and its segment of the Volgograd region. In general, in this region, 13 fish farms, 6 pond farms, as well as more than a dozen private farms for breeding fish and crustaceans are registered. A brief description of one of these farms is given - LLC "Priboy", which is a diversified and has 355 hectares of ponds for various purposes, for growing carp and herbivorous fish. Sturgeon fish are kept in pools, cages and a modular intensive fish farming unit. Inside the farm there are fish processing shops and feed production. Prospects for cooperation with educational and research institutions of the Southern Federal District of the Russian Federation have been determined.

Keywords. Pond farming, carp, sturgeon, intensive fishing module, scientific cooperation.

В настоящее время в Волгоградской области производится около 2,5 тыс. тонн продукции товарной аквакультуры, что составляет не более 3% от общего производства по Южному федеральному округу РФ [1]. Лидерами являются Ростовская, Астраханская области и Краснодарский край, где выращивают более 20,0 тыс. тонн товарной рыбы (таблица 1).

Таблица 1 – Динамика производства продукции товарной аквакультуры в Южном федеральном округе Российской Федерации в 2016 - 2020 гг. (тонн)

Регион/год	2016	2017	2018	2019	2020
Ростовская область	23412	26988	28445	29539	27874
Астраханская область	23184	23276	22066	21448	19136
Краснодарский край	21992	22892	22519	24247	24177
Волгоградская область	2341	2677	2544	2297	2397
Республика Крым	1648	2523	2861	3590	4656

Республика Адыгея	90	120	122	158	201
Республика Калмыкия	101	72	44	97	60
г. Севастополь	51	67	93	62	142
Итого ЮФО	72819	78615	78694	81438	78643
В целом по РФ	205343	219663	238654	286840	328603

Основные направления аквакультуры региона, это прудовое разведение карпа и растительноядных рыб – толстолобиков и амуров, осетроводство и более молодое направление – выращивание товарной форели и ракообразных.

В целом в Волгоградской области, по данным комитета по сельскому хозяйству Волгоградской области, зарегистрировано 13 рыбоводческих колхозов, 6 прудовых хозяйств, а также более десятка ЛПХ по разведению рыбы и ракообразных [2]. Одним из таких хозяйств является ООО «Прибой»

Географически рыбное хозяйство находится в Быковском районе Волгоградской области. Как юридическое лицо зарегистрировано с 2005 года и является правопреемником СПК «Рыбколхоз «ПАМЯТЬ ЛЕНИНА», который вел рыбоводную деятельность с 1968 года.

Хозяйство располагает 175 га ежегодно заливаемых и около 180 га резервных (используемых под распашку) прудов. Кроме этого, имеются выростные, мальковые, маточные, зимовальные и карантинные пруды (таблица 2.).

Таблица 2 – Производственные мощности ООО «Прибой»

ПРУДЫ	КОЛ-ВО	ПЛОЩАДЬ, ГА	НАЗНАЧЕНИЕ
Нагульные действующие/летование	4/3	175/180	Товарная рыба
Выростные	2	27	Посадочный материал
Мальковые	3	0,6	Подращивание личинки
Маточные	3	0,6	Содержание ремонтно-маточного стада (РМС)
Карантинные	2	0.4	Санитарная обработка, карантин
Зимовальные	5	1,0	Зимовка посадочного материала
Зимовальные садки	2	0,03	Реализация товарной рыбы

ООО «Прибой» является многопрофильным хозяйством и занимается выращиванием осетровых, товарного карпа и растительноядных рыб. Также нерестует и выращивает посадочный материала карпа, как для собственных нужд, так и для внешней реализации.

Ежесезонно на рыбхозе выращивается 200-260 тонн качественной прудовой рыбы навеской от 1,8-2,0 кг (таблица 3) и 30-50 тонн, навеской от 0,1 до 0,25 кг рыбопосадочного материала. Наличие зимовальных садков позволяет содержать живую рыбу, доступную к продаже до начала следующего рыбоводного сезона. Рыбопродуктивность в целом составляет 0,9-1,3 тонн/га.

Таблица 3 – Вылов прудовой рыбы

Товарная рыба	2020 г.		2021 г.	
	Вылов, тонн	Продуктивность тонн/га	Вылов, тонн	Продуктивность тонн/га
Карп	170,7	0,943	208,5	1,3
Толстолобик	24,6	0,119	33,2	0,2
Белый амур	9,0	0,047	17,8	0,107

Кроме карпов и растительноядных рыб, ООО «Прибой» занимается разведением и выращиванием осетровых рыб, содержащихся в бассейнах и садках. Ремонтно-маточное стадо состоит

из стерляди, ленского и русского осетров. Для товарного производства используются межвидовые гибриды.

Помимо традиционных емкостей для содержания осетровых, хозяйство имеет модульную установку интенсивного выращивания рыбы, известную за рубежом как *in-pond raceway system* (IPRS), т.е. внутриводные бетонные бассейны-секции с интенсивной подачей воздуха посредством воздуходувок (эрлифты), которые обеспечивают циркуляцию воды (рис. 1). Установка позволяет содержать до 15 тонн осетра на площади 0,1 га.

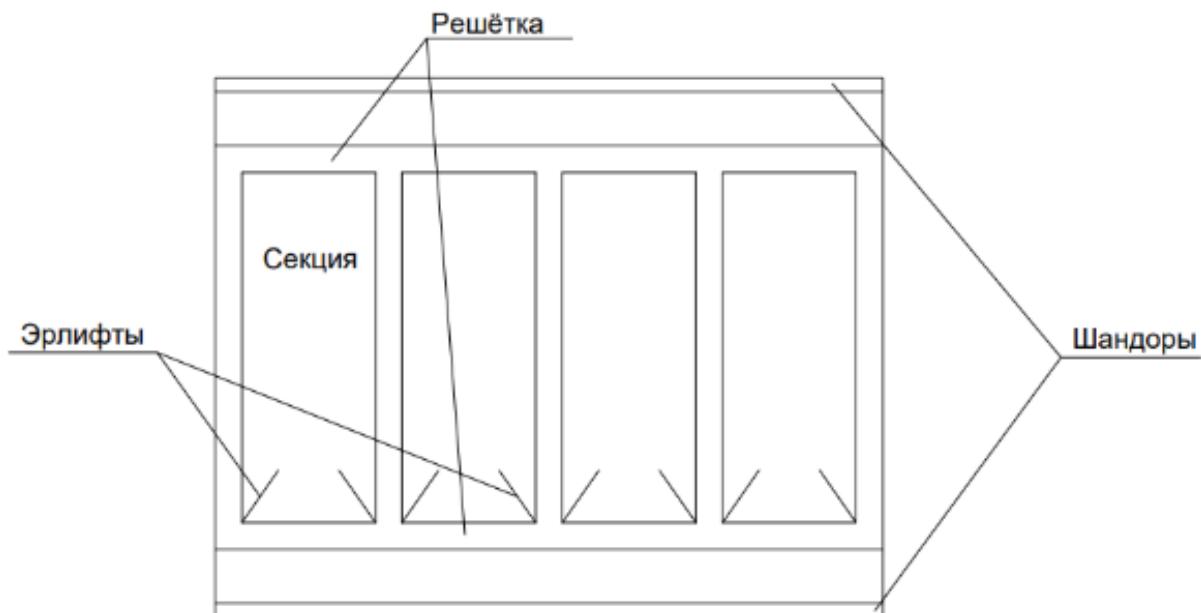


Рисунок 1 – Схема модуля интенсивного выращивания

Следует отметить, что похожие установки и технологии имеются за рубежом (США, Вьетнам), однако публикаций, описывающих работу аналогичных модульных систем, действующих на территории Российской Федерации, нет.

Внутри хозяйства, благодаря наличию современного комбикормового цеха, производится сбалансированный комбикорм для кормления собственной рыбы.

ООО «Прибой» ведет тесное сотрудничество с образовательными и научными учреждениями. Студенты и аспиранты Астраханского государственного технического университета (АГТУ), Донского государственного технического университета (ДГТУ) и Волгоградского государственного аграрного университета (ВГАУ) проходят учебную и производственную практики.

В рамках договора № 944-2020 от 23.04.2020 г. между ООО «Прибой» и Южным научным центром Российской академии наук были проведены научно-исследовательские работы по оценке эффективности выращивания карпа в модульных установках открытого типа, смонтированных непосредственно в береговой части пруда площадью 40 га [3, 4].

Также в модульной установке ЮНЦ РАН проводит исследования влияния условий выращивания на репродуктивную систему самок сибирского осетра с нарушением липидного обмена.

ЮНЦ РАН разработана Программа проведения исследований на базе ООО «Прибой» в 2022 году, которая предусматривает:

1. проведение сбора генетического материала на предприятиях аквакультуры от производителей естественной генерации, от производителей второго-третьего поколений, выращенных в искусственных условиях по 20-30 шт. для определения уровня полиморфизма митохондриальной и ядерной ДНК.
2. проведение сбора репродуктивного материала осетровых рыб для пополнения коллекционного фонда БРК, проведение тестирования качества репродуктивного материала.
3. проведение исследований по криоконсервации репродуктивных клеток осетровых рыб с применением новых разработанных криопротектерных сред.
4. проведение исследований и сбора научного материала от самок осетровых рыб для проведения сравнительной оценки функционального состояния осетровых рыб и их потомства при содержании при естественных температурах

5. оценку состояния ихтиофауны водосборных водоемов Волгоградского водохранилища. Определение роли основных видов рыб в репродукции и пополнении промысловых запасов, формировании кормовой базы хищных рыб, межвидовых и внутривидовых связях рыб, и других параметров ихтиоценов нижеволжского бассейна Проведение исследований влияния дикой (сорной) рыбы на выращивание и содержание осетровых рыб в садках

6. разработку и апробацию биологических методов борьбы с сорной рыбой и другими вредителями в рыбоводных прудах ООО «Прибой»

Совместно с Всероссийским научно-исследовательским институтом орошаемого земледелия разрабатывается и внедряется инновационная технология улучшения качества воды в прудовом рыбоводстве с использованием штамма ИФР №С-111 суспензии хлореллы [5].

В сотрудничестве с Донским государственным техническим университетом проводится разработка технологии производства влажных пастообразных полнорационных и специализированных кормов для рыб, культивируемых на юге страны, на основе местных минеральных ресурсов.

Наличие цеха переработки рыбы на территории хозяйства позволяет изготавливать конечный пищевой продукт исключительно из свежей рыбы. Ассортимент продукции составляет рыба холодного и горячего копчения, вяленая рыба, 100% рыбный фарш из прудовой рыбы, суповые наборы. География распространения охлажденной и обработанной продукции охватывает значительную часть юго-западной части России и ближайшего зарубежья (рис. 2).

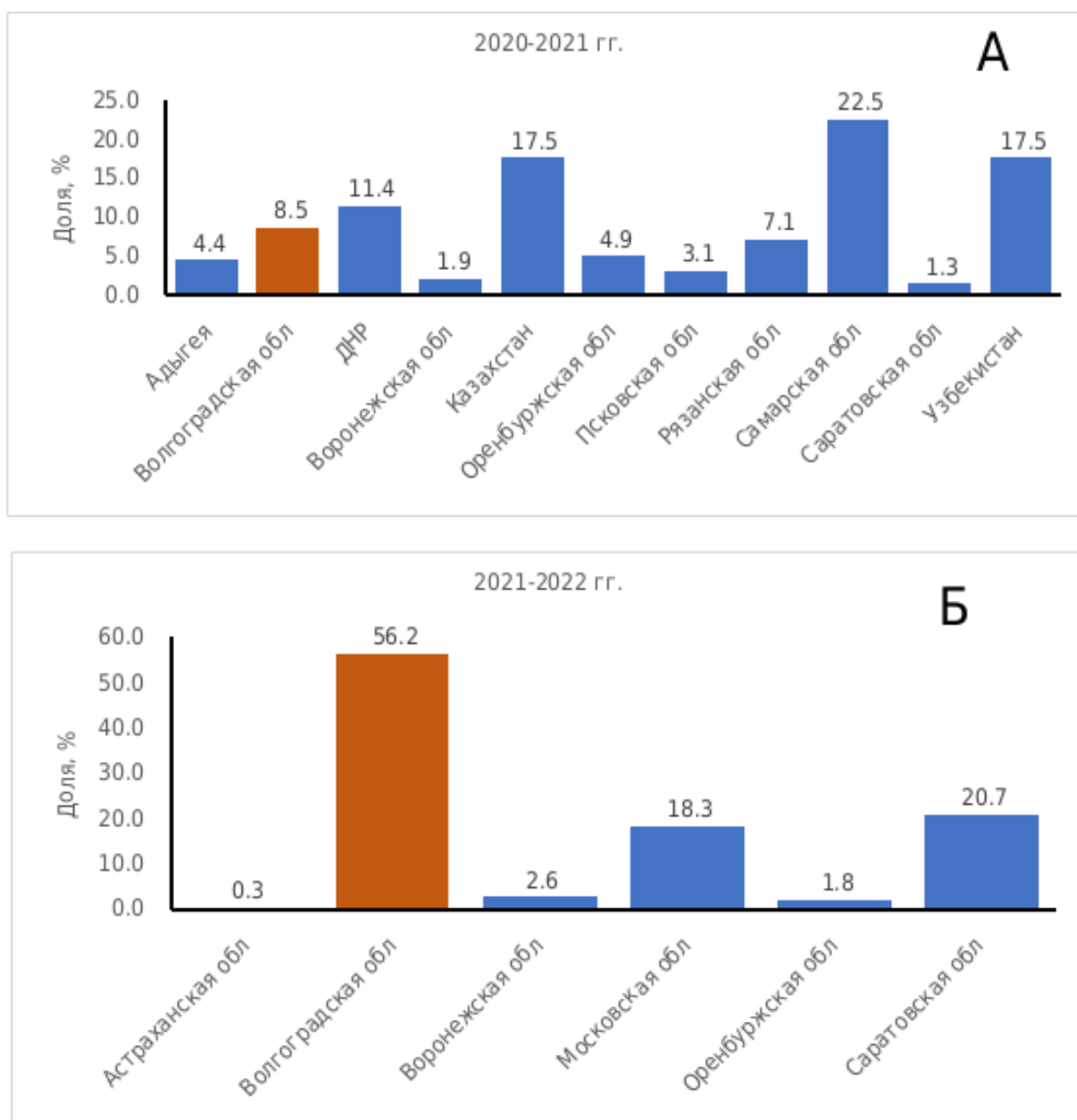


Рисунок 2 – Распределения рыбной продукции ООО «Прибой» (А – 2020-2021 гг., Б – 2021-2022 гг.)

Список использованных источников

1. Динамика производства продукции товарной аквакультуры в Российской Федерации в 2016 - 2020 гг. [Электронный ресурс]: Федеральное агентство по рыболовству. - Режим доступа: https://fish.gov.ru/wp-content/uploads/documents/otraslevaya_deyatelnost/akvakultura/proizvodstvo_akvakultury/statistika/dinamika_proizvodstva_produkcii_2016-2020.pdf (дата обращения: 12.10.2022).
2. Воробьев, Н.Н. Проблемы и перспективы развития прудового хозяйства в Волгоградской области /Н.Н. Воробьев// Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XI Международной научно-практической конференции молодых исследователей. 2017. С. 14-17.
3. Пономарева Е.Н. Апробация модульной системы для выращивания карпа интенсивным методом/Е.Н. Пономарева [и др.] // Наука юга России. 2021. Т. 17, № 4. С. 100-105.
4. Ковалева А.В. Выращивание карпа на рыбоводном хозяйстве ООО «Прибой» / А.В. Ковалева [и др.] // 65-я Международная научная конференция Астраханского государственного технического университета (Астрахань, 26-30 апреля 2021 года). Астрахань: Изд-во АГТУ, 2021. С. 900–902.
5. Московец М.В. Особенности влияния штамма *Chlorella vulgaris* ИФР N C-111 на качество воды в прудовом рыбоводстве / М.В. Московец [и др.] // Орошаемое земледелие, 2019. № 3. С.46-49.

Публикация подготовлена в рамках реализации ГЗ ЮНЦ РАН «Анализ современного состояния, процессов формирования ихтиофауны южных морей России в условиях антропогенного стресса, глобальных изменений климата и разработка научных основ технологий сохранения и восстановления популяций хозяйственно-ценных видов рыб», № госрегистрации 122020100328-1.

ПАЗАРИТОФАУНА КАМБАЛЫ *SCOPHTHALMUS MAEOTICUS* (PALLAS, 1814) ЮЖНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА

¹Суханова М.В., ¹Кондрачук Д.А., ²Ткачева И.В.

¹Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

²Донской государственной технической университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация. В статье был выполнен аналитический обзор на основании литературных данных и фондовых материалов, а собственные исследования паразитофауны были выполнены на базе Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»). Объектом исследований являлись паразитические организмы, которые инвазируют черноморского калкана. В результате собственных исследований было установлено, что паразитофауна половозрелых, диких особей камбалы у южного побережья Крымского полуострова была представлена 4 видами – 1 вид из класса ресничные инфузории – Ciliata, 1 вид из класса ленточные черви – Cestoda и 2 вида из класса круглые черви, нематоды – Nematoda. У молоди камбалы-калкан, полученной промышленным способом в условиях научно-исследовательской базы «Заветное» Керченского отделения Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), паразитов не обнаружено.

Ключевые слова. Паразитофауна, паразит, черноморский калкан, ихтиопатология, болезни рыб.

PARASITE FAUNA OF *SCOPHTHALMUS MAEOTICUS* (PALLAS, 1814) SOUTH PART OF CRIMEA

¹Sukhanova M.V., ¹Kondrachuk D.A., ²Tkachova I.V.

¹Azov-Black Sea branch of FGBNU "VNIRO" ("AzNIIRH"), Rostov-on-Don, Russian Federation

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

Annotation. The analytical review was made on the basis of literature data, and archive material, and personal studies of the parasitofauna, which were carried out on the Azov-Black Sea branch of FGBNU "VNIRO" ("AzNIIRH"). The object of the research is parasitic organisms, which parasitize on the Black Sea Turbot - Kalkan. The results of the research prove that the parasitofauna of mature, wild flounder off the southern coast of the Crimean peninsula is represented by 4 species. No parasites are detected in juvenile flounder obtained in an industrial way in the conditions of the research base "Zavetnoe" of the Kerch department of the Azov-Black Sea branch of FGBNU "VNIRO" ("AzNIIRKh").

Keywords. Parasitofauna, parasites, black sea turbot, ichthyopathology, fish diseases.

Черноморский калкан (*Scophthalmus maeoticus* Pallas, 1814) относится к семейству Ромбовые (Scophthalmidae Chabanaud, 1933) и является одним из самых ценных промысловых видов рыб Крымского полуострова.

Калкан является морским донным видом, который ведет в основном оседлый образ жизни. Ареалом калкана является не только Черное и Азовское моря, а также восточная часть Средиземного моря, Мраморное море и Босфор (Васильева, Лужняк, 2013).

Половая зрелость калкана наступает в период с 5 по 8 годы жизни, а естественное размножение начинается с конца марта и продолжается до середины июля (Надолинский и др., 2018). Проходит оно на глубине от 100 до 30 м, а оптимальной температурой воды является 6-10 С° (Ханайченко и др., 2019).

Калкан является типичным хищником, рацион которого состоит из мерланга, шпрота, бычков, барабули и некоторых ракообразных. Ближе к зимнему периоду в его рацион также входит азовская хамса, которая отмечается в российской части моря с сентября по декабрь (Надолинский и др., 2018).

В «Определителе паразитов позвоночных Черного и Азовского морей» (1975) паразитофауна калкана представлена 17 видов паразитов, из которых 4 – инфузории (Ciliata), 11 – паразитические черви и 2 – ракообразные (Crustaceae). По современным данным паразитофауна калкана насчитывает 31 вид паразитов из которых 1 вид – скребни (Acanthocephala), по 2 вида моногеней (Monogenoidea), нематод (Nematoda) и паразитических ракообразных (Crustaceae), 3 вида цестод (Cestoda), 4 вида

микоспоридий (Cnidosporidia), 8 видов трематод (Trematoda) и 9 видов инфузорий (Ciliata) (Гаевская, 2012).

Помимо паразитарных заболеваний, калкан также подвержен и бактериальным, таким как вибриоз, псевдомоноз и нокардиоз, которые вызывают появление на коже рыб гиперемических и геморрагических пятен. В результате исследований, проведенных у берегов Турции в период 2007-2009 гг., было выявлено, что наибольшее количество язв возникает в результате первичного поражения бугорков (Khanauchenko et al., 2012). Возбудителями этих заболеваний являются бактерии родов *Vibrio*, *Pseudomonas* и *Nocardia*. Наряду с этим, в исследованиях было указано, что указанные бактерии не оказывают сильного влияния на здоровье рыбы (Aurelia Pinteа, 2021).

Цель настоящего исследования – изучение паразитофауны камбалы *Scophthalmus maeoticus* (Pallas, 1814) у южного побережья Крымского полуострова.

Материалом данного исследования была молодь черноморского калкана, полученная заводским способом, а также 5 половозрелых особей калкана (таблица 1). Сбор материал был осуществлен в апреле 2022 г. в прибрежных водах Южного берега Крыма в районе мыса Айя.

Таблица 1 – Характеристика исследованных особей черноморского калкана

Возрастная группа исследованных особей	Показатель			
	Количество особей	Средняя зоологическая длина (см)	Средняя промысловая длина (см)	Средняя масса (г)
Молодь	5	15,4	12,8	65
Половозрелые особи	5	57	46	3345

Полное паразитологическое вскрытие рыб осуществлялось в соответствии с общепринятой методикой (Быховская-Павловская, 1969). Определение систематической принадлежности паразитов было проведено с использованием «Определителя паразитов позвоночных Черного и Азовского морей: Паразитические беспозвоночные рыб, рыбоядных птиц и морских млекопитающих» (1975).

В результате проведенных исследований у молоди камбалы паразитов не было обнаружено. Однако отмечались некоторые отклонения от физиологической нормы внутренних органов обследованных рыб. В печени и почках 2 обследованных особей обнаруживались мельчайшие капельки жира. У 3 экземпляров были обнаружены скопления кристаллов прямоугольной, неправильной формы, окрашенных в розоватый цвет, которые находились в некоторых сосудах/протоках печени. Однако в местах с разряженным расположением этих кристаллов можно было просмотреть и структуру почечной ткани. У рыб отмечены обескровленные сосуды печени, отложения в тканях почек и селезенки пигмента оранжевого/коричневого цвета – гемосидерина, который образуется в результате разрушения гемоглобина. У одной особи было замечено углубление в стенке желудка, которое имело округлую форму. По нашим предположениям, оно могло остаться в результате отторжения паразитического организма, который мог быть заключен в цисту, однако, самого организма не было обнаружено.

Паразитофауна половозрелых особей черноморского калкана была представлена 4 видами: 1 вид из класса ресничных инфузорий (Ciliata), 1 из класса ленточных червей (Cestoda) и 2 из класса круглых червей (Nematoda).

Из класса ресничных инфузорий был отмечен представитель рода триходин (*Trichodina* sp.). Интенсивность инвазии найденных триходин составила 0,16 на 1 поле зрения микроскопа (ПЗ), при этом индекс обилия (ИО) составил 0,032 на 1 ПЗ. Класс ленточных червей был представлен паразитом *Bothriocephalus gregarius*. Как в литературных данных (Гаевская, 2012), так и в нашем исследовании, зараженность этим паразитом черноморского калкана составляет 100%, а интенсивность инвазии составила 5,8 экз. Класс круглых червей был представлен у одной особи личинками нематод с неопределенным систематическим положением – *Nematoda* gen. sp., из-за отсутствия у личинок развитых систематических особенностей, а у другой особи – нематодами *Hysterothylacium aduncum*.

Список использованных источников

1. Васильева Е. Д., Лужняк В. А. Рыбы бассейна Азовского моря. – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Южный научный центр Российской академии наук, 2013.
2. Надолинский В. П., Шляхов В. А., Александрова У. Н. Камбалы Азово-Черноморского бассейна (Bothidae, Scophthalmidae, Pleuronectidae, Soleidae) // Вопросы рыболовства. – 2018. – Т. 19. – №. 4. – С. 424-444.
3. Ханайченко А. Н. и др. Дыхание икры черноморского калкана (*Scophthalmus maeoticus*) как показатель ее развития // Журнал Сибирского федерального университета. Биология. – 2017. – Т. 10. – №. 1. – С. 9-19.

4. Гаевская А. В. Паразиты и болезни рыб Чёрного и Азовского морей: I—морские, солоноватоводные и проходные рыбы. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2012.
5. Aurelia Pinteа (Țoțoiu). Optimizarea Operațiunilor De Pescuit Industrial Prin Analiza Stării De Sănătate La Principalele Specii De Pești De Interes Comercial În Zona Marină Românească. Teză De Doctorat. – 2021. – С. 18-21.
6. Khanaychenko A. N., Giragosov V. E., Gaevskaya A. V. Epizootological state of the wild Black Sea turbot (kalkan). Grossly visible pathology: preliminary data //Marine Ecological Journal. – 2012. – Т. 11. – №. 4. – С. 85.
7. Быховская-Павловская И. Е. Паразитологическое исследование рыб. – 1969.
8. Грезе В. Н. (ред.). Определитель паразитов позвоночных Черного и Азовского морей: Паразитические беспозвоночные рыб, рыбадных птиц и морских млекопитающих. – Наук. думка, 1975.

ТЕХНОЛОГИЯ ВЫРАЩИВАНИЯ АВСТРАЛИЙСКОГО КРАСНОКЛЕШНЕВОГО РАКА (*CHERAX QUADRICARINATUS*)

¹Ткачева И.В., ¹Румянцева Е.В., ¹Оганисян М.М.

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

Аннотация. В данной статье рассматривается выращивание австралийского красноклешневого рака, а именно рентабельная и практичная технология культивирования, его приспособленность к данному способу выращивания, а также краткая характеристика объекта.

Ключевые слова. Технология выращивания австралийского красноклешневого рака, установка замкнутого водоснабжения, австралийский красноклешневый рак, гидробионты, аквакультура.

TECHNOLOGIE FOR GROWING AUSTRALIAN RED-CLAWED CRAYFISH (*CHERAX QUADRICARINATUS*)

¹Tkacheva I.V., ¹Rumyantseva E.V., ¹Oganisyan M.M.

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

Abstract. This article discusses the cultivation of Australian red-clawed crayfish, namely a cost-effective and practical cultivation technology, its adaptability to this method of cultivation, as well as a brief description of the object.

Keywords. The technology of growing Australian red-clawed crayfish, installation of closed water supply, Australian red-clawed crayfish, hydrobionts, aquaculture.

Введение. За последние годы мировая аквакультура активно развивается, увеличивая общую долю производства гидробионтов. Сейчас особой популярностью пользуется деликатесная продукция ракообразных [1]. Наиболее лучшим для культивирования считается австралийский красноклешневый рак, так как его высокий темп роста позволяет достигать товарной массы всего за три месяца. Он не требователен к высокому качеству воды, однако, для того, чтобы достичь максимальной эффективности культивирования необходимо контролировать и регулировать условия среды, в которой выращиваются раки. Также необходим мониторинг показателей качества воды: температуры, концентрации растворённого кислорода, жесткости воды, концентрации аммонийного азота, щелочности, pH, нитратов и нитритов. Для наиболее эффективного выращивания австралийского красноклешневого рака будет использоваться установка замкнутого водоснабжения (УЗВ), которая позволит соблюдать условия его культивирования [2].

Цель и задачи: изучить структуру технологии выращивания австралийского красноклешневого рака. Исходя из цели, выделили такие задачи, как изучение морфо-биологических особенностей исследуемого объекта, его товарные качества, а также определить особенности биотехники разведения.

Материалы и методы. Австралийский красноклешневый рак (*Cherax quadricarinatus*) – вид гидробионта тепловодной аквакультуры (рисунок 1). По сравнению со многими другими ракообразными австралийский красноклешневый рак характеризуется высоким темпом роста, товарная масса которого достигается за 3-4 месяца, неприхотливостью к условиям его содержания, но самое важное – это довольно низкими агрессивностью и проявлением каннибализма. Его вес составляет 400-500 грамм, а живет он не больше 4-х лет. У данного представителя ракообразных есть как плюсы, так и минусы. К плюсам можно отнести:

- быстрый рост (как изначально говорилось, они могут достигать товарной массы за 3-4 месяца);
- количества мяса больше, чем у других видов;
- адаптирован к выращиванию в системах УЗВ;
- технология товарного выращивания отработана и легко осваивается начинающими фермерами;
- неприхотлив, переносит неблагоприятные условия, широкий диапазон параметров воды для содержания;

В качестве минусов можно отметить следующее:

- данный объект не терпит холод;
- в связи с тем, что австралийский красноклешневый рак, как и все ракообразные склонен к линьке, а также является хищником, то возникает риск каннибализма.



Рисунок 1 - Австралийский красноклешневый рак (*Cherax quadricarinatus*)

Для искусственного кормления используют хорошо изученные и поставленные в промышленную основу корма для креветок различных производителей, они представлены широким разнообразием рецептур.

В настоящее время наиболее выгодный период выращивания объекта – 9 месяцев. За это время он достигает приемлемого рыночного размера в районе 75 грамм. Сейчас многие коммерческие хозяйства мира, расположенные в климатических зонах, идентичных зонам природных популяций этих раков, занимаются их культивированием в открытых водоёмах. Что касается России, то по условиям среды обитания выращивание австралийских красноклешневых раков в открытых водоёмах невозможно. Поэтому лучшим решением будет культивирование их в установках замкнутого водоснабжения [3].

Преимущества выращивания австралийских красноклешневых раков в установках замкнутого водоснабжения:

- экономия на квадратных метрах, так как данное сооружение позволяет размещать значительное поголовье раков на значительно малых площадях, а сами бассейны могут располагаться как горизонтально, так и вертикально в 2, 3 и 4 яруса;
- экономия на воде;
- отсутствие зависимости от погодных условий;
- полный контроль над жизнедеятельностью раков [4].

Важным технологическим этапом в выращивании гидробионта является подращивание молоди, так как именно от этого зависят дальнейшие результаты товарного выращивания. Главным фактором на этом этапе, а также одним из основополагающих показателей культивирования является плотность посадки. Именно она, в бассейнах с системой постоянной циркуляцией воды, определяет количество накапливающихся в оборотной воде метаболитов.

Нерест, инкубацию икры и подращивание молоди лучше всего проводить в весенний период. Естественно, для того, чтобы добиться хороших результатов в выращивании раков, важно грамотно оборудовать устройство замкнутого водоснабжения, а именно:

- оптимальная глубина бассейнов – около 20 см;
- температура воды 26-28°C;
- активная реакция воды в пределах 6,5-8,5 pH;
- содержание кислорода – 7 мг/л;
- освещенность – 14 часов дневного цикла и 10 часов ночного.

Очень важно следить за тем, чтобы в воде не оказалось даже малейшей концентрации меди, так как для раков это представляет большую опасность, поэтому необходимо иметь установку аэрации, а также промывать бассейн чистой водой [5].

Для того, чтобы содержать австралийских красноклешневых раков в УЗВ, необходимо руководствоваться специальными мерами профилактики от негативных поведенческих особенностей, свойственных всем ракообразным, а именно от каннибализма. Во избежание данного фактора,

рекомендуется делать искусственные убежища, такие как, самодельные норы, которые позволят ракам поддерживать равномерное пространственное распределение и избежать крупных скоплений [6].

Выводы. Таким образом, на сегодняшний день культивирование австралийского красноклешневого рака с помощью установок замкнутого водоснабжения представляется технологически совершенным и рентабельным процессом. Данный способ выращивания раков позволит внести вклад в сектор пресноводной аквакультуры юга России.

Список использованных источников

1. Kozurin E., Rudoy, D., Kosenko Y., Zhukova S., Barabashin T., Babajanyan A., Shoniya D. Comprehensive assessment of aquaculture potential of the southern and south-eastern waterbodies in the Rostov region. E3S Web of Conferences 210, 07003 (2020) ITESE-2020 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021007003>

2. Пономарева Е.Н., Рудой Д.В., Сорокина М.Н. Перспективы развития аквакультуры в южных регионах России. Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2021. – № 10 (189). – С. 6–11. DOI 10.33920/sel-09-2110-01.

3. Жигин, А.В. Австралийский красноклешневый рак (*Cherax quadricarinatus*) - перспективный объект аквакультуры России. /А.В. Жигин, В.А. Арыстангалиева // Материалы докладов нац. науч.-практ. конференция: Состояние и пути развития аквакультуры в РФ в свете импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности страны, 4-5 октября 2016 г, Изд.-«Научная книга».- Саратов.- с. 5-10.

4. Жигин, А.В. Выращивание австралийского красноклешневого рака в циркуляционной установке / А.В. Жигин, Р.Р. Борисов, Н.П. Ковачева, Д.С. Загорская, В.А. Арыстангалиева // Рыбное хозяйство.- 2017, №1. - С. - 61.

5. Жигин, А.В. Влияние температуры воды на рост и выживаемость австралийских красноклешневых раков. / А.В. Жигин, В.А. Арыстангалиева, Н.П. Ковачева // Материалы и доклады VIII Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 75-летию рыбохозяйственного образования на Камчатке: Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и технологическое использование, 12-14 апреля 2017 г. - Изд.-во Камчат ГТУ. - Петропавловск-Камчатский.- С.86-89.

6. Жигин, А.В. Отработка технологии выращивания молоди австралийского красноклешневого рака в циркуляционной установке. / А.В. Жигин, В.А. Арыстангалиева // Сборник научных трудов межд. науч. - прак. Конференции молодых ученых: Роль молодых ученых в решении актуальных задач АПК. - СПбГАУ. - СПб., 2017. Санкт-Петербург - Пушкин, 27-28 февраля 2017 г. - С. 113-116.

Исследование выполнено при поддержке гранта в рамках конкурса «Наука-2030».

ВЛИЯНИЕ НОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ФЕНОЛА С ПИРРОЛИДИНОВЫМ ФРАГМЕНТОМ НА РЕПРОДУКТИВНЫЕ СВОЙСТВА ПОЛОВЫХ КЛЕТОК ОСЕТРОВЫХ

¹Фирсова А.В., ¹Половинкина М.А., ¹Григорьев В.А., ¹Осипова В.П., ²Кудрявцев К.В.

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

²Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова,
г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Проведена оценка влияния новых фенольных производных пирролидина на качество нативной спермы осетровых рыб и на оплодотворяемость икры в сравнении с известным антиоксидантом – ионолом. Показана высокая эффективность применения (L)-1-(2-((1-гидрокси-нафталин-2-ил)тио)ацетил)пирролидин-2-карбоновой кислоты, добавка данного соединения способствует увеличению времени поступательного движения сперматозоидов в 2,2 раза относительно контроля и повышению процента оплодотворения и вылупления предличинок примерно в 1,5 раза. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости проведения дополнительных исследований по установлению криопротекторной активности данных производных в условиях глубокой заморозки и дефростации.

Ключевые слова. Осетровые, репродуктивные клетки, оплодотворение, стерлядь, белуга, антиоксидант, пероксидное окисление липидов.

EFFECT OF NEW PHENOL DERIVATIVES WITH PYRROLIDINE FRAGMENT ON THE REPRODUCTIVE PROPERTIES OF STURGEON GAMETES

¹Firsova A.V., ¹Polovinkina M.A., ¹Grigoriev V.A., ¹Osipova V.P., ²Kudryavtsev K.V.

¹Federal research Centre the Southern scientific Centre of the Russian academy of sciences,
Rostov-on-Don, Russian Federation

²Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation

Abstract. The influence of new phenolic derivatives of pyrrolidine on the quality of native sturgeon sperm and on the fertility of eggs was assessed in comparison with the well-known antioxidant - ionol. The high efficiency of (L)-1-(2-((1-hydroxynaphthalen-2-yl)thio)acetyl)pyrrolidine-2-carboxylic acid was shown, the addition of this compound increases the time of forward movement of spermatozoa by 2.2 times relative to the control and an increase in the percentage of fertilization and hatching of prelarvae by about 1.5 times. The results obtained indicate the need for additional studies to establish the cryoprotective activity of these derivatives under conditions of deep freezing and defrosting.

Keywords. Sturgeon, reproductive cells, fertilization, sterlet, beluga, antioxidant, lipid peroxidation.

Антропогенные факторы, такие как зарегулирование стока рек и нарушение биологического цикла гидробионтов, негативно влияют на нерестовые популяции ценных пород рыб, в связи с чем искусственное воспроизводство стало играть основную роль в сохранении запасов осетровых рыб [1, 2]. Пополнение маточных стад осетровых дикими производителями с каждым годом становится сложнее из-за снижения численности естественных популяций [3, 4]. Для сохранения генетического разнообразия используют методы криоконсервации репродуктивных клеток рыб, так как они обеспечивают постоянное наличие клеточного материала. Известно, что процесс замораживания-оттаивания значительно снижает жизнеспособность и фертильность сперматозоидов, кроме того, концентрация растворенных веществ увеличивается в периоды замерзания из-за фазового расслоения и кристаллизации льда [5]. Прослеживается прямая зависимость процента живых репродуктивных клеток самцов после замораживания-оттаивания от качества нативной спермы [6]. Повысить качество исходного генетического материала можно добавлением протекторов антиоксидантного действия, поэтому в настоящее время ведется активный поиск новых безопасных и эффективных соединений, способствующих увеличению выживаемости и подвижности спермиев в минимальных концентрациях.

С целью снижения нежелательных побочных эффектов и увеличения эффективности направленного действия потенциальных биологически-активных соединений широкое распространение

получила стратегия синтеза полифункциональных антиоксидантов – аналогов природных биологически активных соединений. Пирролидиновые производные алкалоидов являются перспективными вторичными метаболитами растительного сырья. Некоторые производные пирролидина используются для лечения тромбозов и содержатся в ряде лекарственных и терапевтических препаратов [7].

В связи с этим, в работе оценено влияние двух пар энантиомеров (L)- и (D)-1-(2-((1-гидроксифенил)тио)ацетил)пирролидин-2-карбоновой кислоты (**1,2**) и (L)- и (D)-1-(2-((1-гидроксиафталин-2-ил)тио)ацетил)пирролидин-2-карбоновой кислоты (**3,4**) в сравнении с известным антиоксидантом 2,6-ди-*трет*-бутилфенолом (ионолом) (**5**) в концентрации 0.1 ммоль на качество нативной спермы белуги (*Huso huso* Linnaeus, 1758), а также на рыбоводные показатели оплодотворенной икры. В качестве контроля выступает нативная сперма белуги без добавок исследуемых соединений.

На первом этапе определено время и процент поступательного движения сперматозоидов нативной спермы и установлено, что добавка всех соединений не снижает процента подвижности спермиев, во всех группах 100% поступательного движения. Только при добавлении соединения **3** к нативной сперме белуги наблюдается увеличение времени поступательного движения сперматозоидов в 2,2 раза относительно контроля (1079 и 487 секунд, соответственно). В остальных вариантах данный показатель незначительно ниже контроля (табл.).

Таблица 1 - Показатели качества спермы белуги

Соединение	Время жизни, с	Процент оплодотворения икры, %	Процент вылупления личинок, %
контроль	487	68	58
1	365	70	62
2	402	45	24
3	1079	97	93
4	413	41	11
5	398	35	24

На втором этапе исследования проведено оплодотворение икры стерляди спермой белуги без добавки и в присутствии исследуемых соединений полусухим способом согласно стандартным методикам [8, 9]. Выходными показателями является процент оплодотворения икры и процент вылупления личинок. Процент оплодотворения икры и вылупления личинок с добавкой соединения **1** сравним с контрольным вариантом. Добавка энантиомера **3** способствует повышению процента оплодотворения до 97%. В присутствии остальных соединений процент оплодотворения ниже в 1.5-1.9 раз, относительно контроля. Наилучший результат вылупления личинок также характерен для производного **3** (93%) что в 1,6 раз больше контрольной партии. Самые низкие показатели установлены для (D)-изомеров пирролидинкарбоновых кислот (**2, 4**) и реперного антиоксиданта ионола (**5**).

Таким образом, добавка (L)-1-(2-((1-гидроксиафталин-2-ил)тио)ацетил)пирролидин-2-карбоновой кислоты в концентрации 0.1 мМ позволяет улучшить качество репродуктивных клеток самцов осетровых рыб, повысить процент оплодотворения икры и увеличить выход личинок. Новые производные пирролидинкарбоновых кислот **1-4** являются оптическими антиподами, однако в обоих случаях (L)-стереоизомеры проявляют более выраженную биологическую активность в исследуемой системе. Эффективность действия производного **3** превышает действие эталонного соединения – ионола, что позволяет предполагать его применение в качестве протекторной добавки в процессе криоконсервации репродуктивных клеток.

Список использованных источников

1. Чебанов М.С., Галич Е.В. Руководство по искусственному воспроизводству осетровых рыб / Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН: Анкара, 2013. – 367 с.
2. Abed-Elmdoust A., Rahimi R., Farahmand H., Amiri B. M., Mirvaghefi A., Rafiee G., Droplet vitrification versus straw cryopreservation for spermatozoa banking in Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) from metabolite point of view // Theriogenology, 2019. – V.129. – P. 110-115. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2019.02.031>.
3. Рубан Г.И., Ходоревская Р.П., Кошелев В.Н. О состоянии осетровых в России // Астраханский вестник экологического образования, 2015. - №1 (31). – С.42-50.
4. История и состояние запасов осетровых (*Acipenseridae*) в Каспийском бассейне / А.Д. Власенко, Т.И. Булгакова, И.Н. Лепилина, И.В. Коноплева, И.А. Сафаралиев // Вестник МГТУ, 2020. – Т.23. - №2. – С.105-114.

5. Bhatnagar B.S., Bogner R.H., Pikal M.J. Protein stability during freezing: separation of stresses and mechanisms of protein stabilization // *Pharmaceut Dev Technol*, 2007. – V. 12. – P. 505-523. <https://doi.org/10.1080/10837450701481157>.

6. Исаев Д.А., Шафеи Р.А. Криоконсервация спермы осетровых рыб: текущее состояние и перспективы // *Рыбоводство и рыбное хозяйство*, 2016. _ №5. – С. 65-73.

7. Amarouche L., Mehdid M. A., Brahimi F. T., Belkhadem F., Karmaoui M., Othman A. A. Synthesis of some 2-substituted pyrrolidine alkaloid analogues: N-benzyl-2-(5-substituted 1,3,4-oxadiazolyl) pyrrolidine derivatives and pharmacological screening // *Journal of Saudi Chemical Society*, 2022. – V. 26(3). – P. 1014448. <https://doi.org/10.1016/j.jscs.2022.101448>.

8. Неваленный А.Н., Пономарева Е.Н., Сорокина М.Н. Биологические основы рыбоводства: учебник для вузов — М.: Моркнига, 2016. — 434с.

9. Кучко, Т.Ю. Методы получения половых продуктов от производителей рыб: учебное пособие для студентов эколого-биологического и агротехнического факультетов / М-во науки и образования Рос. Федерации, федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования Петрозавод. гос. ун-т. – Петрозаводск : Издательство ПетрГУ, 2015. – 63 с.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 22-16-00095.

ТЕХНОЛОГИЯ ВЫРАЩИВАНИЯ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ НА ПРЕДПРИЯТИИ «ПЛЕМЕННОЙ ФОРЕЛЕВОДЧЕСКИЙ ЗАВОД АДЛЕР»

¹Харитонов А.А., ¹Гладкова В.В.

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

Аннотация. В статье дан обзор на предприятие «Племенной форелеводческий завод Адлер», а именно основные объекты выращивания и их выращивание. Была рассмотрена стандартная технология выращивания радужной форели, применяемая на предприятии на протяжении многих лет. Были рассмотрены новые методы исследования и выращивания, которые только пробуют и начинают вводить в производство. Дана характеристика и курс развития предприятия на современном этапе.

Ключевые слова. Радужная форель, Янтарная форель, Августин, технологии выращивания, новые методы.

TECHNOLOGY OF RAINBOW TROUT CULTIVATION AT THE ADLER BREEDING TROUT PLANT

¹Kharitonova A.A., ¹Gladkova V.V.

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

Annotation. The article discusses standard technologies for growing rainbow trout at the Adler Breeding Trout Plant enterprise, and also provides an overview of new research and cultivation methods that are just beginning to be introduced into production.

Keywords. Rainbow trout, Amber trout, Augustine, cultivation technologies, new methods.

«Племенной форелеводческий завод Адлер» был основан в 1964 году, расположен на берегу реки Мзымта. Основная задача предприятия - воспроизводство и исследование одного из наиболее деликатесных рыбных видов – радужной форели.

На данный момент на заводе сформирована уникальная коллекция маточных стад радужной форели как собственной, так и зарубежной селекции, представленная пятью породами и двумя отводками. Общая численность коллекции составляет порядка 30 тыс. шт. производителей.

На предприятие выращиваются различные виды радужной форели: Камлоопс, Дональдсона и стальноголовый лосось, которые внешних различий практически не имеют. Также есть селекционный вид Адлерская янтарная, способная жить в пресной и морской воде. Именно ее можно сразу же определить по ярко-оранжевой окраске от других видов радужной форели. На предприятии создан селекционный вид форели Адлер. Исходными формами послужили стальноголовый лосось и радужная форель. Основным селекционным признаком – ранний срок созревания производителей в нерестовом сезоне, который массово начинается в ноябре. Различия остальных пород селекционеры определяют по срокам нереста, плодовитости, темпам роста и другим параметрам. Также на предприятии удалось вывести породу теплолюбивой форели «Камлоопс августин» за способность начинать нереститься уже в августе. Селекция по созданию «Камлоопс августин» длилась более 10 лет.

Наличие такого разнопородного и достаточно большого стада позволяет получать оплодотворенную икру с сентября по май месяц и поставлять в хозяйства Российской Федерации и страны СНГ порядка 100 млн. шт. икры на стадии пигментации глаз. На данный момент спрос на посадочный материал предприятия только растет. В 2022 году планировалась модернизация предприятия, что позволило бы увеличить объем производства товарной рыбы почти в три раза - с 380 тонн до 1 тыс. тонн в год.

Осенью 2021 года на предприятии был проведен эксперимент по получению триплоидного посадочного материала. В рамках данной работы производился отбор организмов с тройным набором хромосом для дальнейшего товарного выращивания. Такой подход обеспечивает получение стерильных самцов и самок не способных к нересту. Благодаря данной генетической особенности, организм рыбы расходует энергию только на свой рост и развитие. Это способствует получению товарной продукции более крупных размеров с улучшенными вкусовыми качествами. Завод планирует выращивать такую рыбу для товарного производства и на переработку.

Выращивание форели осуществляется в прудах и установках замкнутого водоснабжения.

Водоснабжение завода обеспечивается из подрусовых и артезианских скважин общим дебетом 5 - 6 тыс. м³/час.

Для того чтобы удерживать температуру воды в бассейнах на нормальном уровне для жизнедеятельности производителей форели, требуется увеличение водообмена в 1,5 - 2,0 раза [Пономарева, 2005].

Получение оплодотворенной икры производится полусухим способом.

Для инкубации икры радужной форели на заводе предусмотрен инкубационный цех, в котором происходит выдерживание свободных эмбрионов и подращивание личинок до достижения ими массы 0,2-0,3 г в течение 2-3 недель. В помещении для работы с производителями в период сбора половых продуктов размещены квадратные бассейны типа КМ02.101006 размером 1 x 1 x 0,6 м, предназначенные для преднерестового содержания самцов и самок, а также столы для отмывки и набухания икры. До закладки икры на инкубацию проводят ее профилактическую обработку в растворе малахитового зеленого в течение 10-15 мин (концентрация 1:150 000) или в растворе формалина (концентрация 1:2000) в течение 10 минут. Учет икры можно провести перед закладкой в аппарат или на стадии пигментации глаз. Племенная икра инкубируется в горизонтальных аппаратах Аткинса, при плотности 20 - 30 тыс. шт. икринок на аппарат. Расход воды в аппарате составляет 0,25 л/сек. При большом объеме производства инкубируемой икры используются модернизированные аппараты Вейса, куда закладывается икра в количестве 200 - 250 тыс. шт./аппарат. Ввиду возможной опасности тератогенного эффекта, племенная икра не подвергается антимицозной обработке химическими препаратами. Борьба с сапролегниозом племенной икры осуществляется только путём отбора пораженных икринок [Никулин, 2015].

Личинку, поднявшуюся на плав, из инкубационных аппаратов высаживают в питомник из расчёта 15 - 20 тыс.шт./м². Начальная нагрузка биомассы в питомнике – 10 кг/м³, конечная – 80 кг/м³. Кормление осуществляют стартовыми кормами фирмы «Biomar» размером гранул 0,3 - 1,1 мм с использованием автоматических дисковых кормушек «Ewos».

Сеголетки выращиваются в выростных прямоточных бетонированных бассейнах, размером 30x5x0,8 – 30x5x1,1 м, объёмом 150 м³ и расходом воды 7 - 15 л/сек. Бассейны снабжены системой дополнительной аэрации в виде лопастных аэраторов или воздушных компрессоров низкого давления. Плотность посадки рыб 0,2–0,5 тыс. шт./м², при начальной биомассе 1-2 кг/м³ и конечной - 6-11 кг/м³. Содержание растворенного в воде кислорода колеблется в пределах 40–90 % насыщения. Кормление до 5 раз в день вручную кормами «Biomar», фракцией 1,5–4,5 мм. Годовики и старший ремонт содержатся в нагульных бетонированных прямоточных бассейнах размером 13x70x0,8 – 13x70x1,2 м, объёмом 910 м³. Бассейны оборудованы лопастными аэраторами, которые включаются при снижении содержания растворенного кислорода ниже 50 %.

Деятельность племенного завода постоянно контролируется службами Россельхознадзора и ГНУ ВНИИ ветеринарной вирусологии и микробиологии РОССЕЛЬХОЗАКАДЕМИИ.

Таким образом, соблюдаются 2 условия работы племенного форелеводческого завода: первое – обеспечение хозяйств посадочным материалом в необходимых объемах, и второе - оптимальная биотехника содержания и постоянный мониторинг состояния рыб, с целью получения физиологически крепких и свободных от заболеваний организмов.

Список использованных источников

1. Дзюбук, И. М. Рост молоди радужной форели в садковых хозяйствах Карелии / И. М. Дзюбук, Л. П. Рыжков // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. – 2014. – № 2(139). – С. 11-14.
2. Тыщенко В.И., Терлецкий В.П. *Oncorhynchus mykiss* в аквакультуре: биотехнологические и генетические основы разведения и селекции. МНИЖ. 2021. №7-1 (109). DOI: 10.23670/IRJ.2021.109.7.024
3. Никулин, Р. Ю. Результаты подращивания молоди радужной форели на кормах разных рецептур на ФГУП "Племенной форелеводческий завод "Адлер" / Р. Ю. Никулин, Д. В. Шумейко, И. В. Баштовенко // Научно-исследовательские публикации. – 2015. – № 4(24). – С. 7-12.
4. Агаева, Т. И. Биологическая эффективность использования ферментного комплекса и антиоксидантной смеси при выращивании радужной форели в условиях РСО-Алания: специальность 03.00.32: диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Агаева Татьяна Израиловна. – Владикавказ, 2006. – 112 с.
5. Щербаков, Ю. С. Биометрические показатели роста и развития радужной форели и их связь с воспроизводительными качествами / Ю. С. Щербаков, В. И. Тыщенко // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021. – № 10-1(112). – С. 68-72. – DOI 10.23670/IRJ.2021.112.10.011.

6. Щербаков, Ю. С. Анализ главных компонентов и сравнительная характеристика самок радужной форели трех разных пород / Ю. С. Щербаков, В. И. Тыщенко // Вестник КрасГАУ. – 2021. – № 8(173). – С. 113-118. – DOI 10.36718/1819-4036-2021-8-113-118
7. Шиндавина Н.И., Бицикличное созревание самок радужной форели в установке замкнутого водоснабжения (УЗВ) / Н. И. Шиндавина, А. А. Зинченко, Д. У. Ташбаев [и др.] // Вопросы рыболовства. – 2022. – Т. 23. – № 3. – С. 146-152. – DOI 10.36038/0234-2774-2022-23-3-146-152.
8. Артамонова В.С. Генетическая дифференциация пород радужной форели (*Parasalmo mykiss*), разводимых в Российской Федерации / В. С. Артамонова, В. А. Янковская, В. М. Голод, А. А. Махров // Труды Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН. – 2016. – № 73(76). – С. 25-45. – DOI 10.24411/0320-3557-2016-10003.
9. Пономарева, Е. Н. Особенности развития пищеварительной системы лососевидных рыб в раннем онтогенезе / Е. Н. Пономарева // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2005. – № 3(26). – С. 133-137.
10. Маслбойщикова, В. В. Применение селекционных достижений в форелевом хозяйстве как решение некоторых экологических проблем / В. В. Маслбойщикова // Наука и современность. – 2013. – № 23. – С. 113-117.

БИОИНКАПСУЛЯЦИЯ ПРОБИОТИЧЕСКИХ БАКТЕРИЙ В ЛИЧИНКАХ ЧЕРНОЙ ЛЬВИНКИ (*HERMETIA ILLUCENS*)

¹Хидирова М.А., ¹Хушвактов Э.М., ¹Маматраимова Ш.М., ²Туйчиев К.С., ³Чистяков В.А.,
⁴Пепоян А.З., ¹Миралимова Ш.М.

¹Институт микробиологии АН РУз, г. Ташкент, республика Узбекистан

²Научно-исследовательский институт рыбоводства, г. Янгиюль, республика Узбекистан

³Южный Федеральный Университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

⁴Национальный аграрный университет Армении, г. Ереван, Армения

Аннотация. В исследовании изучалась инкапсуляционная емкость личинок *Hermetia illucens*, определены оптимальные дозировки и время введения при использовании многокомпонентной пробиотической композиции, состоящей из лактобактерий. Вылупленные личинки *Hermetia illucens* инкубировали с добавлением 0,1%, 0,2%, 0,4% и 0,8% пробиотического препарата в начале инкубации, и в последние 3 дня инкубирования. Наиболее эффективное накопление лактобацилл наблюдалось при добавлении в корм 0,4% препарата в течение последних двух дней культивирования. Наибольшее количество лактобацилл, достигнутое в кишечнике одной личинки, было $2-6 \times 10^6$ КОЕ.

Ключевые слова. Биоинкапсуляция, лактобактерии, личинки *Hermetia illucens*, аквакультура, пробиотический препарат, инкапсуляционная ёмкость.

BIOENCAPSULATION OF PROBIOTIC BACTERIA IN BLACK SOLDIER (*HERMETIA ILLUCENS*) LARVAE

¹Khidirova M.A., ¹Khushvaktov E.M., ¹Mamatraimova M.M., ²Tuychiyev K.S., ³Chistyakov V.A.,
⁴Pepoyan A.Z., ¹Miralimova Sh.M.

¹Institute of microbiology of AS of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

²Research Institute of Fisheries, Yangiyul, Uzbekistan

³Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation

⁴National Agrarian University of Armenia, Yerevan, Armenia

Abstract. The encapsulation capacity of the larvae of *Hermetia illucens* was investigated in the study. Determined the optimal dosage and time of administration of a multicomponent probiotic composition consisting of lactobacilli. The hatched larvae of *Hermetia illucens* were incubated with the addition of 0.1%, 0.2%, 0.4%, and 0.8% of the probiotic preparation at the beginning of the incubation and during the last 3 days of incubation. The most effective accumulation of lactobacilli was observed when 0.4% of the preparation was added to the feed during the last two days of cultivation. The largest number of lactobacilli achieved in the intestine of one larva was $2-6 \times 10^6$ CFU.

Keywords. Bioincapsulation, lactic acid bacteria, *Hermetia illucens* larvae, aquaculture, probiotic preparation, encapsulation capacity.

Аквакультура играет важную роль в обеспечении продовольственной безопасности в 21 веке. Вместе с тем, увеличение плотности рыбы в садках в результате интенсификации процессов аквакультуры ведет к повышению заболеваемости рыб вследствие чрезмерного размножения патогенной микрофлоры. Условия выращивания рыб и чистота оказывают существенное влияние на их потребительские качества и безопасность для здоровья человека.

В настоящее время антибиотики традиционно используются не только для контроля инфекционных заболеваний рыб, но и для ускорения роста. Чрезмерное использование антибиотиков приводит к значительным проблемам, связанным с качеством мяса, а также приводит к размножению антибиотикоустойчивых штаммов возбудителей заболеваний у рыб, которые являются потенциальными переносчиками генов устойчивости человеку (Xiong et al., 2015). Кроме того, антибиотики наряду с патогенной микрофлорой убивают полезную, что в свою очередь делает организм еще более восприимчивым к инвазии патогенными микроорганизмами, обитающими в окружающей среде (воде). В связи с этим, увеличивается количество исследований по разработке новых стратегий использования диетических добавок, в которых проводится оценка различных полезных для здоровья и повышающих

показатели роста веществ, таких как пробиотики, пребиотики, симбиотики, фитобиотики и др. (Denev, 2008).

С этой точки зрения, пробиотические микроорганизмы играют жизненно важную роль в производстве аквакультуры, применение эффективных пробиотиков может обеспечить как антагонизм против чувствительных возбудителей, так и неспецифическую защиту против широкого спектра заболеваний (Panigrahi and Azad, 2007). Для использования в аквакультуре изучается широкий спектр пробиотических микроорганизмов – Грам-отрицательные и Грам-положительные бактерии, баттериофаги, дрожжи и одноклеточные водоросли (Irianto and Austin, 2002).

Пробиотики в зависимости от цели использования делятся на пробиотики для корма и пробиотики для воды. Пробиотики для корма используются в виде добавок к кормам, попадают непосредственно в кишечник и способствуют размножению полезной микрофлоры, что в свою очередь способствует снижению количества патогенных микроорганизмов в результате эффективного антагонизма. Есть два способа смешать их с кормами: первый – приготовление искусственных кормов с добавлением пробиотиков в виде пеллетов, гранул, хлопьев и микрокапсулированных кормов; второй – природные живые организмы, выращенные в среде с пробиотиками, которые используются для корма. Такая процедура называется биоинкапсуляцией (Nayak, 2010). В качестве пищевых ингредиентов для аквакультуры используется широкий спектр видов насекомых (Barroso et al., 2014). Среди них особое внимание привлекает черная львинка *H. Illucens* в связи с биологическими особенностями этого вида, которые и становятся его преимуществами. Разводить насекомых очень просто и к тому же быстро: необходимо 20 дней для выращивания личинки и она способна превратить пищевые отходы и навоз в высококачественный белок (Sheppard et al., 1994). Личинки содержат в среднем 40% белка и 35% жира, и отличаются богатым химическим составом жирных кислот и аминокислот. В Узбекистане в аквакультурных хозяйствах практикуется выращивание личинок черной львинки для использования в качестве живого корма. Следует отметить, что данные о микробиологических аспектах такой технологии приготовления корма представлены скудно, а вероятность переноса патогенных микроорганизмов из отходов в кишечник личинок, а затем – в организм рыб, а также способы инкапсуляции пробиотических лактобацилл в личинках этих насекомых, в доступной научной литературе не приведены.

Целью данного исследования является разработка метода инкапсуляции пробиотических микроорганизмов в личинках черной львинки для обеспечения направленной доставки пробиотиков в желудочно-кишечный тракт культивируемой рыбы.

Материалы и методы. *Микроорганизмы.* Использованная для инкапсуляции пробиотическая композиция состоит из лиофильно высушенных микроорганизмов, выделенных из здоровой рыбы и других гидробионтов, отобранных по их антагонистической активности к патогенам, распространенным в республике Узбекистан - *Lactiplantibacillus plantarum R3*, *Lactiplantibacillus plantarum Kr5*, *Lactococcus lactis R2*, *Weissella cibaria R1*, *Pediococcus acidilactici B*, *Enterococcus sp.*, *Lacticaseibacillus rhamnosus Л1**, *Lactiplantibacillus plantarum Л2*.

Количество живых клеток в препарате составляет 10^9 КОЕ/г.

Личинки Hermetia illucens. Личинки выращивали в лаборатории корма НИИ рыбоводства РУз. Через 4 дня после вылупления личинки помещали в ящики с пшеничными отрубями с добавлением эквивалентного количества воды в соотношении 5 кг отрубей:5 л воды:1 кг личинок. Инкубировали при 30-35°C в течение 9 дней.

Процедура биоинкапсуляции. Пробиотическую композицию с общим количеством жизнеспособных клеток 10^9 КОЕ/г добавляли в пшеничную шелуху в количестве 0,1%, 0,2%, 0,4% и 0,8% при определении наиболее эффективной концентрации. Для определения времени введения пробиотиков, на 7-й, 8-й и 9-й день культивирования вносили по 250 г пшеничных отрубей, смешанных с эквивалентным количеством воды и содержащих 0,4% пробиотической композиции на каждый килограмм личинок.

Изучение микрофлоры кишечника личинок: До и после добавления пробиотической композиции в отруби, подросшие личинки промывали стерильным физиологическим раствором, после надреза скальпелем извлекали кишечник и гомогенизировали его содержимое в 1 мл физиологического раствора. Делали посевы на среду МПА, МРС с добавлением бромрезолпурпура и инкубировали при 37°C в аэробных и анаэробных условиях. Расчищали отдельно выросшие колонии и идентифицировали методом MALDI-TOF масс-спектрометрии.

Результаты. *Микрофлора кишечника личинок.* Микрофлору кишечника черной львинки изучали в процессе выращивания до и после добавления пробиотической композиции. Обнаружено, что в кишечнике одной личинки до обработки насчитывается 10^5 КОЕ живых клеток как условно-патогенной, так и непатогенной микрофлоры, в том числе представители рода лактобацилл *Lactiplantibacillus plantarum* (выделено 4 изолята) и *Levilactobacillus brevis* (выделено 2 изолята), содержание которых составляло 10^4 КОЕ (Таблица 1).

Обнаружено, что состав условно-патогенной микрофлоры кишечника личинок при добавлении пробиотиков в корм изменился – здесь отсутствовали *Kocuria rosea*, *Ralstonia pickettii*, *Klebsiella pneumoniae*. Согласно Wang и Shelomi (2017), использование в корм личинок *Hermetia illucens* требует осторожности в связи с наличием в микрофлоре их желудка представителей класса протеобактерий, к которым относятся *Ralstonia pickettii* и *Klebsiella pneumoniae*.

Личинки обладают способностью питаться почти всеми видами пищевых и сельскохозяйственных отходов, и зачастую их получают в результате переработки органических удобрений. В связи с этим, они имеют потенциал для переноса в своем кишечнике патогенных бактерий, содержащихся в навозе. Аспекты безопасности, касающиеся микробиологических нагрузок продуктов процессов биоконверсии, имеют решающее значение, особенно когда личинки ЧЛ используются для кормовых целей. В этом аспекте использование пробиотической композиции играет важную роль для снижения вероятности переноса болезнетворной микрофлоры, содержащейся в биологических отходах, в организм рыб.

Таблица 1 - Микрофлора кишечника личинок *Hermetia illucens*

№	В группе без пробиотиков	В группе с пробиотиками
1	<i>Pseudomonas putida</i>	<i>Pseudomonas putida</i>
2	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	<i>Staphylococcus epidermidis</i>
3	<i>Kurthia gibsonii</i>	<i>Kurthia gibsonii</i>
4	<i>Kocuria rosea</i>	<i>Levilactobacillus brevis</i>
5	<i>Ralstonia pickettii</i>	<i>Lactiplantibacillus plantarum</i>
6	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	<i>Lactiseibacillus rhamnosus</i>
7	<i>Levilactobacillus brevis</i>	<i>Pediococcus acidlactici</i>
8	<i>Lactiplantibacillus plantarum</i>	<i>Enterococcus sp.</i>

Подбор оптимальной дозы пробиотика для эффективной инкапсуляции. Для подбора оптимальной дозы в пшеничные отруби добавляли 0,1%, 0,2% и 0,4% пробиотической композиции 1 раз в первый день культивирования. Через 6 дней обнаружили, что в кишечнике количество лактобактерий варьирует в зависимости от введенной дозы. Так, если в контрольной группе без пробиотиков количество лактобактерий составляло 3×10^4 КОЕ, то при кормлении отрубями с содержанием 0,1% и 0,2% пробиотиков их количество в кишечнике составляло 2×10^5 и 6×10^5 КОЕ соответственно, а при содержании в корме 0,4% пробиотиков в кишечнике их количество составляло 6×10^6 КОЕ. На 9 день культивирования наблюдалась тенденция снижения количества лактобактерий в кишечнике, в группах с содержанием 0,2% и 0,3% - на 1 порядок, в группе с содержанием 0,4% и 0,8% - на 1/6 часть и на 1/2 часть соответственно (Таблица 2).

Таблица 2 - Количество лактобактерий в кишечнике личинок после введения различных доз пробиотика

Содержание пробиотика в пшеничных отрубях	Количество лактобактерий в кишечнике на 6 день	Количество лактобактерий в кишечнике на 9 день
Контроль	3×10^4	1×10^4
0,1%	2×10^5	2×10^4
0,2%	6×10^5	5×10^4
0,4%	6×10^6	5×10^6
0,8%	4×10^6	2×10^6

Вероятно, введенные бактерии являются транзитной микрофлорой для личинок и, в связи с этим, не колонизируют и не задерживаются в их кишечнике продолжительное время. В связи с этим, необходимо подобрать оптимальное время введения лактобактерий для накопления их максимального количества в ЖКТ личинок.

Прослеживалась прямая зависимость количества бактерий от введенной дозы пробиотика. Так, если в группе без пробиотиков родная микрофлора составляла 10^4 КОЕ, то при введении лактобактерий их количество повысилось на 1 (10^5) и 2 (10^6) порядка в зависимости от дозировки. Вместе с тем, обнаружено, что двукратное увеличение концентрации вводимого препарата в пшеничной шелухе с 0,4% до 0,8% не повышало количество лактобацилл в организме личинок и составляло $4-6 \times 10^6$ КОЕ. В связи с этим, для инкапсуляции лактобактерий в личинках черной львинки рекомендуется использовать корм с содержанием 0,4% пробиотического препарата.

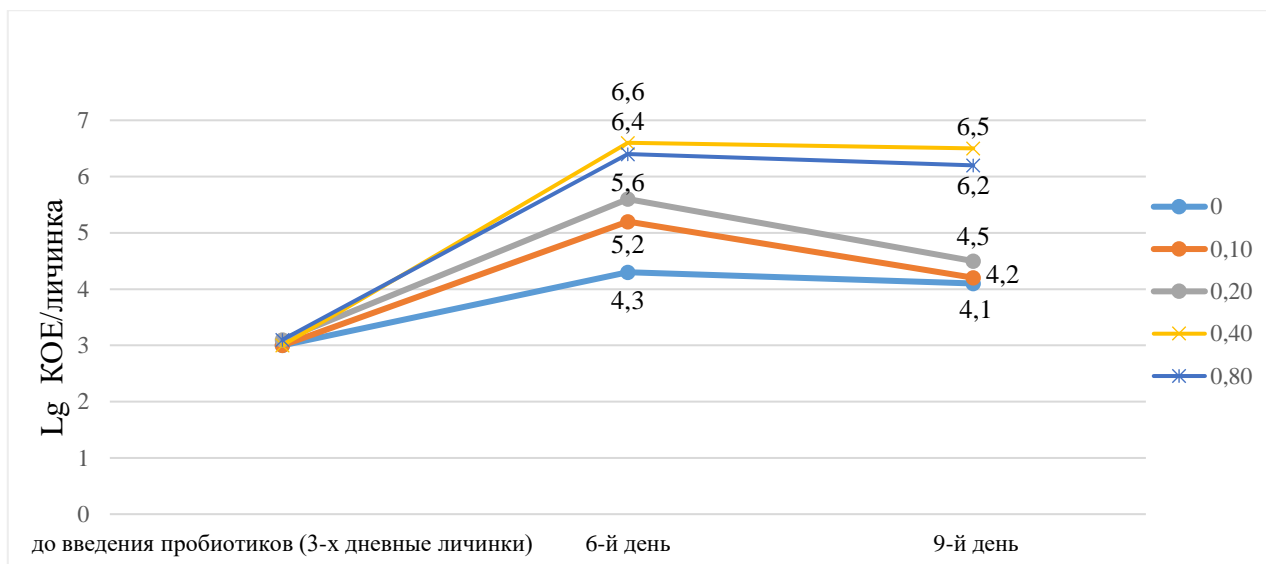


Рисунок 1 - Количество лактобактерий в кишечнике личинок на 6-й и 9-й день инкубации

Подбор времени введения пробиотической композиции. В этой серии экспериментов использовали пшеничную шелуху с содержанием 0,4% пробиотической композиции и вводили ее в рацион личинок один раз в день в течение одного последнего дня, двух последних дней и трех последних дней инкубации. В результате было показано, что при однодневном употреблении корма с пробиотиками содержание лактобактерий в кишечнике личинок повышается на 1 порядок и составляет 1×10^5 КОЕ. 2-х дневное и 3-х дневное употребление позволяет достигнуть количества лактобацилл еще на один порядок выше (3 и 1×10^6 КОЕ соответственно) (Таблица 3).

Таблица 3 - Количество лактобактерий в кишечнике личинок при введении в последние дни культивирования

Время введения	Количество молочнокислых бактерий в кишечнике, КОЕ/личинка
Контроль	2×10^4
Последний 1 день культивирования	1×10^5
Последние 2 дня культивирования	2×10^6
Последние 3 дня культивирования	9×10^5

В результате установлено, что 2-х дневное введение пробиотической смеси в рацион позволяет повысить количество клеток на один порядок по сравнению с однодневным, однако еще один дополнительный день введения не позволяет увеличить количество лактобактерий в кишечнике. Это показывает, что емкость кишечника 9-дневной личинки *Hermetia illucens* для лактобактерий составляет 10^6 клеток. В подобном исследовании Hai N.V. и сопр (2010) при инкапсуляции пробиотиков в науплии артемии показали, что вместимость артемий составляет 3×10^4 /науплия. Большая емкость личинок черной львинки, возможно, связана с разницей в размерах насекомых и, соответственно, их кишечников.

В связи с этим, для эффективной инкапсуляции пробиотическую композицию рекомендуется вводить в рацион личинок в течение последних двух дней культивирования.

Заключение. Таким образом, в результате добавления в рацион личинок *Hermetia illucens* пробиотической композиции достигается снижение в их кишечнике количества представителей класса *Proteobacteria Ralstonia pickettii* и *Klebsiella pneumoniae*, которые являются потенциально опасными для организма гидробионтов и человека. Наиболее высокое накопление лактобактерий в количестве $2-6 \times 10^6$ КОЕ на личинку наблюдалось при добавлении 0,4% пробиотической композиции в пшеничные отруби и при добавлении этой смеси в рацион в течение последних двух дней культивирования личинок. Установлено, что инкапсуляционная емкость кишечника личинок *Hermetia illucens* для лактобактерий составляет 10^6 КОЕ.

Оценка эффективности инкапсулированного в личинках пробиотического препарата для аквакультуры будет проведена нами в дальнейших исследованиях.

Список использованных источников

1. Xiong, W., Sun, Y., Zhang, T., Ding, X., Li, Y., Wang, M., & Zeng, Z. (2015). Antibiotics, antibiotic resistance genes, and bacterial community composition in fresh water aquaculture environment in China. *Microbial Ecology*, 70(2), 425– 432. <https://doi.org/10.1007/s00248-015-0583-x>
2. Denev SA (2008). Ecological alternatives of antibiotic growth promoters in the animal husbandry and Aquaculture. DSc. Thesis, Department of Biochemistry Microbiology, Trakia University, Stara Zagora, Bulgaria, pp. 294.
3. Paningrahi A, Azad IS (2007). Microbial intervention for better fish health in aquaculture: the Indian scenario. *Fish Physiol. Biochem.* 33: 429-440.
4. Irianto A, Austin B (2002). Probiotics in aquaculture. *J. Fish Dis.* 25:1-10.
5. Nayak SK (2010) Role of gastrointestinal microbiota in fish. *Aquacult Res* 41(11):1553–1573. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2010.02546.x>
6. F.G. Barroso, C. de Haro, M.-J. Sánchez-Muros, E. Venegas, A. Martínez-Sánchez, C. Pérez-Bañón. The potential of various insect species for use as food for fish Aquaculture, 422 (2014), pp. 193-201
7. D.C. Sheppard, G.L. Newton, S.A. Thompson, S. Savage. A value added manure management system using the black soldier fly Bioresour. Technol., 50 (1994), pp. 275-279
8. Wang YS, Shelomi M (2017) Review of black soldier fly (*Hermetia illucens*) as animal feed and human food. *Foods* 6:91
9. Hai N.V., Buller N., Fotedar R. (2010) Encapsulation capacity of *Artemia nauplii* with customized probiotics for use in the cultivation of western king prawns (*Penaeus latisulcatus* Kishinouye, 1896). *Aquaculture Research* Volume 41, Issue 6 p. 893-903.

Работа выполнена при финансовой поддержке:

- Министерства инновационного развития Республики Узбекистан, грант ЕАПИ-2021-51.
- РФФ (РЦНИ), Проект № 20-516-81004\20;
- Государственного комитета науки Армении, грант ЕАПИ 2020-065.

ВЛИЯНИЕ ПРОБИОТИЧЕСКОЙ БАКТЕРИИ *LACTOBACILLUS RHAMNOSUS* L108 НА ЭКСПРЕССИЮ ГЕНОВ ХОЗЯИНА (НА МОДЕЛИ *CAENORHABDITIS ELEGANS*)

¹Челомбицкая Д.С., ²Рудой Д.В., ²Ольшевская А.В., ²Одабашян М.Ю., ²Вершинина А.В.

¹Южный федеральный университет, Академия биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского, Ростов-на-Дону, Россия

²Донской государственной технической университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

Аннотация. В статье представлено исследование влияния пробиотической бактерии *Lactobacillus rhamnosus* L108 на экспрессию генов долголетия хозяина на модели *Caenorhabditis elegans*. В ходе исследования было установлено, что штамм *Lactobacillus rhamnosus* L108 увеличил продолжительность жизни *Caenorhabditis elegans* на 9,6 %. Также при анализе генов долголетия наблюдалось повышение уровня экспрессии генов *sir-2.1*, *skn-1* и *daf-16*, лежащих в основе регулирования консервативных сигнальных защитных путей инсулин/инсулиноподобного фактора-1 и p38 MAPK.

Ключевые слова. Пробиотики, нематоды, *Caenorhabditis elegans*, род *Lactobacillus*, старение.

INFLUENCE OF PROBIOTIC BACTERIA *LACTOBACILLUS RHAMNOSUS* L108 ON HOST GENE EXPRESSION (IN THE *CAENORHABDITIS ELEGANS* MODEL).

¹Chelombitskaya D.S., ²Rudoy D.V., ²Olshevskaya A.V., ²Odabashyan M.Yu., ²Vershinina A.V.

¹Southern Federal University, The Academy of Biology and Biotechnology named after D.I. Ivanovsky, Rostov-on-Don, Russian Federation

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

Abstract. The article presents a study of the effect of the probiotic bacterium *Lactobacillus rhamnosus* L108 on the expression of host longevity genes in the *Caenorhabditis elegans* model. The study found that the *Lactobacillus rhamnosus* L108 strain increased the lifespan of *Caenorhabditis elegans* by 9.6%. Also, when analyzing longevity genes, an increase in the level of expression of the *sir-2.1*, *skn-1*, and *daf-16* genes, which underlie the regulation of conservative signaling protective pathways of insulin/insulin-like factor-1 and p38 MAPK, was observed.

Keywords. Probiotics, nematodes, *Caenorhabditis elegans*, *Lactobacillus*, *Lactobacillus rhamnosus*, aging.

В настоящее время многие исследования сосредоточены на поиске источников пищи и их компонентов, оказывающих ингибирующее действие на развитие процессов старения организма. В связи с этим, изучение пробиотических групп микроорганизмов является перспективным направлением [1]. Известно, что пробиотики оказывают благотворное влияние на здоровье хозяина через различные молекулярные механизмы защиты и обладают антиоксидантными, антимикробными и противовоспалительными свойствами. Следовательно, появляется необходимость изучения потенциальной роли пробиотиков в пролонгации жизни [1,3,6]. Изучение взаимосвязи молекулярных защитных механизмов и кишечной микрофлоры, лежащих в основе пролонгации, увеличении продолжительности жизни и предотвращении окислительного стресса требует наличие простых модельных систем [2,5].

Нематоды *Caenorhabditis elegans* являются подходящим модельным объектом для изучения взаимодействия организма хозяина с пробиотиком и исследования процессов старения в силу простоты культивирования в лабораторных условиях, прозрачности покровов, высокой продуктивности, короткого жизненного цикла и генетической прослеживаемости. [1,4] Также была обнаружена схожесть сигнальных механизмов защиты и гомологичность генов долголетия у нематод *Caenorhabditis elegans* и человека порядка 60-80%.

Цель исследования заключалась в оценке влияния пробиотической бактерии *Lactobacillus rhamnosus* L108 на продолжительность жизни нематод *Caenorhabditis elegans* и экспрессию генов

долголетия связанных с такими молекулярными путями, как инсулин / инсулиноподобный фактор роста-1 (IIS) и р38 митоген-активированная протеинкиназа (р38 MAPK).

Материалом для проведения молекулярно-генетического анализа служили нематоды *Caenorhabditis elegans*. Выделение тотальной РНК нематод производили с использованием коммерческого набора «РНК ЭКСТРАН» (Синтол, Россия). Пробиотик *Lactobacillus rhamnosus* L108 был выделен из традиционных молочных продуктов и предоставлен из коллекции лаборатории экспериментального мутагенеза Академии биологии и биотехнологий им. Д. И. Ивановского.

В анализе экспрессии генов долголетия использовали гены *sir-2.1*, *skn-1* и *daf-16*, имеющие ортологи у высших млекопитающих, в частности и у человека, и осуществляющие регуляцию инсулин/инсулиноподобного фактора-1 и р38-MAPK киназного молекулярных консервативных путей защиты.

На рисунке 1 изображены результаты экспрессии исследуемых генов *sir-2.1*, *skn-1* и *daf-16* после 1-ого, 3-х и 7-ми суток кормления пробиотиком *Lactobacillus rhamnosus* L108.

При анализе дожития нематод *C. elegans* на среде со стандартным газонем *E. coli* OP50 и на газоне с пробиотиком *L. rhamnosus* L108 было установлено, что кормление *L. rhamnosus* L108 увеличивает продолжительность жизни нематод *C. elegans* на 9,6% ($p < 0,05$).

Анализ экспрессии исследуемых генов *sir-2.1*, *skn-1* и *daf-16* проводился по трём временным промежуткам: после 1-ого, 3-х и 7-ми суток кормления *L. rhamnosus* L108. Было выявлено повышение уровня экспрессии гена *sir-2.1* после 1 дня кормления пробиотиком на 9%, после 3-х дней - на 34 %. После 7-ми дней уровень экспрессии гена *sir-2.1* значительно снизился на 43,6 % ($p < 0,05$). По данным литературы ген *sir-2.1* активируется в условиях ограниченной калорийности, что подтверждает наличие антиоксидантных свойств штамма *L. rhamnosus* L108. [8]

Экспрессия гена *skn-1* увеличивалась экспоненциально на всех трёх временных промежутках на 43 %, 109 % и 184 % ($p < 0,05$).

Анализ данных экспрессии гена *daf-16* показал увеличение уровня экспрессии на 0,2 % после суточного кормления пробиотиком, 7,2 % после 3-х дней и 8,5 % после 7-ми дней ($p < 0,05$).

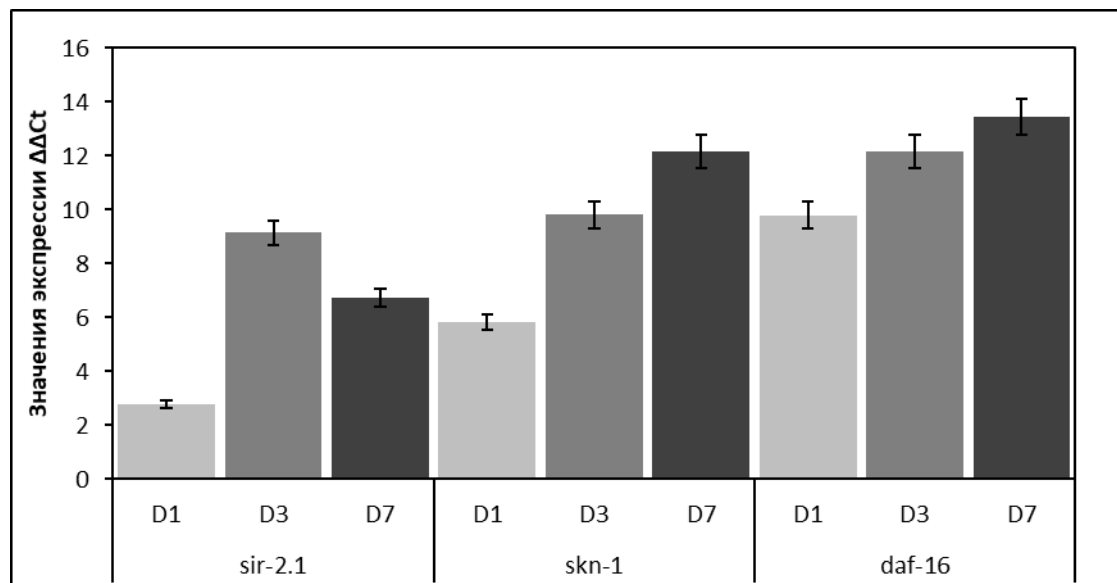


Рисунок 1 - Гистограмма по данным относительной экспрессии генов *sir-2.1*, *skn-1* и *daf-16* после кормления нематод *C. elegans* пробиотиком *Lactobacillus rhamnosus* L108.

Примечание: отображены уровни экспрессии исследуемых генов *C. elegans* после 1-ого (D1), 3-х (D3) и 7-ми (D7) суток употребления *L. rhamnosus* L108.

По результатам проведённых исследований было установлено, что штамм *Lactobacillus rhamnosus* L108 увеличивает продолжительность жизни нематод на 9,6%. Было выявлено положительное влияние *Lactobacillus rhamnosus* L108 на экспрессию генов долголетия *sir-2.1*, *skn-1* и *daf-16*. Наличие экспрессии генов *sir-2.1* и *daf-16* свидетельствует о включении инсулин/инсулиноподобного фактора-1 сигнального пути, а с ним потенциальное увеличение продолжительности нематод *C. elegans*. Наибольший уровень экспрессии наблюдался у гена *skn-1*, лежащий в основе регулирования р38 MAPK киназного механизма защиты организма.

По данным литературы активация вышеперечисленных сигнальных путей лежит в основе регулирования процессов старения и детоксикации, гомеостаза, липидного и белкового обмена и иммунного ответа. [7]

Список использованных источников

1. Roselli M. et al. *Caenorhabditis elegans* and probiotics interactions from a longevity perspective // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2019. – V. 20, №. 20. – P. 5020.
2. Tan K. et al. *Pediococcus acidilactici* P25 protected *caenorhabditis elegans* against enterotoxigenic *Escherichia coli* K88 infection and transcriptomic analysis of its potential mechanisms // *BioMed research international*. – 2020. – V. 2020.
3. Dilberger B. et al. Mitochondrial oxidative stress impairs energy metabolism and reduces stress resistance and longevity of *C. elegans* // *Oxidative medicine and cellular longevity*. – 2019. – V. 2019.
4. Kumar A. et al. A potential probiotic *Lactobacillus plantarum* JBC5 improves longevity and healthy aging by modulating antioxidative, innate immunity and serotonin-signaling pathways in *Caenorhabditis elegans* // *Antioxidants*. – 2022. – V. 11, №. 2. – P. 268.
5. Dinić M. et al. Probiotic-mediated p38 MAPK immune signaling prolongs the survival of *Caenorhabditis elegans* exposed to pathogenic bacteria // *Scientific reports*. – 2021. – V. 11, №. 1. – P. 1-10.
6. Zanni E. et al. Combination of metabolomic and proteomic analysis revealed different features among *Lactobacillus delbrueckii* subspecies *bulgaricus* and *lactis* strains while in vivo testing in the model organism *Caenorhabditis elegans* highlighted probiotic properties // *Frontiers in microbiology*. – 2017. – V. 8. – P. 1206.
7. Braeckman B. P., Vanfleteren J. R. Genetic control of longevity in *C. elegans* // *Experimental Gerontology*. – 2007. – V. 42, №. 1-2. – P. 90-98.
8. Kaletsky R., Murphy C. T. The role of insulin/IGF-like signaling in *C. elegans* longevity and aging // *Disease models & mechanisms*. – 2010. – V. 3, №. 7-8. – P. 415-419.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках госзадания (Южный федеральный университет, проект № 0852-2020-0029); Работа выполнена в рамках соглашения о предоставлении из федерального бюджета грантов в форме субсидий в соответствии с пунктом 4 статьи 78.1 Бюджетного кодекса Российской Федерации от 01.06.2022 г. №075-15-2022-1045 и исследование выполнено при поддержке гранта в рамках конкурса «Наука-2030».

ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ОРГАНИЗМОВ

¹Григорян М.А., ¹Кутыга М.А., ¹Миляева Л.В.

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

Аннотация. В статье представлен обзор о процессе создания генетически модифицированных организмов (ГМО). Также рассматривается безопасность и актуальность представленной технологии. Описывается связь генной инженерии с ГМО. Представлены этапы создания организмов с генной модификацией.

Ключевые слова. Генетически модифицированный организм, генная инженерия, селекция, ген, организм, биосистема.

TECHNOLOGY FOR THE CREATION OF GENETICALLY MODIFIED ORGANISMS

¹Grigoryan M.A., ¹Kutyga M.A., ¹Milyaeva L.V.

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

Annotation. The article provides an overview of the process of creating GMOs. The safety and relevance of the presented technology is also considered. The connection of genetic engineering with GMOs is described. The stages of creation of organisms with genetic modification are presented.

Keywords. Genetically modified organism, genetic engineering, breeding, gene, organism, biosystem.

Многообразие живого мира прогрессивно увеличивается за счёт появления новых организмов, которых ранее не существовало. Условия в мире не стабильны, они могут резко меняться. В мире живых организмов наблюдается естественный отбор, согласно которому выживает организм наиболее приспособленный к условиям окружающей среды. Таким образом, организм, который без каких-либо проблем существовал в определенной местности, из-за неприспособленности к изменившимся условиям среды обитания, будет в опасном положении, ведь процессы жизнедеятельности будут нарушены, а в некоторых случаях и вовсе остановлены. В биосистеме каждое звено связано друг с другом. Часто встречаются случаи, когда человек привыкает к использованию других организмов (растений, бактерий и т.д.) для получения пользы. Что будет в случае, если процессы жизнедеятельности живых существ, от которых мы зависим, будут нарушены? В большинстве случаев мы прибегаем к поиску альтернативных вариантов, чтобы обеспечить наши потребности. Но ведь не всегда возможно и целесообразно найти новые варианты, ведь это очень трудно и самое главное - очень долго. Тогда возникает вопрос: можно ли изменить параметры живых организмов так, чтобы они могли существовать в определенных условиях? Ответ: да, действительно этого можно достигнуть, ведь в мире уже очень давно начали применяться определенные науки для решения таких задач.

Итак, самым распространенным методом выведения и улучшения качеств, которые необходимы человеку, является селекция. Данная наука получает новые организмы благодаря скрещиванию уже существующих генов, в результате получается необходимый организм с нужными качествами. В данной науке не все идеи могут быть реализованы, ведь круг скрещиваемых организмов ограничен и получить то, что мы хотим зачастую невозможно. Также стоит учитывать, что получение нового организма с нужными параметрами с помощью селекции достаточно долгий процесс, ведь необходимо подобрать особи, скрещивание которых приведет к получению новой, которая будет отвечать нашим потребностям. Представим ситуацию, когда полученный в результате скрещивания организм имеет определенные недостатки приспособленности к окружающей среде. Тогда ситуация очень усложняется, ведь работать над конкретным недостатком в данной методе очень трудно.

Но как же совершенствовать уже существующие организмы, чтобы точно получить желаемый результат? На сегодняшний день для таких задач лидирующей является генная инженерия, с помощью которой можно конструировать новые геномы, комбинация которых и не существовало. Исследуя цепи ДНК, которые отвечают за определенный признак, можно найти необходимую последовательность аминокислот и использовать её для получения желаемого результата. Обобщая можно сказать, что генная инженерия - это набор технологий, используемых для изменения генетического состава клеток,

включая перенос генов внутри и через границы видов для создания улучшенных или новых организмов. Основные задачи данной науки: придание устойчивости организма к различным негативным факторам окружающей среды, повышение продуктивности, добавление особых качеств. Результатом работы генной инженерии является ГМО.

Генетически модифицированные организмы (ГМО)- это организмы с измененной наследственной информацией, которое достигается методами генной инженерии.

Не смотря на большие преимущества генно-модифицированных организмов, есть и некоторые трудности, ведь получение результата требует высокоточных работ, результаты которых должны оправдывать рассчитанные ожидания. Для получения организма с модифицированным геном необходимо осуществить ряд этапов, которые позволят получить желаемый результат в виде измененного организма с желаемыми параметрами.

Перейдем к технологии создания генно-модифицированных организмов, она состоит из этапов, по прохождению которых можно получить организм с модифицированным геном.

1. В начале мы работаем над тем, чтобы выделить ту последовательность нуклеотидов, которая соответствует требуемым параметрам, то есть нам необходимо получить изолированный ген, который используется для следующих этапов. Необходимую последовательность нуклеотидов можно получать без затруднений благодаря электронным вычислительным системам, которые синтезируют запрашиваемые последовательности. Устройство выделяет необходимую последовательность нуклеотидов, считывание которых позволит синтезировать необходимые последовательности цепей аминокислоты, кодирующиеся тремя нуклеотидами ДНК. На данном этапе мы получили необходимую часть гена, которую будем использовать далее.

2. Данный этап является промежуточным, ведь он необходим для переноса определенной последовательности нуклеотидов. Непосредственно короткую последовательность молекулы ДНК перенести в рассматриваемый организм не получится, но это можно сделать с помощью вектора. Вектор выполняет роль переносчика, ведь имеет две цепи нуклеотидов и способен к самостоятельному удвоению. Ключевым на данном этапе является соединение необходимого отрезка гена и вектора, ведь они являются двух цепочечными. Сначала цепи разъединяются с помощью фермента рестриктазы, после этого появляется возможность соединить вектор с геном, а это осуществляется с помощью второго фермента- лигазы, благодаря которому происходит соединение нуклеотидных цепей. В итоге получается рекомбинантная ДНК, которая будет ключевым элементом для осуществления следующих этапов

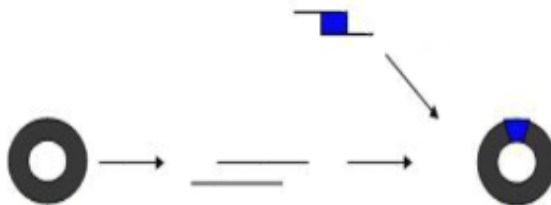


Рисунок 1 - Встраивание полученного гена в генетический элемент

3. На данной стадии необходимо перенести подготовленный материал в исследуемый организм. Данный этап для бактерий включает в себя перемещение модифицированного гена, который осуществляется аналогично переносу во время полового процесса, протекающего в цикле трансформации. В остальных случаях модифицированная ДНК вносится в структурно-функциональные единицы организма с помощью трансфекции, которая включает в себя внесение участков генов в клетки организмов эукариот через клеточную стенку, но стоит отметить, что данный процесс не считается вирусным методом. В результате в рассматриваемый организм внесены необходимые последовательности генетического материала, которые начинают корректировать процессы, происходящие в организме и начинает изменяться последовательность кодируемых единиц.

4. После внесения определенного генетического материала начинается считывание и синтезирование аминокислот по задаваемой (измененной) последовательности. Далее определенные последовательности аминокислот составляют белки, которые и оказывают воздействие на определенную часть системы организма, которую изначально планировалось изменить. Одноклеточные организмы будут подвержены клонированию, так как будет достигнут планируемый результат и будет необходимо обнаружить и отобрать организмы, на которых был достигнут желаемый результат. Многоклеточные с измененным генотипом подвергаются вегетативному размножению, которое необходимо для закрепления измененного параметра, а в случае с животными такие клетки (с

измененным ДНК) вводят в бластоцисты- зародыши, из которых будет формироваться организм животного. Здесь выявляются изменения и наиболее подходящие результаты размножаются.

5. После осуществления всех этапов следует отбор модифицированных организмов, ведь не все особи изменятся точно так, как планировалось. Тогда организмы, обладающие ожидаемым результатом скрещиваются между собой. В итоге получается потомство, которое уже полностью соответствует изначально поставленным целям и имеет изменения, которые зафиксированы в генотипе.

Таким образом, мы можем получить организм с модифицированным геном, который раскроет новые функции и приспособит к определенным условиям окружающей среды.

Список использованных источников

1. Chen Zhang, Robert Wohlhueter, Han Zhang. Genetically modified foods: A critical review of their promise and problems, Food Science and Human Wellness, Volume 5, Issue 3, 2016. Pages 116-123. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2016.04.002>.

2. Oliver M.J. Why we need GMO crops in agriculture. Mo Med. 2014 Nov-Dec, 111(6):492-507. PMID: 25665234; PMCID: PMC6173531

3. Oliver M.J., Hake K. Oliver MJ, Li Y. Plant Gene Containment. Wiley-Blackwell Publishing Ltd; Hoboken, NJ: 2012. Seed-based gene containment strategies; pp. 113–124.

4. Frewer L.J, van der Lans IA, Fischer ARH, Reinders MJ, Menozzi D, Zhang X, van der Berg I, Zimmermann K. L. Public perceptions of agri-food applications of genetic modification: A systematic review and metaanalysis. Trends in Food Science & Technology. 2013; 30: 142–152.

Работа выполнена в рамках соглашения о предоставлении из федерального бюджета грантов в форме субсидий в соответствии с пунктом 4 статьи 78.1 Бюджетного кодекса Российской Федерации от 01.06.2022 г. №075-15-2022-1045.

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

II МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

«РАЗВИТИЕ И СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ АКВАКУЛЬТУРЫ» (КОНФЕРЕНЦИЯ «АКВАКУЛЬТУРА 2022»)

с применением дистанционных технологий

с. Дивноморское,
26 сентября – 02 октября 2022 г.

Донской государственный технический университет
г. Ростов-на-Дону
2022

COLLECTION OF SCIENTIFIC PAPERS

II INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE

«DEVELOPMENT AND MODERN PROBLEMS OF AQUACULTURE» («AQUACULTURE 2022» CONFERENCE)

using remote technologies

Divnomorskoye,
September 26 – October 02, 2022

Don State Technical University
Rostov-on-Don
2022

Подписано в печать __.__.2022
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 2022" 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

