



ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА И ОКЕАНОГРАФИИ (ФГБНУ «ВНИРО»)

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО

№ 3 2024

май–июнь

Основан в 1920 году | Выходит 6 раз в год

Главный редактор: **К.В. Колончин**
Заместитель главного редактора: **А.Н. Колмаков**

Научный консультант **О.Л. Журавлева**
Ответственный редактор **С.Г. Филиппова**

Компьютерная верстка **М.Д. Козина**
Менеджер по подписке **Д.Г. Маркова**

Адрес редакции: Россия, 105187, г. Москва, Окружной проезд, д. 19.



УЧРЕДИТЕЛЬ ЖУРНАЛА

ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА И ОКЕАНОГРАФИИ (ФГБНУ «ВНИРО»)

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Председатель Редакционного совета

И.В. Шестаков кандидат экономических наук, руководитель Росрыболовства

Заместитель Председателя Редакционного совета

К.В. Колончин доктор экономических наук, доцент, директор
Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО)

Секретарь Редакционного совета

С.Г. Филиппова ответственный редактор журнала «Рыбное хозяйство»

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА

- Колмаков А.Н.* доктор экономических наук, директор Центра экономических исследований рыбного хозяйства, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»
- Андреев М.П.* доктор технических наук, профессор кафедры технологии продуктов питания, ФГБОУ ВО «КГТУ»
- Багров А.М.* член-корреспондент РАН, доктор биологических наук, профессор
- Бубунец Э.В.* доктор сельскохозяйственных наук, доцент кафедры аквакультуры и пчеловодства, ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева»
- Дворянинова О.П.* доктор технических наук, Декан факультета безотрывного образования, заведующий кафедрой управление качеством и технологии водных биоресурсов, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»
- Жигин А.В.* доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник отдела аквакультуры беспозвоночных, ФГБНУ «ВНИРО»; профессор кафедры аквакультуры и пчеловодства, ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева»
- Зиланов В.К.* кандидат биологических наук, действительный член МАНЭБ, профессор, почетный доктор ФГБОУ ВО «МГТУ», председатель КС «Севрыба»
- Кокорев Ю.И.* кандидат экономических наук, профессор кафедры гуманитарно-экономические дисциплины, Дмитровский рыбохозяйственный технологический институт, ФГБОУ ВО «АГТУ»
- Мезенова О.Я.* доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «КГТУ», Почетный работник рыбного хозяйства
- Мерсель Й.-Т.* доктор технических наук, профессор, научно-исследовательская лаборатория (UBF GmbH), Альтландсберг, Германия
- Остроумов С.А.* доктор биологических наук, доцент биологического факультета, МГУ им. М.В. Ломоносова
- Павлов Д.С.* действительный член Российской академии наук, доктор биологических наук, заслуженный профессор МГУ имени М.В. Ломоносова, заведующий лабораторией, научный руководитель кафедры ихтиологии биологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова; научный руководитель Института проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН
- Серветник Г.Е.* доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории проблем воспроизводства и биосинергетики, Всероссийский научно-исследовательский институт интегрированного рыбоводства (ВНИИР, филиал ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста)
- Сёмин А.Н.* академик РАН, доктор экономических наук, профессор, Заслуженный деятель науки Российской Федерации, Заслуженный экономист Российской Федерации, Лауреат национальной премии им. П.А. Столыпина, ФГБНУ «ВНИРО»
- Смирнов А.А.* доктор биологических наук, главный научный сотрудник отдела морских рыб Дальнего Востока, Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»); профессор, Северо-Восточного государственного университета (СВГУ); доцент, Дагестанский государственный университет (ДГУ)
- Труба А.С.* доктор экономических наук, профессор, главный научный сотрудник ФГБНУ «ВНИРО», член Правления Союза писателей России
- Толикова Е.Э.* доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры «Инновационное предпринимательство» МГТУ им. Н.Э. Баумана
- Чернышков П.П.* доктор географических наук, профессор кафедры географии океана Института живых систем, Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта



FOUNDER OF THE JOURNAL
RUSSIAN FEDERAL RESEARCH INSTITUTE
OF FISHERIES AND OCEANOGRAPHY (VNIRO)

3/2024 (may-june)

SCIENTIFIC, PRACTICAL AND PRODUCTION JOURNAL

It was founded in 1920 | It is published 6 times a year

Editor-in-chief: **K.V. Kolonchin**
Deputy Editor-in-Chief: **A.N. Kolmakov**

Scientific consultant: **O.L. Zhuravleva**

Computer layout: **M.D. Kozina**

Subscription manager: **D.G. Markova**

EDITORIAL BOARD

Chairman of the Editorial Board

I.V. Shestakov Candidate of Economic Sciences, Head of Rosrybolovstvo

Deputy Chairman of the Editorial Board

K.V. Kolonchin Doctor of Economics, docent, Director of the Russian Federate Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO)

Secretary of the Editorial Board

S.G. Filippova Executive editor of the magazine "Fisheries"

MEMBERS OF THE EDITORIAL BOARD

<i>Kolmakou A.N.</i>	Doctor of Economics, Director of the Center for Economic Research of Fisheries, (VNIRO)
<i>Andreeu M.P.</i>	Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Food Technology, KSTU
<i>Bagrov A.M.</i>	Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Biological Sciences, Professor
<i>Bubunets E.V.</i>	Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Aquaculture and Beekeeping, FGBOU VO «RGAU-MSHA named after K.A. Timiryazev»
<i>Dvoryaninova O.P.</i>	Doctor of Technical Sciences, Dean of the Faculty of Continuous Education, Head of the Department of Quality Management and Technology of Aquatic Bioresources, Voronezh State University of Engineering Technologies
<i>Zhigin A.V.</i>	Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher of the Department of Invertebrate Aquaculture, VNIRO; Professor of the Department of Aquaculture and Beekeeping, K.A. Timiryazev Russian State Agrarian University
<i>Zilanov V.K.</i>	Candidate of Biological Sciences, full member of MANEB, Professor, Honorary Doctor of the Moscow State Technical University, Chairman of the Sevryba CC
<i>Kokoreu Yu.I.</i>	Candidate of Economic Sciences, Professor of the Department of Humanities and Economics, Dmitrov Fisheries Institute of Technology, Federal State Budgetary Educational Institution «AGTU»
<i>Mezenova O.Ya.</i>	Doctor of Technical Sciences, Professor, KSTU, Honorary Worker of Fisheries
<i>Mercel J.-T.</i>	Doctor of Technical Sciences, Professor, Research Laboratory (UBF GmbH), Altlandsberg, Germany
<i>Ostroumov S.A.</i>	Doctor of Biological Sciences, Associate Professor of the Faculty of Biology, Lomonosov Moscow State University
<i>Paulou D.S.</i>	Full member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Biological Sciences, Honored Professor of Lomonosov Moscow State University, Head of the Laboratory, Scientific Director of the Department of Ichthyology of the Faculty of Biology of Lomonosov Moscow State University; Scientific Director of the A. N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences
<i>Servetnik G.E.</i>	Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher at the Laboratory of Reproduction and Biosynergetics Problems, All-Russian Research Institute of Integrated Fish Farming (VNIIR, branch of the L.K. Ernst FITZVIZH Federal State Budgetary Scientific Institution)
<i>Semin A.N.</i>	Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Economics, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Honored Economist of the Russian Federation, Laureate of the National Prize named after P.A. Stolypin, VNIRO
<i>Smirnov A.A.</i>	Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher of the Department of Marine Fishes of the Far East, VNIRO; Professor, Northeastern State University (SVSU); Associate Professor, Dagestan State University (DSU)
<i>Truba A.S.</i>	Doctor of Economics, Professor, Chief Researcher at VNIRO Federal State Budgetary Research University, Member of the Board of the Union of Writers of Russia
<i>Tollikova E.E.</i>	Doctor of Economics, Professor, Professor of the Department of Innovative Entrepreneurship at Bauman Moscow State Technical University
<i>Chernyshkov P.P.</i>	Doctor of Geographical Sciences, Professor of the Department of Ocean Geography at the Institute of Living Systems, Immanuel Kant Baltic Federal University

Editorial office address: Russia, 105187, Moscow, Okruzhnoy proezd, 19.

	СОБЫТИЕ	08	EVENT
	ЭКОНОМИКА И БИЗНЕС		ECONOMICS AND BUSINESS
	Титова Г.Д.	10	Titova G.D.
Глобализация в промышленном рыболовстве: добро или зло?			Globalization in industrial fisheries: good or evil?
	Васильев А.М.	18	Vasiliev A.M.
Обзор цифровой трансформации рыбного хозяйства			Overview of the digital transformation of fisheries
	РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАНИЕ		FISHERIES EDUCATION
	Серомаха Е.Н., Жарикова В.Ю., Бобылев А.Б.	26	Seromakha E.N., Zharikova V.Yu. Bobylev A.B.
Молодежная политика ВНИРО и научно-образовательный проект «Каникулы в Рыбном!»			VNIRO youth policy and scientific and educational project "Holidays in Rybnoye!"
	ЭКОЛОГИЯ		ECOLOGY
	Горбачев В.В., Смирнов А.А., Метелёв Е.А.	32	Gorbachev V.V., Smirnov A.A., Metelev E.A.
Прогнозирование биоразнообразия и биометрических показателей сельди (<i>Clupea pallasii</i>) Охотского моря с применением нейронных сетей			Neural network prediction of biodiversity and biometric indicators in herring (<i>Clupea pallasii</i>) of Okhotsk Sea
	ПОЗДРАВЛЯЕМ		CONGRATULATE
	Юбилей Галины Дмитриевны Титовой	40	Anniversary of Galina Dmitrievna Titova
	БИОРЕСУРСЫ И ПРОМЫСЕЛ		BIORESOURCES AND FISHERIES
	Лисиенко С. В.	41	Lisienko S.V.
Треска Западно-Камчатской подзоны: промысловое состояние с 2019 по 2023 годы			Cod of the West Kamchatka subzone: commercial status from 2019 to 2023
	ВНУТРЕННИЕ ВОДОЕМЫ		INTERNAL RESERVOIRS
	Сокольский А.Ф.	46	Sokolsky A.F.
История промысла и современное состояние щуки (<i>Esox Lucius</i>) в Волго-Каспийском рыбопромысловом районе			The history of fishing and the current state of pike (<i>Esox Lucius</i>) in the Volga-Caspian fishing area
	Гайденок Н.Д., Заделенов В.А.	52	Gaidenok N.D., Zadelenov V.A.
Демография, таксономия, генетика модели енисейского осетра – 20 лет спустя. <i>Часть 1.</i>			Demography, taxonomy, genetics of the Yenisei Sturgeon Model – 20 Years later. <i>Part 1.</i>
	Горохов М.Н., Шипулин С.В., Барабанов В.В.	63	Gorokhov M.N., Shipulin S.V., Barabanov V.V.
О волжском предустьевом запретном пространстве			About the Volga pre-estuary forbidden space
	АКВАКУЛЬТУРА		AQUACULTURE
	Климук А.А., Головачева Н.А., Царьков М.Д., Семеряков Ю.В., Шкель А.А.	71	Klimuk A.A., Golovacheva N.A., Tsarkov M.D., Semeryakov Yu.V., Shkel A.A.
Изменения гидрохимических параметров водной среды и биохимических показателей сыворотки крови рыб от плотности посадки в УЗВ			Changes in hydrochemical parameters of the aquatic environment and biochemical parameters of fish blood serum from the planting density in the ultrasound

**Борисов Р.Р., Жигин А.В., Ковачева Н.П.,
Кряхова Н.В., Никонова И.Н.**
Биологические аспекты культивирования
австралийского красноклешневого рака
Cherax quadricarinatus (von Martens, 1868)
в России

**80 Borisov R.R., Zhigin A.V., Kovacheva N.P.,
Kryakhova N.V., Nikonova I.N.**

Biological aspects of cultivation
of the Australian red-clawed crayfish
Cherax quadricarinatus (von Martens, 1868)
in Russia

**Калайда М.Л., Гордеева М.Э.,
Сафиуллин Р.Р.**
Особенности распределения
антиоксидантных свойств воды в установке
замкнутого цикла

**93 Kalaida M.L., Gordeeva M.E.,
Safiullin R.R.**

Features of the distribution
of antioxidant properties of water
in a closed water supply system

МАРИКУЛЬТУРА

**Политаева А.А., Матросова И.В.,
Смирнов А.А.**
Оптимизация подходов при выращивании
молоди дальневосточного трепанга
индустриальным способом

MARICULTURE

**100 Politaeva A.A., Matrosova I.V.,
Smirnov A.A.**
Optimization of approaches to growing
juvenile Far Eastern sea cucumbers
using an industrial method

ТЕХНИКА РЫБОЛОВСТВА И ФЛОТ

Симкин Л.М.
Получение математической модели сетного
орудия лова или его участка

FISHING EQUIPMENT AND FLEET

104 Simkin L.M.
Obtaining a mathematical model
of a net fishing gear or its section

ТЕХНОЛОГИЯ

**Докина О.Б., Красильникова А.А.,
Ковалев К.В., Пронина Н.Д.**
Криоконсервация спермы
осетрообразных рыб: современное
состояние и перспективы. *Часть 2.*

TECHNOLOGY

**110 Dokina O.B., Krasilnikova A.A.,
Kovalev K.V., Pronina N.D.**
Cryopreservation
of acipenseriformes sperm:
current state and perspectives. *Part 2.*

**Лаврухина Е.В. Зарубин Н.Ю.
Бредихина О.В. Гриневич А.И.**
Моделирование рецептурного состава
пробиотического пищевого рыбного
продукта с применением высокоуровневого
языка программирования Python

**122 Lavrukina E.V., Zarubin N.Yu.,
Bredikhina O.V., Grinevich A.I.**
Modeling of the composition
of a probiotic fish product using
the Python

Журнал «Рыбное хозяйство» выходит один раз в два месяца (6 выпусков в год) на русском языке с англоязычными рефератами и списком литературных источников.

На сайте журнала есть вся необходимая информация, там представлены номера за текущий год, а также – архив выпусков за предыдущие годы в полном объеме.

Все статьи, предоставленные для публикации, направляются на рецензирование. Не принятые к опубликованию статьи не возвращаются. При перепечатке ссылка на «Рыбное хозяйство» обязательна. Мнение редакции не всегда совпадает с позицией авторов публикаций. Ответственность за достоверность изложенных в публикациях фактов и правильность цитат несут авторы. Редакция оставляет за собой право, в отдельных случаях, изменять периодичность выхода и объем издания.

The magazine “Fisheries” is published bi-monthly (6 issues per year) in Russian with annotations and a list of literary sources in English. All articles submitted for publication are reviewed. The editorial board does not return rejected articles. When playing, a link to the magazine “Fisheries” is required. The position of the editorial board may not coincide with the position of the authors. The Editorial Board reserves the right to change the frequency of publication of issues. On the magazine’s website you can get acquainted with all the necessary information, there are numbers for the current year, as well as an archive of issues for previous years in full.



**Дорогие друзья!
Уважаемые коллеги!**

Примите искренние поздравления с праздником – Днём рыбака!

Рыбное хозяйство – одна из важнейших отраслей российской экономики. И каждый, кто посвятил свою жизнь этому нелёгкому, зачастую героическому труду, вносит весомый вклад в благополучие, экономическую и продовольственную стабильность страны.

Каждый день, выходя в море, наши промысловики с гордостью несут звание русского рыбака. Это люди особого склада, которых объединяет житейская мудрость, стойкость к невзгодам, народный юмор и бережное, уважительное отношение к родной природе.

Огромный, неоценимый вклад в общее дело вносят сотрудники нашего института – базового научного учреждения ФГБНУ «ВНИРО», объединяющего 29 научных организаций страны – от Калининграда до Командорских островов.

Сегодня мы с гордостью можем говорить о наших успехах и достижениях. И самое главное событие для всех нас – присвоение статуса государственного научного центра России!

В этот замечательный праздник, уважаемые коллеги, давайте пожелаем друг другу благополучия и семейного тепла!

Директор ВНИРО

К.В. Колончин



ФГБНУ «ВНИРО» ПРИСВОЕН СТАТУС ГОСУДАРСТВЕННОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА

3 мая 2024 года Правительство Российской Федерации присвоило Всероссийскому научно-исследовательскому институту рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО) статус государственного научного центра (ГНЦ) России (Распоряжение № 1091 от 3 мая 2024 года).

Статус государственного научного центра Российской Федерации, в соответствии с Федеральным законом «О науке и государственной научно-технической политике» и Указом Президента Российской Федерации от 12 августа 2022 г. № 546 «О государственных научных центрах Российской Федерации», присваивается научной организации. Чтобы получить данный статус научная организация должна отвечать одному или сразу нескольким требованиям: иметь уникальную научную установку, являться центром коллективного пользования научным оборудованием, владеть уникальным опытно-экспериментальным оборудованием, располагать высококвалифицированными научными кадрами. Помимо этого, деятельность данной организации получила международное признание.

Приоритетными задачами деятельности ГНЦ являются исследования и экспериментальные разработки по ключевым для Российской Федерации направлениям научно-технологического развития, участие в мероприятиях, предусмотренных национальными и федеральными проектами и важнейшими инновационными разработками государственного значения.

В Российской Федерации действуют свыше 1600 научно-исследовательских институтов. Всероссийский НИИ рыбного хозяйства и океанографии стал 45-м ГНЦ, действующим в Российской Федерации, и первым государственным научным центром в структуре Росрыболовства.



Статус государственного научного центра Российской Федерации подтверждает высокий уровень результатов, достигнутых учеными ВНИРО, и ключевое значение проводимых научных исследований.

Пресс-центр ВНИРО



Глобализация в промышленном рыболовстве: добро или зло?

Научная статья
УДК 005.44

DOI: 10.36038/0131-6184-2024-3-10-17

Титова Галина Дмитриевна – доктор экономических наук, профессор, главный научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО), Москва, Россия
E-mail: gdtitova1939@yandex.ru

Адрес: Россия, 105187, г. Москва, Окружной проезд, 19

Аннотация. В статье обсуждаются проблемы глобализации мировой экономики на примере промышленного рыболовства. Раскрыта понятийная суть этого процесса. Дан анализ исторического развития проблем глобализации. Проанализированы положительные и отрицательные стороны глобализации и их влияние на рыбохозяйственную деятельность, в первую очередь – на промышленное рыболовство. Обсуждены глобализация и геоэкологические проблемы России. Сформулированы вопросы нейтрализации негативных последствий глобализации.

Ключевые слова: глобализация, морское промышленное рыболовство

Для цитирования: Титова Г.Д. Глобализация в промышленном рыболовстве: добро или зло? // Рыбное хозяйство. 2024. № 3. С. 10-17. DOI: 10.36038/0131-6184-2024-3-10-17

GLOBALIZATION IN INDUSTRIAL FISHERIES: GOOD OR EVIL?

Galina D. Titova – Doctor of Economics, Professor, Chief Researcher, Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO), Moscow, Russia

Address: Russia, 105187, Moscow, Okruzhnoy proezd, 19

Annotation. The article discusses the problems of globalization of the world economy using the example of industrial fishing. The conceptual essence of this process is revealed. The analysis of the historical development of the problems of globalization is given. The positive and negative sides of globalization and its impact on fisheries management, primarily on industrial fishing, are analyzed. Globalization and geo-ecological problems of Russia are discussed. The problems of scientific support for neutralizing the negative effects of globalization are formulated.

Keywords: globalization, marine industrial fisheries

For citation: Titova G.D. (2024). Globalization in Industrial Fishing: good or Evil? // Fisheries. No. 3. Pp. 10-17. DOI: 10.36038/0131-6184-2024-3-10-17

ВВЕДЕНИЕ

Глобализация – это современный этап интернационализации международных отношений: экономических, политических и социокультурных процессов, отличающихся особой интенсивностью. К наиболее очевидным проявлениям глобализации относятся: консолидация единого мирового рынка, активное развитие межгосударственных финансовых, торговых и производственных связей, расширение денежных, товарных и людских потоков, ускоренная адаптация социальных структур к динамичным экономическим процессам, культурная универсализация, становление всеобщего информационного пространства на базе новейших компьютерных технологий.

Современное мировое хозяйство – это глобальный экономический организм, совокупность национальных экономик, находящихся в тесном взаимодействии и взаимозависимости. Глобальное по своим масштабам, оно основывается на принципах рыночной экономики, объективных закономерностях международного разделения труда, интернационализации производства и капитала. Генеральной тенденцией развития мирового хозяйства является движение к созданию единого планетарного рынка капиталов, товаров и услуг, экономическому сближению и объединению отдельных стран в единый мировой хозяйственный комплекс. Мировое хозяйство, как глобальная система, – категория историческая, развивающаяся в динамике.

Глобализация экономической деятельности происходит на двух уровнях: микро- и макроэкономическом. На микроэкономическом уровне глобализация развивается, прежде всего, за

счёт самостоятельных хозяйствующих субъектов (предприятий, фирм и компаний), которые стремятся к расширению предпринимательской деятельности за пределами внутреннего рынка. Именно они устанавливают производственные, торговые, научно-технические, финансовые связи со своими зарубежными партнёрами, создают или приобретают компании в других странах, формируют транснациональные корпорации и банки, международные альянсы и синдикаты [1; 2].

СТАНОВЛЕНИЕ ГЛОБАЛИЗАЦИИ В РЫБОЛОВСТВЕ В ИСТОРИЧЕСКОМ РАКУРСЕ

Морское рыболовство в историческом плане рассматривается как одно из древнейших занятий человека, связанных с добычей продуктов питания. Желание получить более высокие и устойчивые уловы рыбы стимулировало создание все более совершенных плавсредств и орудий лова, позволявших удалиться подальше от берега. Постепенно накапливались опыт и знания о перемещениях рыбных косяков, что способствовало еще большему удалению рыболовства в сторону открытых морей (океанов). Португальские и испанские рыбаки уже в Средние века освоили весьма удаленную от их родных берегов Ньюфаундлендскую банку. Ареной интенсивного сельдяного промысла стало и Северное море.

Русские поморы со времен Московской Руси промышленно треску и других рыб на Мурмане, охотились на тюленей и моржей у Новой Земли, на Груманте. В водах Северной Европы, вплоть до Шпицбергена, развился международный китобойный промысел [3].

Борьба за право использования наиболее продуктивных промысловых районов неизбежно стала приводить к конфликтам между рыболовными государствами, вплоть до баталий с использованием военных кораблей. Наиболее известны сражения за право лова североморских сельдей и охоты на гренландских китов. Возникали монополии, отвоёвывавшие для себя исключительное право на лов того или иного вида рыб. Со временем рыбные войны утихли, кое-где были разделены сферы влияния, но рыболовство оставалось практически нерегулируемым, хотя отдельные страны вводили новые правила и ограничения. Очень долго среди рыбаков сохранялась точка зрения о неисчерпаемости запасов морских рыб традиционно европейского промысла (например, сельди и трески). Но поскольку большинство известных европейских рыбных промыслов базировалось на одних и тех же запасах промысловых видов, интенсификация рыболовства (иногда вкупе с проявлениями природных факторов – естественных колебаний численности рыб) начинала сказываться на результативности промысла.

На этой почве стали возникать беспокойства по поводу возможного перелома промысловых запасов рыб, особенно когда рыбаки стали все более активно использовать паровые траулеры, пришедшие на смену парусным судам (последняя четверть XIX в.).

В 1882 г. была заключена Североморская конвенция, участниками которой были Бельгия, Дания, Франция, Германия, Нидерланды, Соединенное королевство (Швеция и Норвегия из-за некоторых разногласий в эту конвенцию не вошли). Конвенция касалась в основном технических вопросов, соблюдения безопасности на промысле, правил регистрации и нумерации промысловых судов. Вопросы регулирования рыболовства в ней не затрагивались. Тем не менее, Североморскую конвенцию можно с определенным приближением считать началом совместных действий рыболовных стран.

В 1890 г. Британская национальная ассоциация защиты морского рыболовства разослала приглашения ряду континентальных стран направить делегатов для обсуждения состояния рыболовства в Северном море. Прибыли представители Бельгии, Дании, Франции, Германии, Нидерландов, Испании, однако эта конференция оказалась практически бесполезной: на многие вопросы нельзя было получить ответ, так как биологические основы рыболовства тогда были малоизучены. Можно считать, что именно с этого времени среди ученых все более настойчиво стали обсуждаться идеи необходимости углубленного изучения промысловых биоресурсов и условий их существования, как основы, на которой можно было не только

исследовать рыболовство, но и разрабатывать подходы его рационального ведения.

Если сначала эти идеи вызревали у ученых отдельно взятых стран (например, в Швеции, Норвегии, России), то уже к концу XIX в. их начали обсуждать на весьма широком международном уровне (VI международный географический конгресс, Лондон, 1895 г., Стокгольмская международная конференция, 1899 г. и др. форумы и рабочие встречи ученых). Итогом этих встреч и обсуждений явилось создание в 1902 г. Международного совета по исследованию морей (ICES) с четкими задачами организации кооперативного изучения силами стран Балтийского, Северного, Норвежского, Баренцева морей и сопредельных районов Атлантического океана, являвшихся районами традиционного европейского рыболовства. Россия принимала активное участие в организации Международного совета (О.А. Гримм и Н.М. Книпович) и взяла на себя обязательства выполнения исследований в Баренцевом море и, отчасти, в Балтийском.

Международный совет постепенно и планомерно выработывал и внедрял единообразные методы проведения морских исследований, разработал схемы расположения так называемых стандартных океанографических разрезов и станций с фиксированными координатами. Это позволило накапливать систематический материал, способствующий пониманию роли природных процессов в формировании численности промысловых рыб и особенностей их распределения.

Учитывая, что морское рыболовство является чрезвычайно наукоемкой сферой хозяйственной деятельности, создание Международного совета можно рассматривать как одну из фундаментальных предпосылок ее последующей интернационализации, а затем и глобализации. Развитие исследований биологии промысловых рыб, их связей с факторами морской среды позволило получить реальное представление о местах воспроизводства и миграции водных биологических ресурсов (ВБР), а также о причинах и сроках образования скоплений основных промысловых видов. Было установлено, что многие виды рыб, например, треска, нерестятся у берегов одних стран, а вылавливаются у побережий других.

Развитие экспедиционных форм лова привело к эффективному промыслу в водах, непосредственно примыкающих к слаборазвитым или развивающимся государствам, не имеющим возможности создавать собственную современную рыбную промышленность. Экспедиционный промысел, в том числе и советский, осваивал запасы ВБР и у берегов развитых стран, поскольку никаких юридических ограничений для этой деятельности за пределами территориальных вод не было. По мере интенсифика-

ции экспедиционного рыболовства и усиления антропогенного пресса на ВБР, во многих прибрежных государствах стала возникать тревога по поводу судьбы этих ресурсов, а, следовательно, и благополучия рыбаков. На этом фоне в рыболовном мире стало развиваться движение за создание региональных организаций, которые бы, используя данные рыбохозяйственной науки, осуществляли регулирование рыболовства в том или ином регионе.

Копируя в известной степени опыт Международного совета ICES, ряд исследований которого ограничивался Северо-Восточной Атлантикой, были созданы и другие региональные рыболовные организации и межнациональные комиссии.

Большую роль в организации и поддержке региональных рыболовных организаций сыграла Продовольственная и сельскохозяйственная организации Объединенных Наций (ФАО). В ее составе уже много лет действуют Департамент рыболовства и Комитет по рыболовству, организующий время от времени всемирные форумы по актуальным проблемам рыболовства и сохранения запасов ВБР. Хотя Россия до сих пор не является членом ФАО, тем не менее, по вопросам рыболовства она на протяжении десятилетий поддерживает тесные связи с этим авторитетным органом.

Несмотря на значительную роль этих организаций в сохранении запасов ВБР, интенсивность рыболовства, главным образом, экспедиционного, продолжала нарастать. Поэтому в мире все активнее стали раздаваться голоса о предоставлении прибрежным государствам права регулировать рыболовство в прилегающих к их берегам зонах морей и океанов.

Первыми этот принцип, правда пока без международного признания, стали реализовывать некоторые латиноамериканские страны, а также – Исландия. Это приводило к серьезным международным конфликтам. Возможность введения прибрежными государствами исключительных экономических зон получило правовое оформление в Международной конвенции по морскому праву ООН (1982).

Повсеместное введение экономических (рыболовных) зон вынудило страны с развитым экспедиционным промыслом активно осваивать новые районы в открытом океане за пределами 200-мильных зон, а также заключать на тех или иных условиях соглашения с прибрежными государствами на право лова в их зонах. Иногда заключались соглашения и о взаимном допуске рыбаков в свои зоны в тех случаях, при которых предпочтение на промысел отдавалось разным видам гидробионтов.

Следует отметить, что после введения экономических зон активность международных

рыболовных организаций возросла, так как потребовались более достоверные данные о величине запасов тех или иных видов промысловых гидробионтов для определения величин их допустимого улова. Поскольку большинство промысловых видов, в частности, рыб, свободно перемещается из одной зоны в другую, на основании этих ОДУ международные организации стали назначать квоты для государств-участников промыслов.

Существенно расширилась сфера влияния международных рыболовных организаций и на районы открытого океана, были созданы новые региональные организации. Широкое распространения получили также двух и более сторонние рыболовные комиссии (например, Российско-Норвежская, Российско-Японская и др.).

Большинство международных рыболовных организаций (комиссий) носят региональный характер и распространяют свою компетенцию практически на все виды промысловых гидробионтов. Однако достаточно широко распространены и сугубо специализированные комиссии. К ним нужно отнести региональные комиссии по сохранению тунцов, тихоокеанских палтусов, отдельных видов морских млекопитающих и др. Созданы и действуют универсальные комиссии, такие как Международная китобойная комиссия, Комиссия по сохранению атлантического лосося в Северной Атлантике, Антарктическая комиссия, регулирующая, помимо прочего, и использование промысловых ВБР в приантарктических водах. Это далеко не полный перечень международных организаций, связанных с рыбохозяйственными исследованиями, рыболовством и регулированием промысловой деятельности (квоты-лимиты на вылов рыб, типы орудий лова и требования к их селективности, минимально допустимые размеры вылавливаемых гидробионтов, места и сезоны лова и многое другое). Международные рыболовные организации, как правило, тесно связаны с национальными исследовательскими центрами и рыболовными администрациями, и имеют обычно статус межправительственных органов.

Как можно видеть из сжатого обзора, практически вся рыбопромысловая деятельность в мире регламентируется правилами и установлениями если и не полностью глобального, то уж во всяком случае, регионального характера.

Рассматривая запасы большинства традиционных, в том числе и наиболее ценных видов рыб и других объектов промысла, приходится с сожалением отметить, что, несмотря на усилия международных рыболовных организаций, они существенно снизились и продолжают снижаться. Это относится и к видам, регулируемым на национальном уровне (треска в зоне Ислан-

дии, лабрадорская треска в зоне Канады), к видам, регулируемым на международном уровне (например, треска Северного моря). Не принимая во внимание браконьерство и сокрытие уловов, можно прийти к заключению, что используемые сегодня в мире методы регулирования и управления рыболовством, базирующиеся на учете только факторов, характеризующих биологическое состояние популяции и величину ее изъятия промыслом, не являются адекватными и требуют глубокой ревизии.

Одна из наиболее частых причин возникновения конфликтных ситуаций между прибрежными государствами – проблема сохранения и рационального использования трансграничных запасов. Еще задолго до появления Конвенции по морскому праву, предметом обсуждения на рыболовных форумах стала охрана далеко мигрирующих рыб от вылова в открытом море. Государства, в реках которых воспроизводятся запасы этих рыб (атлантические лососи, дальневосточные лососи, некоторые осетровые и некоторые другие виды), затрачивают большие средства на мелиорацию нерестовых угодий, охрану молоди, строительство рыбоводных объектов и т.д., и, естественно, с полным основанием рассчитывают на соответствующий возврат выпущенных рыб в родные реки. Вместе с тем на путях миграций этих рыб возник и долго существовал нерегулируемый промысел третьих стран и для его закрытия потребовались серьезные усилия на международном уровне.

Вопросам рыболовства и охраны морских биологических ресурсов, с акцентом на открытый океан, особое внимание уделила Конференция ООН по окружающей среде и развитию (1992 г., Рио-де-Жанейро). Она определила первоочередными обязанностями государств полное проведение в жизнь задачи обеспечения управления рыболовством в открытом море, в соответствии с положениями Конвенции ООН по морскому праву. Среди этих указаний находятся популяции рыб, которые обитают как в пределах, так и за пределами исключительных экономических зон, далеко мигрирующие виды, требования заключения, в результате переговоров, международных соглашений, в целях эффективного использования и сохранения рыбных запасов, определения соответствующих структур по вопросам рационального использования ресурсов.

Для того, чтобы перечисленные требования получили необходимое юридическое оформление, Конференция в Рио-де-Жанейро поставила задачей «создать, по возможности, в кратчайшие сроки межправительственную конференцию под эгидой ООН в целях содействия эффективному осуществлению положений Конвенции ООН по морскому праву, касающихся запасов

видов рыб, выходящих за пределы экономической зоны и возвращающихся в нее, и далеко мигрирующих видов».

Результатом, состоявшейся в 1993-1995 гг. в Нью-Йорке Конференции ООН по трансграничным рыбным запасам (ТРЗ) и запасам далеко мигрирующих рыб (ЗДМР), явилось Соглашение, основывающееся на трех базовых принципах:

- сохранение и управление ТРЗ и ЗДМР должны основываться и устанавливаться так, чтобы управление исходило из предосторожного подхода и наилучшей научной информации;
- меры сохранения и управления не должны подрывать запасы этих двух типов (ТРЗ и ЗДМР);
- мирное разрешение всех спорных проблем рыболовства.

Не имея возможности подробно останавливаться на всех проблемах и вопросах интернационализации и формирования глобальных подходов к использованию ВБР, следует обратить внимание еще на двух из них: это требование соблюдения, так называемого, предосторожного подхода при осуществлении рыболовства и соблюдения «Кодекса ведения ответственного рыболовства».

Предосторожный подход в рыболовстве, как принципиальная основа регулирования, исходит из сложившейся сегодня ситуации, когда большинство традиционных промысловых видов находится в состоянии переэксплуатации, а потребность в увеличении добычи гидробионтов постоянно растет. При этом некоторым промысловым видам грозит необратимый подрыв запасов воспроизводительного потенциала популяций. В условиях недостаточной, а часто некачественной научной информации, потребовался пересмотр приоритетов рационального рыболовства, причем на первое место было поставлено требование гарантированного обеспечения биологической безопасности запасов промысловых биоресурсов. Принималась во внимание существующая неопределенность как величины запаса, так и объемы фактического вылова. При такой ситуации величины ОДУ, определяемые на основании негарантированной информации, не могут быть удовлетворительно достоверными, поэтому объемы разрешаемого вылова рыбы должны устанавливаться на безопасном для биологического состояния популяции уровне.

Международная конференция по устойчивому вкладу рыболовства в продовольственную безопасность в Киото в 1995 г. констатировала, что растущему населению планеты к требуется 110–120 млн т продуктов водного происхождения. В «Киотской декларации» намечены радикальные меры: рационализации рыболовства, переход к наиболее полному использованию пищевых

целей дополнительного сырья, интенсификация соответствующих научных исследований [4].

Биологические ресурсы океанов и морей не беспредельны, хотя исторические данные свидетельствуют о высоких темпах прироста вылова, при очередном переходе на новый уровень техники лова и расширении спектра потребительских товаров из добываемого в море биологического сырья. Так, если в 1800 г. в мире вылавливалось порядка 1 млн т (без морских млекопитающих), то в 1913 г. вылов достиг 10 млн т, в 1960 году – 40 млн т, в 1980 году – 76 млн т, а в 2000 г. вылов (вместе с продукцией аквакультуры) составил уже 124 млн тонн. Эти цифры свидетельствуют в первую очередь об огромных резервах развития аквакультуры в пресных водоемах, что особенно характерно для сегодняшнего Китая.

Что касается морей и океанов, то основная биологическая продукция и впредь будет поставляться рыболовством, поэтому регламентация его во всемирном (глобальном) масштабе не имеет альтернатив. Сама природа океана, широкое распространение его вод на поверхности планеты, подверженность воздействию крупномасштабных гелиогеофизических, климатических и океанических процессов требует глобального подхода как к изучению океана, так и тех процессов, которые определяют динамику биологического, в том числе рыбопромыслового продуцирования, через соответствующую «настройку» водных экосистем.

ГЛОБАЛИЗАЦИЯ И ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РОССИИ

XXI в. мировая экономика встречает в условиях значительных изменений в социально-экономической системе, вызванных глобализацией всех сфер жизни общества. Под глобализацией стала пониматься совокупность процессов и явлений, затрагивающих трансграничные потоки товаров, услуг, капитала, технологий, информации, ориентация национальной экономики на мировой рынок, межгосударственная миграция людей, интернациональная инвестиционная политика и т.п. Глобализация, в определенной мере, связана с такими глобальными проблемами, как экологическая деградация, отсталость и нищета населения развивающихся стран, чрезмерный рост населения, обеспеченность жителей Земли продовольствием, энергетическими и сырьевыми ресурсами, комплексное использование ресурсов Мирового океана и др. В мире существует множество ярых приверженцев и не менее ярых противников глобализации. Первыми глобализация рассматривается как важнейший источник развития общества, улучшения жизненного уровня населения, сближения наций и народов, другими – как причина многих бед и обнищания

народов, раскола общества, конфликтов между странами и регионами.

Безусловно, глобализация – закономерная ступень в развитии общества, инструмент его организации и переустройства. Однако неравномерность экономического развития и техническое отставание от западных стран, внутренние трудности постсоветской России поставили перед ней массу проблем, в том числе и в области экологии.

В начале 1990-х годов Россия вошла в МВФ, который строит свою политику на следующих принципах:

- привлечение инвесторов без учета положения трудящихся и состояния окружающей среды;
- поддержание стабильности национальной денежной единицы, приносящей выгоду только обладателю капитала;
- полная свобода передвижения капитала;
- приватизация в областях не подверженных конкуренцией и создающих ренту в ущерб пользователей;
- налоговая реформа за счет расширения налогооблагаемой базы и др.

Бездумная реализация политики МВФ в форме «шоковой терапии» привела к развалу производства, росту безработицы, обнищанию россиян, разрушению системы социального обеспечения, ухудшению окружающей среды и т.п.

В связи с резким сокращением промышленного производства, у России появилась возможность продажи неиспользованной части квоты на выбросы в атмосферу «парниковых газов», установленной конференцией ООН по проблемам глобального потепления. Для недопущения снижения объема потребления электроэнергии и топлива, развитые страны, на долю которых приходится не менее 80% выбросов «парниковых газов», будут покупать квоты у России и других стран, где производство не позволяет использовать их в полной мере. С одной стороны, продажа неиспользованной части квоты позволит получить в государственную казну дополнительные финансовые средства и усовершенствовать технологию снижения выбросов вредных веществ в атмосферу. С другой – продажа недоиспользованных квот отрицательно скажется на развитии промышленности, так как продавать квоты гораздо легче, чем развивать производство. Кроме того, развитые страны, сохраняя свой комфортный образ жизни, будут перекладывать на бедные страны и Россию ответственность за загрязнение окружающей среды.

Слабость и бедность России в переходный период к рыночной экономике привели к размещению на её территории наиболее грязных с экологической точки зрения производств. Иностранные компании вкладывают капита-

лы в производство алюминия, химическую, деревообрабатывающую промышленность, отличающиеся наиболее высокими уровнями загрязнения окружающей среды. Наглядным примером, является подготовка к строительству во Всеволожском районе Ленинградской области алюминиевого завода, работающего на привозном сырье. Готовая продукция с этого завода должна поступать в США и некоторые страны Западной Европы.

На таком же принципе действует и концепция «двойных стандартов», когда продукция, изготавливаемая для внутреннего потребления, отвечает более высоким требованиям, чем продукция, предназначенная для потребления в развивающихся странах, в том числе и в России.

Глобализация мировой торговли вызвала небывалый рост морских и речных грузовых перевозок. В несколько раз вырос грузооборот российских портов. Среди перевозимых морским и речным транспортом грузов более 60% представляют серьезную опасность для окружающей среды. Особенно опасна перевозка нефти и нефтепродуктов по внутренним и арктическим морям и внутренним водным путям. Так, авария танкера «Глобе Асими» в ноябре 1981 г. на северном моле Клайпедского порта привела к разливу 16 тыс. т мазута. В результате кораблекрушения толстым слоем мазута были покрыты акватории порта, Куршский залив и 130 км «янтарного побережья» Балтики. В течение нескольких лет производилось восстановление природной среды. Только прямой ущерб от катастрофы исчислялся миллионами долларов.

Существенный вклад в нагрузку на природную среду вносит транзитный бизнес. С одной стороны, транзитные перевозки стабилизируют политические взаимоотношения России с другими государствами, способствуют разрядке международной напряженности и развивают инновации и обновление транспортной и другой инфраструктуры. С другой стороны, транзит увеличивает опасность аварийного загрязнения акватории, создает напряженность судоходству, увеличивает риск внесения в российские воды чужеродных и патогенных организмов с балластными водами судов. С вводом в строй нефтяных терминалов в Приморске, Санкт-Петербурге и бухте Батарейная существенно повысилось количество аварийных ситуаций на морских путях Балтийского моря. Только в Санкт-Петербургском морском канале в 2002 г. зарегистрировано более 80 случаев опасного маневрирования крупнотоннажных судов. Вселение опасных чужеродных видов негативно влияет на биологическое разнообразие и биоресурсы, а патогенные организмы представляют собой прямую угрозу здоровью человека, экологические последствия от занесе-

ния чужеродных организмов, в отличие от других видов антропогенного воздействия, например, нефтяного загрязнения, имеют, как правило, необратимый характер.

Различия в уровне развития способствуют превращению России в выгодную сырьевую базу для западных компаний. Особенно ярко это проявляется в судоходной политике страны, когда баланс экспортных и импортных операций строится на принципе неравнозначности: на Запад следуют сырьевые ресурсы, а на Восток – товары массового потребления и продовольствие. Усиленная эксплуатация российских традиционных ресурсов, без серьезных капиталовложений в развитие социальной и технологической инфраструктуры и природоохранные мероприятия, приводит не только к истощению национальных природных ресурсов, но и к периодическим экологическим кризисам: загрязнению земельных угодий, водных бассейнов, атмосферы и т.п. Примером такой эксплуатации природных ресурсов может служить добыча нефти в Каспийском море, где транснациональные корпорации за бесценок скупили основную часть нефтегазовых ресурсов. Загрязнение Северного Каспия, в связи с разведочными и нефтедобывающими работами на его шельфе, уже многократно превысило все допустимые нормы. Еще более серьезная ситуация складывается в акваториях Баренцева и Карского морей, где в ближайшее время планируется интенсивная эксплуатация многочисленных нефтегазовых месторождений. Из-за низких температур самоочищение в полярных морях происходит намного медленнее, чем в более теплых водах, а искусственная очистка акватории затруднена ледовым покровом.

До настоящего времени не решена проблема отработанного ядерного топлива с атомных электростанций и кораблей с ядерной энергетикой. Переработка отработанного ядерного топлива – весьма дорогостоящий процесс. В настоящее время её осуществляют Англия и Франция, которые имеют соответствующие технологии, подготовленное оборудование и квалифицированный персонал. Однако мощности этих стран ограничены, и часть отработанного топлива идет на захоронение.

Развитые страны стараются ядерное топливо на своей территории не складировать, так как полностью безопасной технологии его перевозки и захоронения нет. Затрачивая колоссальные средства, Запад старается вывезти отработанное топливо в развивающиеся страны и там захоронить. Идя в обход Закону об охране окружающей среде, Минатом России добивается разрешения на ввоз и захоронение отработанного ядерного топлива, ссылаясь на получение больших фи-

нансовых поступлений в бюджет и направление этих финансов на улучшение экологической обстановки в стране. И это делается в то время, когда вопрос хранения и транспортировки отработанного ядерного топлива с национальных атомных электростанций и кораблей не решен. Зная российский менталитет, можно с уверенностью сказать, что вряд ли средства, полученные от размещения ядерных отходов, пойдут на экологические цели.

Глобализм, наряду с экономическим сближением, предполагает свободное перемещение людских масс между странами, что также увеличивает нагрузку на окружающую среду. Свою лепту в загрязнение природы вносят и многочисленные туристы. В некоторые озера Северо-Западного региона России, некогда богатые рыбными запасами, водные туристы внесли рыбу ротан, которая питается в основном рыбьей икрой и мальками. В результате во многих озерах Ломоносовского и Кингисеппского районов Ленинградской области практически не стало промысловых видов рыбы. Туризм является мощным стимулятором социальных изменений. Под его воздействием происходит переход от традиционного национального образа жизни местного населения к так называемым современным западным образцам. Зачастую этот переход сопровождается утратой национальных традиций и фольклора.

Многие ученые называют два пути развития мирового сообщества – технократический и экологический. При технократическом пути развития предполагается развивать мировую экономику, невзирая на ухудшение состояния окружающей среды. Сторонники этого пути полагают, что научно-технический прогресс сам подскажет способы предупреждения экологической катастрофы.

Сторонники экологического пути ставят экологию на первое место и считают, что экологическую безопасность необходимо обеспечить даже в ущерб развитию человечества.

Вероятнее всего, и первый и второй пути развития ведут в тупик. При технократическом пути еще больше усилится социальный разрыв между бедными и богатыми, что вызовет новый виток терроризма, социальных революций и т.п.

Глобализм, наряду с экономическим сближением, предполагает свободное перемещение людских масс между странами, что также увеличивает нагрузку на окружающую среду. Это проявляется в увеличении потребления воды, увеличении отходов и т.п.

Экологический путь неприемлем, так как любые попытки повернуть историю вспять или замедлить успехом не заканчиваются.

Наиболее предпочтителен путь развития мирового сообщества – эколого-технокра-

тический, который подразумевает развитие глобализационных процессов с учетом экологических факторов. При этом важная роль принадлежит развитию национальных экономик и выравниванию уровня жизни населения Земли. Наиболее вероятными способами перехода России на эколого-технократический путь являются:

- осуществление Международного сотрудничества в области экологизации производства;
- интернационализация экологических норм и стандартов;
- экологический протекционизм в развитии хозяйственной и иной деятельности;
- равная ответственность за ущерб, причиняемый природной среде;
- экологическое воспитание и обучение населения по интернациональным программам и т.п.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненный в статье анализ позволяет сделать заключение, что проблема глобализации в промышленном рыболовстве требует адекватного научного обеспечения, направленного на сохранение национальной безопасности в условиях санкционных претензий к России, введенных странами Запада.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

1. Колончин К.В. Глобализация и антиглобализм: две стороны одной медали // Рыбное хозяйство. № 1. 2024. С. 5-15.
2. Мировая цивилизация и проблемы глобализации. Сборник научных трудов. – СПб: РГО, 2003. 92 с.
3. Титова Г.Д. Вызовы глобализации в сфере природопользования / Сборник научных трудов. – СПб: РГО. 2023. 67-90 с.
4. Киотский протокол к Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата. URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/kyoto.shtml (Дата обращения 10.05.2024)

REFERENCES AND SOURCES

1. Kolonchin K.V. Globalization and anti-globalism: two sides of the same coin (2024) // Fisheries. No. 1. Pp. 5-15. (In Russ., abstract in Eng.)
2. World civilization and problems of globalization. Collection of scientific papers. – St. Petersburg: RGO. 2003. 92 p. (In Russ.).
3. Titova G.D. Challenges of globalization in the field of environmental management (2003) / Collection of scientific papers. – St. Petersburg: RGO. 67-90 p. (In Russ.).
4. The Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/kyoto.shtml (Accessed 05/10/2024). (In Russ.).

Материал поступил в редакцию / Received 25.04.2024
Принят к публикации / Accepted for publication 16.05.2024



Обзор цифровой трансформации рыбного хозяйства

DOI: 10.36038/0131-6184-2024-3-18-25

Научная статья
УДК 338.51

Васильев Анатолий Михайлович – доктор экономических наук, профессор, заслуженный экономист РФ, главный научный сотрудник, Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской Академии наук», Мурманск, Россия

E-mail: vasiliev@pgi.ru

Адрес: Россия, 184209, Мурманская обл., г. Апатиты, ул. Ферсмана, 24А

Аннотация. Представлен обзор современного состояния и задачи по цифровизации производственных процессов в рыбном хозяйстве Российской Федерации, мониторинга рыболовства, обеспечения надёжной связи, сбора информации для повышения качества управленческих решений, увеличения эффективности решения социально-экономических проблем, упрощения доступа рыбаков к госуслугам, увеличения прозрачности бизнеса. Показаны пути решения национального суверенитета в сфере цифровизации, безопасность, дорожная карта до 2030 года.

Ключевые слова: цифровизация, концепция, дорожная карта, электронный промышленный журнал, разрешения на промысел, государственные услуги, технические средства, национальный суверенитет, экономическая эффективность, продовольственная безопасность, дорожная карта до 2030 года

Для цитирования: Васильев А.М. Обзор цифровой трансформации рыбного хозяйства // Рыбное хозяйство. 2024. № 3. С. 18-25. DOI: 10.36038/0131-6184-2024-3-18-25

OVERVIEW OF THE DIGITAL TRANSFORMATION OF FISHERIES

Anatoly M. Vasiliev – Doctor of Economics, Professor, Honored Economist of the Russian Federation, Chief Researcher, G.P. Luzin Institute of Economic Problems – a separate division of the Federal Research Center «Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences», Murmansk, Russia

Address: Russia, 184209, Murmansk region, Apatity, Fersman str., 24A

Annotation. An overview of the current state and tasks of digitalization of production processes in the fisheries of the Russian Federation, monitoring of fisheries, ensuring reliable communication, collecting information to improve the quality of management decisions, increase the effectiveness of solving socio-economic problems, simplify access to public services for fishermen, and increase business transparency is presented. The ways of solving national sovereignty in the field of digitalization are shown, security.

Keywords: digitalization, concept, roadmap, electronic fishing journal, fishing permits, public services, technical means, national sovereignty, economic efficiency, food security, roadmap to 2030

For citation: Vasiliev A.M. (2024). Overview of the digital transformation of fisheries // Fisheries. No. 3. Pp. 18-25. DOI: 10.36038/0131-6184-2024-3-18-25

В целях развития процессов цифровизации, Росрыболовством в 2009 г. утверждена «Концепция внедрения и использования информационных технологий в деятельности органов рыбохозяйства, его территориальных органов и находящихся в его ведении организаций» [1].

В документе показаны цели и задачи Концепции, выполнен анализ существующих проблем, утверждены основные направления информатизации, принципы реализации Концепции, требования к стандартизации информатизационной деятельности. Предусмотрены развитие и модернизация существующих прикладных информационных систем, а также – разработка и внедрение новых информационных систем, включающих такие основные элементы как детализированная программа комплексной информатизации Росрыболовства и механизма ее реализации, и другие.

Активизация разработок и внедрение цифровых технологий в рыбной отрасли были обсуждены на круглом столе «Цифровизация как инструмент трансформации рыбохозяйственной отрасли», который прошел в рамках III Международного рыбопромышленного форума и Выставки рыбной индустрии, морепродуктов и технологий в Санкт-Петербурге ещё 12.07.2019 г. [2].

В сфере производства важнейшими элементами цифровизации следует считать разработку и внедрение программного аппаратного комплекса «Электронный промысловый журнал» (ЭПЖ) для формирования судовых суточных донесений с использованием электронной цифровой подписи, а также спутниковый мониторинг, систему международной

электронной отчетности, использование Big Data и другие самые современные IT-решения и электронные сервисы.

Эти разработки не только избавят рыбаков от необходимости хранить и вести бумажные документы на борту судна, но и помогут в эффективном и бережном осуществлении промысла, передаче улова на переработку, а также в обеспечении безопасности в производственной и информационной деятельности.

Судовой журнал является важнейшим документом на флотах. Учитывая это, Правительственная комиссия по законопроекту деятельности 20 сентября 2021 г. одобрила проект закона о введении Электронного промыслового журнала и ещё одного документа – «Разрешения на право лова», в качестве одной из неотложных мер для обеспечения правовой и финансовой стабильности рыбной отрасли.

По данным Всероссийской ассоциации рыбной промышленности и экспортёров (ВАРПЭ), в результате тестирования Электронного промыслового журнала в 2018-2019 гг. было выяснено, что трудозатраты рыбопромышленников сокращались на 40%, операционные и административные расходы – на 15%, при этом скорость получения управленческой отчётности увеличивалась в 2 раза. С помощью ЭПЖ рыбодобывающие предприятия могут предоставлять в электронной форме данные о добыче, приёме, перегрузке, транспортировке и хранению уловов, о производстве рыбной продукции. Центр системы мониторинга рыбохозяйства и связи планирует добавить функцию голосового помощника в ЭПЖ для ввода данных судовых суточных донесений (ССД) [3].

Цифровизация документа «Разрешение на промысел» также даст значительный экономический эффект. В настоящее время наличие на борту судна оригиналов разрешений на добычу – обязательное условие для ведения промысла. Наибольшие издержки по исполнению этого требования несут предприятия Дальневосточного и Северного рыбохозяйственных бассейнов, которые суммарно добывают свыше 80% национального вылова водных биоресурсов. По данным Росрыболовства, в 2019 г. территориальными управлениями агентства было выдано 33266 разрешений на добычу (вылов) водных биоресурсов во всех районах промысла РФ, в которые было внесено 33514 изменений. Цифровизация этого документа и ЭПЖ обеспечит снижение административных издержек рыбопромышленников в размере 150 млн руб. в год [3].

Цифровизация по выдаче разрешений в электронном виде началась с декабря 2022 года. В настоящее время выдано более 25 тыс. разрешений на добычу (вылов). С помощью цифровизации процесса, в том числе с использованием Единого портала государственных и муниципальных услуг (ЕПГУ), средние сроки оказания данной госуслуги сократились и по факту укладываются в 2,5 рабочих дня для первичной выдачи и 1 день для внесения изменений. Разрешения теперь не нужно доставлять на суда или места промысла «по старинке», как раньше это было с бумагой. Достаточно просто отправить электронный документ по почте или на программный комплекс «Электронный рыболовный журнал» (ПК ЭРЖ).

За счет создания единого цифрового контура «Квоты – СИГУР – ПК ЭРЖ» системы интегрированы между собой в двустороннем порядке, что позволяет в режиме реального времени осуществлять выдачу разрешений в пределах утвержденных пользователю объемов ВБР, а также контролировать их освоение, чтобы оно не превышало эти лимиты, что является одним из ключевых показателей обеспечения оперативного реагирования регулятора на складывающуюся промысловую обстановку.

Данный сервис постоянно совершенствуется как для работы территориальных управлений Росрыболовства, так и для рыбаков. В настоящее время, например, обновлена форма подачи заявлений на ЕПГУ, упрощен процесс заполнения информации. В первом квартале 2024 г. эта госуслуга будет оптимизироваться за счет сокращения практически до нуля документов, необходимых для подачи заявления [4].

В соответствии с приказом Минсельхоза РФ от 14.11.2020 г., ведение ЭПЖ началось с 1 декабря 2023 г. [5] Благодаря интеграции программного комплекса «Электронный рыболовный журнал» с системой исполнения госу-

дарственных услуг Росрыболовства (СИГУР) суда оперативно могут получать на борт электронные разрешения для промысла и изменения к ним. Также функционирует интеграция с Федеральной государственной информационной системой в области ветеринарии (ФГИС «ВетИС») в части автоматического формирования ветеринарных сопроводительных документов на улов с указанием номера разрешения на добычу (вылов). Это соответствует обязательному требованию, которое вступило в силу с 1 сентября 2023 года. Кроме того, ПК ЭРЖ передан на тестирование иностранным рыболовным организациям Китая, Кореи и Японии. Сейчас иностранные суда из этих стран, ведущие промысел в исключительной экономической зоне России, подают судовые суточные донесения (ССД) в Ш-формате через электронную почту. В перспективе иностранные рыбаки, как и российские, перейдут на использование ПК ЭРЖ.

Для решения разнообразных задач в области цифровизации и сопровождение реформ в рыбной отрасли создан Центр системы мониторинга рыболовства и связи.

В ближайшее время Центр планирует ввести в эксплуатацию Информационно-вычислительную систему «Квоты». Она позволяет производить расчеты для приказов по пользователям всех бассейнов, по видам водных биоресурсов, по которым устанавливается общий допустимый улов.

Система производит расчеты и организует выпуск приказов о распределении квот, в том числе по инвест-квотам 2.0, в которых учитывается информация о принадлежности к реестру малого, среднего предпринимательства (МСП).

Всю работу до момента подписания система «Квоты» прodelывает автоматически, а затем передает утвержденные данные в систему СИГУР, в которой работают специалисты территориальных управлений Росрыболовства.

Совершенствуется и внедряется система исполнения государственных услуг Росрыболовства (СИГУР). Это внутренняя система Росрыболовства для предоставления рыбакам государственных услуг и сервисов. Фактически все предоставляемые федеральным агентством услуги оказываются в системе СИГУР и только в ней. СИГУР интегрирована с порталом «Госуслуги». Информация о заявках пользователей поступает в СИГУР именно из «Госуслуг» и туда же отправляются уже обработанные заявления.

К середине декабря 2024 г. будут разработаны механизмы по оптимизации целевых состояний госуслуг, чтобы максимально сократить срок оказания услуг и количество запрашиваемых документов.

В 2024 г. планируется добавить в СИГУР еще «Личный кабинет рыбака», что позволит и самим

пользователям, и Росрыболовству обмениваться информацией в режиме реального времени.

Остро стоит вопрос национального суверенитета в технической области. Например, автоматическая идентификационная система «Гонец», должна полностью заменить Inmarsat. Позиции судов «Гонец» определяет достаточно давно. В 2023 г. совместными усилиями ЦСМС и «Гонца» освоена передача через эту систему ССД с судна на берег, а с берега на судно – электронные разрешения. Это полный аналог сервиса, который предоставляет Inmarsat на суда.

С 1 декабря 2023 г. начато оснащение судов оборудованием для обеспечения двустороннего обмена информацией о промысле и выданных разрешениях. И теперь, благодаря «Гонцу», информация будет передаваться через отечественную группировку спутников, что существенно дешевле. Например, передача одного ССД через сервис «Инмарсат-С», с использованием иностранных береговых станций, сейчас обходится в 5 тыс. рублей, а через «Гонца» – будет около 300-350 рублей. Что касается передачи позиций судна, то цены также отличаются в пользу «Гонца» в несколько раз.

Для оснащения маломерных судов ведется подготовка к тестированию мини-версии терминала «Гонец». В настоящее время малая версия «Гонца» готова к тому, чтобы начать оснащать ими тестовые суда.

Решается вопрос о техническом суверенитете в пользовании рыболовными судами широкополосного интернета. Раньше российские промысловые суда с этой целью подключались к иностранным спутниковым группировкам, однако в прошлом году они отключали наших пользователей.

В настоящее время этот вопрос решается путём сотрудничества с компанией «Газпром космические системы». Есть неплохие отечественные разработки, которые замещают иностранные комплекты для широкополосного доступа в интернет. Тем временем «Газпром космические системы» увеличивает свою спутниковую группировку: в 2025 г. в космос полетит еще один их спутник. Соответственно их сервисы будут развиваться.

Согласно приказу Минсельхоза от 15 ноября 2018 года № 525/25 «Об утверждении Порядка оснащения судов техническими средствами контроля, их видов, требований к их использованию и Порядка контроля функционирования технических средств контроля», технические средства контроля (ТСК) на промысловых судах состоят из двух компонентов: судовой земной станции и АИС. В настоящее время используем отечественные АИС. Их предоставляет российская компания Sitronics Group, которая

активно наращивает собственную спутниковую группировку.

Таким образом, уже сейчас можно говорить о том, что космический суверенитет для нужд рыболовства обеспечен в полной мере с точки зрения возможностей. Пользоваться ли этими возможностями – решают рыбаки.

Отечественные рыбаки могут массово пользоваться телемедициной. Росздравнадзор выдал необходимые документы на изделие, которое разработала компания ICL. Оно позволяет врачам без очного приема выдавать заключения о состоянии организма обследуемого члена экипажа. Минсельхоз полностью готов к оснащению ими судов и ведутся переговоры с заинтересованными рыбопромысловыми компаниями.

Крупные и средние суда, которые добывают валютоёмкие виды водных биоресурсов, будут оснащаться системой фото- и видеофиксации промысла. Техническая сторона вопроса обеспечивается. Подобрано отечественное оборудование по камерам и по самим системам. Система находится в процессе разработки, срок реализации пока неизвестен.

Широкополосный доступ в интернет тестировался с «Газпром космические системы». Сейчас прорабатывается концепция оснащения судов аппаратурой аудио-видео-фиксации, изучаются возможности для такого оснащения, средства связи для передачи данных, периодичность и формат их поступления. Решается вопрос реализации пилотного проекта на нескольких судах, получения с них данных для проработки вопроса создания необходимой инфраструктуры для сбора, хранения и предоставления данных заинтересованным структурам. Основной вопрос сейчас – это финансовое обеспечение таких работ. Для этого должен быть создан ситуационный центр Росрыболовства.

Разработана пилотная версия системы выдачи электронных сертификатов происхождения для поставок продукции из водных биоресурсов в Южную Корею и Китай. Она передана на тестирование.

Традиционно «Центр системы мониторинга и связи» (ЦСМС) получал данные позиционирования судов и судовые суточные донесения. Однако к настоящему времени этот перечень существенно расширен. Теперь собирается информация по рыбе и рыбной продукции в части ветсертификатов, по наличию запасов рыбы и рыбной продукции на складах на всей территории страны.

Эти данные нужны для обеспечения продовольственной безопасности, в том числе бесперебойности и ритмичности поставок рыбы и рыбной продукции в субъекты Российской Федерации, для борьбы с ННН-промыслом и другими правонарушениями.

Этой информацией пользуются как Росрыболовство, так и другие структуры: Минсельхоз, отраслевые ассоциации, различные ведомства, региональные органы власти, правоохранительные и силовые органы, в первую очередь – Пограничная служба ФСБ [4].

Значительная работа по цифровизации экономики рыбной отрасли проводится в рамках промышленной эксплуатации портала отраслевой системы мониторинга (ОСМ) ФГБУ «Центр системы мониторинга и связи» Росрыболовства. Отраслевая система мониторинга водных биологических ресурсов, наблюдения и контроля за деятельностью промысловых судов создана в целях обеспечения экономической безопасности РФ, рационального использования, изучения запасов и сохранения водных биологических ресурсов внутренних морских вод, территориального моря, континентального шельфа, исключительной экономической зоны РФ.

Отраслевая система мониторинга содержит ряд проектов, которые в совокупности позволят избавить рыбаков от бумажных документов на борту судна:

- создание единой точки доступа к услугам и сервисам отраслевой системы мониторинга;
- оптимизация предоставления услуг (упрощение процесса подачи заявок на оказание услуг и сокращение времени их предоставления);
- электронное взаимодействие (обеспечение высокой доступности ресурсов и услуг между организациями рыбохозяйственного комплекса, ФГБУ «ЦСМС» и федеральными органами исполнительной власти, участвующими в управлении рыболовством, управление необходимым качеством этого взаимодействия и содействие развитию рыболовства);
- оформление заявки на получение разрешения на добычу (вылов) водных биоресурсов (аннулирование, внесение изменений, приостановление, возобновление разрешения на добычу) российскими пользователями;
- представление отчёта о добыче(вылове) водных биоресурсов (подача сведений о добыче (вылове) водных биоресурсов, подача оперативной отчетности);
- обработка статистической отчетности 1-П (рыба);
- заключение договора на информационное обслуживание;
- заключение договора на обслуживание иностранных судов;
- управление услугами отраслевой системы мониторинга (договора на информацион-

ное обслуживание, договора на обслуживание иностранных судов, договора на предоставление аналитических материалов, заявки на подключение ЭПЖ, заявки на тестирование ТСК, заявки на переоформление ТСК, заявки на освидетельствование судовладельца требованиям Международного кодекса управления безопасностью (МКУБ), заявки на освидетельствование судна требованиям МКУБ, регистрации судна, внесения изменений в сведения о судне).

Задачей развития подсистем ОСМ является создание межведомственной информационно аналитической системы «Рыболовство» (МИАС «Рыболовство») [6].

Возможности цифровой среды в области рыболовства и перспективы ее развития стали ключевой темой круглого стола «Цифровизация. Пути назад нет» в Санкт-Петербурге на шестом Международном рыбопромышленном форуме-2023 [7].

«В настоящее время цифровые информационные системы развиваются по основным четырем направлениям. Это совершенствование нормативно-правовой базы использования цифровых технологий в области рыбного хозяйства, разработка новых государственных информационных систем (ГИС), обеспечение импортозамещения и информационной безопасности в области ИТ и создание профессиональной команды на стыке информационных технологий и отраслевой экспертизы», – рассказал начальник Центра системы мониторинга и связи Александр Михайлов.

В настоящее время идет активное оснащение промысловых судов электронными рыболовными журналами. «Примерно 1000 судов из 1200, где это должно быть сделано, оснащены ЭРЖ», – сказал Михайлов.

В 2024 г. ЦСМС планирует внедрить на суда ИС личный кабинет рыбака, в котором будут содержаться все необходимые для промысла документы.

В планах также оснащение судов телемедицинскими комплексами и комплексами удаленных техосмотров, установка на промысловые суда систем фото и видео фиксации, которые позволят повысить эффективность борьбы с ННН-промыслом.

Советник руководителя Россельхознадзора Николай Власов рассказал о том, что «В настоящее время ГИС «Меркурий» обрабатывает около 15 млн электронных документов в сутки».

«В системе «Меркурий» появится модуль отслеживания соответствия наименования продукции сырью, из которого она изготовлена», – уведомил Власов.

Президент Ассоциации судовладельцев рыбопромышленного флота Алексей Осинцев отметил, что на практике рыбаки не всегда получают от цифровизации ожидаемые результаты.

«К сожалению, на судах нет автоматического учета выпуска рыбопродукции в режиме реального времени. В то же время контролирующие органы требуют выполнения допустимых параметров отклонения веса произведенной продукции от веса улова», – сказал Осинцев.

В качестве нерешенной цифровыми системами проблемы он также отметил запаздывание автоматического оформления ветеринарных сопроводительных документов фактическому выпуску продукции. *«Это особенно актуально для новых супер-траулеров, которые имеют мощные рыбофабрики и выпускают большие объемы рыбопродукции».*

Говоря о необходимости оснащения промысловых судов системами фото и видео фиксации, руководитель Ассоциации, объединяющей крупнейшие в России рыбодобывающие компании, сказал, что рыбакам надо идти по этому пути, но параллельное присутствие на судах инспекторов, в этом случае, не должно носить обязательного характера.

Не менее интересным было и выступление Дениса Гольнева, директора по цифровизации «Русской Рыбопромышленной Компании» (РРПК), который рассказал о практике внедрения цифровых технологий на новых судах компании.

«Новые супер-траулеры, которые строятся по программе инвестиционных квот, это совершенно другой уровень и, прежде всего, по степени полноценного использования систем мониторинга и автоматизации на базе цифровых систем», – сказал Гольнев. *«Поэтому новые супер-траулеры стали для нас серьезным вызовом, столкнувшись с которым мы выявили и ряд проблем. Новые суда – это, прежде всего, высокопроизводительные рыбофабрики, выпускающие широкий спектр конечной продукции. При этом системы цифровизации на них не обеспечивают цифрового мониторинга и управления с берега. Поэтому нужно сделать акцент на внедрение на судах систем промысловой и управленческой автоматизации полного контура, таких как Scada, MES и других».*

В качестве проблемы, с которой пришлось столкнуться при внедрении цифровых систем на новых судах, Денис Гольнев также назвал ментальность плавсостава. *«К сожалению, молодежи в плавсоставе не так много, как хотелось бы. А рыбаки старшего возраста исходят из того, что в море они выходят ловить рыбу, а не цифры вводить. Это тоже проблема»,* – заключил Гольнев.

Несмотря на отмеченные трудности внедрения систем цифровизации в рыбном хозяйстве,

все участники дискуссии были едины в том, что назад пути, действительно, нет [7].

Активно идет переход на отечественные системы спутниковой связи. На сегодняшний день терминалы «Гонец» в качестве технического средства контроля используют уже более половины судов российского рыбопромышленного флота. Специалисты ЦСМС совместно с компанией «Спутниковая система «Гонец» нашли российскому оборудованию новое применение – передача судовых суточных донесений и электронных разрешений. На сегодняшний день 6 судов тестируют новый сервис, который позволит заменить дорогостоящие услуги иностранных спутниковых систем. В 2023 г. активно шел обмен опытом цифровизации рыбопромышленных процессов между ЦСМС и IT-специалистами отраслевых предприятий в рамках функционирования Индустриального центра компетенций «Рыбохозяйственный комплекс» (ИЦК), который создан по инициативе Минсельхоза России для ускорения цифрового развития отрасли и импортозамещения иностранного программного обеспечения. В 2024 г. совместная работа будет продолжена.

Начиная с середины 2018 г., все производители, поставщики и предприятия, участвующие в обороте продукции животного происхождения, обязаны заполнять ветеринарную сопроводительную документацию в Федеральной Государственной Информационной Системе (ФГИС) «Меркурий». Благодаря единой системе контроля и учёта, осуществляется документооборот и отслеживание передвижений подконтрольных партий продовольственных товаров [8].

Цифровизация в процессе подготовки к продаже продукции предприятий РХК в ФГИС «Меркурий» способствует повышению открытости оперативной деятельности отрасли и ставит на новый, более высокий качественный уровень предсказуемости процедуры реализации продукции в рыбной отрасли.

Разработан и введен в промышленную эксплуатацию программный продукт «Витрина торгов Федерального агентства по рыболовству». С помощью данной электронной площадки проводятся торги на право заключения договора пользования рыболовным участком (аквакультура); право заключения договора пользования рыбопромышленным участком; право получения квоты на вылов водных биологических ресурсов (ВБР) [8].

На новый уровень переходит предоставление государственных услуг Росрыболовством в электронной форме. Услуги предоставляются в соответствии с Административными регламентами Федерального агентства по рыболовству [9].

На Втором международном рыбопромышленном форуме в Петербурге в 2018 г. ФГБУ «Центр системы мониторинга рыболовства и связи» и ООО «ГК Технологии трейдинга» договорились о запуске IT-проекта «Рыба из сети» [10].

С помощью этой торговой онлайн-площадки можно купить рыбу и морепродукты напрямую от рыбака в день вылова, получить товар в своем городе без лишней торговой наценки и следить за объемами добычи всех зарегистрированных российских рыболовов.

Это действующая трейдинговая площадка «ГК Технологии трейдинга». Она позволяет убрать линию посредников, которая составляет большую долю в итоговой стоимости. Технология продаж, по мнению владельцев площадки, позволяет повлиять на снижение розничной цены рыбной продукции. Однако из имеющейся информации не ясно каким образом этого можно достичь. В настоящее время оптовые цены назначают владельцы промысловых предприятий, а розничные – торговые предприятия. Каким образом покупатель рыбы могут повлиять на уровень цен из имеющейся информации не ясно.

Весь процесс покупки можно будет совершить на площадке: система сосчитает затраты на логистику, а платежная система создаст виртуальный счет и позволит провести оплату. В дальнейшем рыбак сможет выставить часть своего улова на торги через электронный промысловый журнал, через наш портал системы мониторинга – через государственные информационные системы отчета. При этом данная торговая площадка будет согласовываться с ветеринарным контролем (ФГИС) «Меркурий», что обеспечит необходимое качество рыбопродукции [10].

Разработан программно-аппаратный комплекс «Спутник-флот». Он обеспечивает круговой учет и контроль топлива на судне: расход, бункеровка, запасы. Мониторинг параметров судового оборудования. Внедрение и использование системы дает экономический эффект, позволяя сократить затраты на топливо и эксплуатацию судов.

В состав программно-аппаратного комплекса «Спутник-флот» входит навигационное оборудование для сбора и передачи данных, высокоточное измерительное оборудование, серверное программное обеспечение и клиентская часть – профессиональная программная платформа «АвтоГРАФ».

Оборудование зарегистрировано в государственном реестре средств измерений, имеет признания Российского Речного Регистра (РРР), Российского морского регистра судоходства (РМРС) [11].

Актуализировано стратегическое направление в области цифровой трансформации рыбохозяйственного комплекса до 2030 года.

К 2028 г. оформление всех видов господдержки аграриев будет переведено в цифровой формат. Такой показатель содержится в актуализированной редакции стратегического направления в области цифровой трансформации агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов. Распоряжение от 23 ноября 2023 г. №3309-р о её утверждении подписал Председатель Правительства Михаил Мишустин.

Цифровизация услуг по государственной поддержке будет идти в несколько этапов. Так, к 2026 г. этот показатель должен достигнуть 50%, в 2027 – 75%, а в 2028 г. оформление всех мер поддержки будет полностью переведено в «цифру».

Кроме того, в обновленном стратегическом направлении, среди прочего, ставятся задачи внедрения в рабочие и управленческие процессы искусственного интеллекта и других новейших технологий.

Обновленная редакция стратегического направления дополнена «дорожной картой», где прописаны главные этапы его реализации. Согласно этому документу, в декабре 2024 г. должна быть закончена работа над единой цифровой платформой агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов. Её запуск в промышленную эксплуатацию намечен на март 2025 года. Появление платформы позволит быстрее и эффективнее проводить анализ и прогнозирование отраслевых показателей комплексов.

К декабрю 2030 г. новая система должна стать единой точкой интеграции всех информационных ресурсов Минсельхоза и Росрыболовства с электронными системами других ведомств. Таким образом, все расчёты, необходимые для субсидирования аграриев и сельскохозяйственного страхования, будут автоматизированы.

Ещё один пункт «дорожной карты» – создание ситуационного цифрового центра Минсельхоза и Росрыболовства. Его функционал позволит вести мониторинг информационной безопасности всех цифровых ресурсов этих ведомств. Предполагается, что он начнёт свою работу в декабре 2025 года.

«Всего на реализацию новых и уже запланированных мероприятий по цифровой трансформации сельского хозяйства в бюджете следующего года предусмотрели более 3 млрд рублей», – заключил Михаил Мишустин [12].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проблемы цифровой трансформации рыболовства, по мнению специалистов в этой сфере, а также рыбопромышленников, в основном связаны с импортозамещением технических средств информатизации, которое успешно осуществляется, а также с инновационным развитием средств рыболовства и производства

рыбной продукции. Замена нынешнего состава промысловых судов супер-траулерами с высоким уровнем механизации, автоматизации и роботизации связана с появлением новых вызовов к цифровизации производственных процессов.

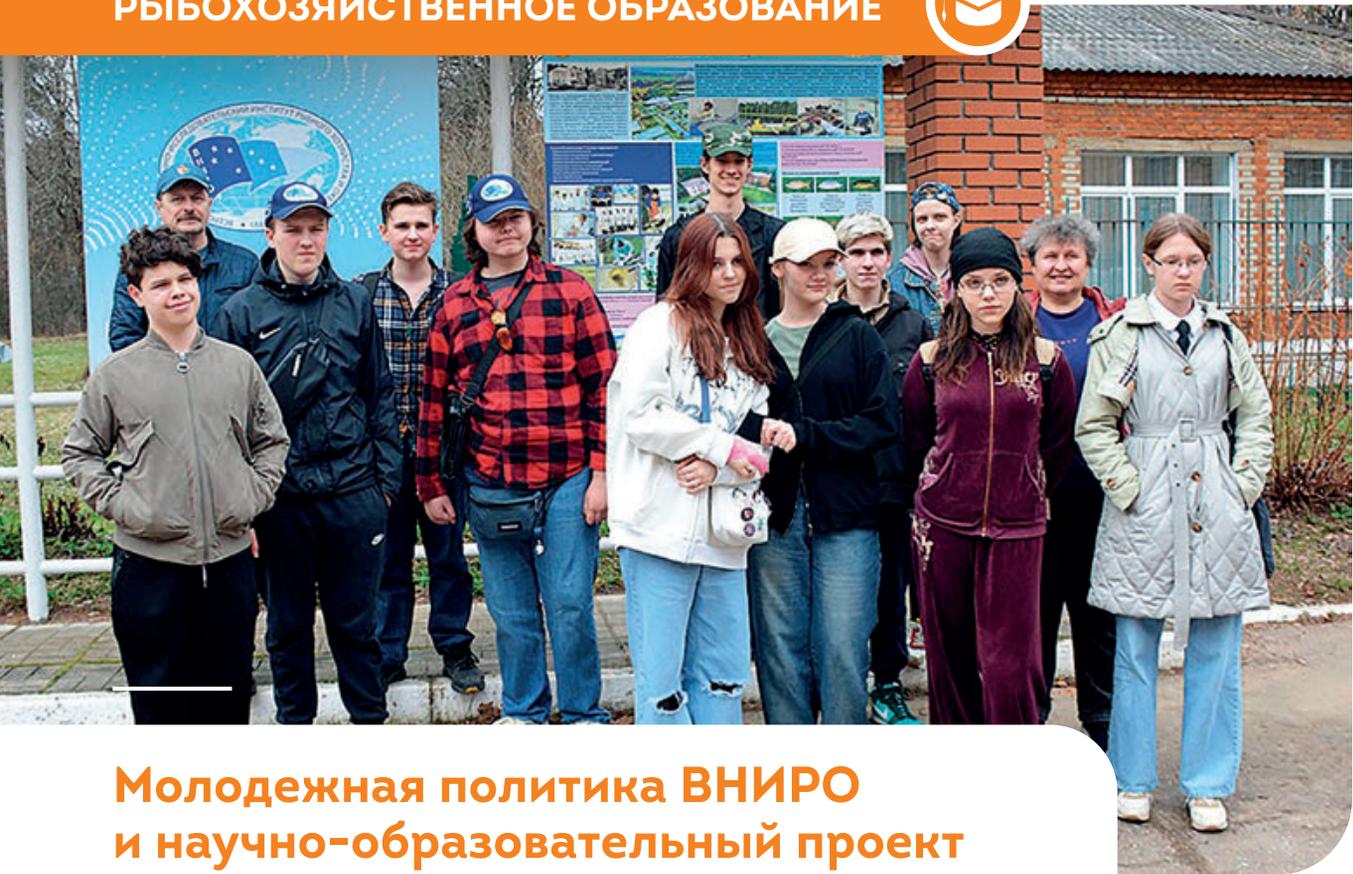
ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

1. Приказ Федерального агентства по рыболовству от 12 октября 2009 г. № 896 «Об утверждении Концепции внедрения и использования информационных технологий в деятельности Росрыболовства, его территориальных органов и находящихся в его ведении организаций». – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902184990> (дата обращения 25.04.2024).
2. Курс на цифровизацию: новые возможности и IT-решения для рыбной отрасли обсудили на МРФ-2019. – URL: <https://fish.gov.ru/news/2019/07/11/kurs-na-tsifrovizatsiyu-novye-vozmozhnosti-i-it-resheniya-dlya-rybnoj-otrasli-obsudili-na-mrf-2019/> (дата обращения 25.04.2024).
3. Поддержан переход рыбной отрасли России «на цифру» // Рыбный курьер-профи: еженедельный бюллетень о международном бизнесе. 2021. №37 (865). С. 54.
4. Михайлов А. Переход на электронный рыболовный журнал – это ключевое событие. – URL: <https://fishnews.ru/interviews/934> (дата обращения 25.04.2024).
5. ЭПЖ получил закон. – URL: <https://fishnews.ru/news/44792?ysclid=lvezu3l2b5160484940> (дата обращения 25.04.2024).
6. Волкогон В.А., Сергеев Л.И. Цифровые платформы в экономике рыбной отрасли // Рыбное хозяйство. 2019. №3. С. 26–33.
7. Возможности цифровой среды в области рыболовства и перспективы ее развития стали ключевой темой круглого стола «Цифровизация. Пути назад нет». – URL: <https://seafoodexporussia.com/news/vozmozhnosti-tsifrovoy-sredy-v-oblasti-rybolovstva-i-perspektivy-ee-razvitiya-stali-klyuchevoy-temoy/> (дата обращения 25.04.2024).
8. Что такое ФГИС «Меркурий». – URL: <https://its.1c.ru/db/fgismercury/content/4/hdoc> (дата обращения 24.04.2024).
9. Портал государственных услуг Российской Федерации. – URL: <https://gosuslugi.ru> (дата обращения 24.04.2024).
10. С корабля на торг: цену на российскую рыбу снизят с помощью новой онлайн площадки «Рыба из сети». – URL: <https://fish.gov.ru/news/2018/09/15/s-korablya-na-torg-tsenu-na-rossijskuyu-rybu-snizyat-s-pomoshchyu-novoj-onlajn-ploshchadki-ryba-iz-seti/?ysclid=lscy37in5g2895135-06> (дата обращения 24.04.2024).
11. Круговой учет и контроль топлива на судне: расход, bunkеровка, запасы, выдача. Мониторинг параметров судового оборудования. – URL: Эффективная система контроля и учета топлива на судне: расход, bunkеровка, запасы, выдача. Мониторинг судового оборудования (sputnik-flot.ru) (дата обращения 24.04.2024).
12. Правительство актуализировало стратегическое направление в области цифровой трансформации агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов до 2030 года. – URL: <http://government.ru/docs/50302/> (дата обращения 24.04.2024).

REFERENCES AND SOURCES

1. Order of the Federal Agency for Fisheries dated October 12, 2009 No. 896 «On approval of the Concept of introduction and use of information technologies in the activities of Rosrybolovstvo, its territorial bodies and organizations under its jurisdiction». – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902184990> (accessed 04/25/2024). (In Russ.).
2. The course on digitalization: new opportunities and IT solutions for the fishing industry were discussed at the MYFF 2019. – URL: <https://fish.gov.ru/news/2019/07/11/kurs-na-tsifrovizatsiyu-novye-vozmozhnosti-i-it-resheniya-dlya-rybnoj-otrasli-obsudili-na-mrf-2019/> / (accessed 04/25/2024). (In Russ.).
3. The transition of the Russian fishing industry «to digital» has been supported // Fish Courier-profi: weekly bulletin on international business. 2021. №37 (865). P. 54. (In Russ.).
4. Mikhailov A. The transition to an electronic fishing magazine is a key event. – URL: <https://fishnews.ru/interviews/934> (date of appeal 04/25/2024). (In Russ.).
5. The EPJ received the law. – URL: <https://fishnews.ru/news/44792?ysclid=lvezu3l2b5160484940> (accessed 04/25/2024). (In Russ.).
6. Volkogon V.A., Sergeev L.I. (2019). Digital platforms in the economics of the fishing industry // Fisheries. No.3. Pp. 26-33. (In Russ., abstract in Eng.).
7. The possibilities of the digital environment in the field of fisheries and the prospects for its development became the key topic of the round table «Digitalization. There is no turning back.» – URL: <https://seafoodexporussia.com/news/vozmozhnosti-tsifrovoy-sredy-v-oblasti-rybolovstva-i-perspektivy-ee-razvitiya-stali-klyuchevoy-temoy/> / (accessed 04/25/2024). (In Russ.).
8. What is FGIS «Mercury». – URL: <https://its.1c.ru/db/fgismercury/content/4/hdoc> (accessed 04/24/2024). (In Russ.).
9. Portal of public services of the Russian Federation. – URL: <https://gosuslugi.ru> (accessed 04/24/2024). (In Russ.).
10. From the ship to the auction: the price of Russian fish will be reduced with the help of a new online platform «Fish from the net». – URL: <https://fish.gov.ru/news/2018/09/15/s-korablya-na-torg-tsenu-na-rossijskuyu-rybu-snizyat-s-pomoshchyu-novoj-onlajn-ploshchadki-ryba-iz-seti/?ysclid=lscy37in5g2895135-06> (accessed 04/24/2024). (In Russ.).
11. Circular accounting and control of fuel on the ship: consumption, bunkering, stocks, delivery. Monitoring of ship equipment parameters. – URL: Effective fuel monitoring and metering system on the ship: consumption, bunkering, stocks, delivery. Monitoring of marine equipment (sputnik-flot.ru) (accessed 04/24/2024). (In Russ.).
12. The Government has updated the strategic direction in the field of digital transformation of agro-industrial and fisheries complexes until 2030. – URL: <http://government.ru/docs/50302/> / (accessed 04/24/2024). (In Russ.).

Материал поступил в редакцию / Received 05.03.2024
Принят к публикации / Accepted for publication 16.05.2024



Молодежная политика ВНИРО и научно-образовательный проект «Каникулы в Рыбном!»

DOI: 10.36038/0131-6184-2024-3-26-31

Обзорная статья
УДК 331.548

Серомаха Екатерина Николаевна – заместитель директора Департамента информации и печати, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»
E-mail: sermakha@vniro.ru

Жарикова Валентина Юрьевна – кандидат сельскохозяйственных наук, Руководитель научного направления, Филиал по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ»)
E-mail: zharikova_v@mail.ru

Бобылев Андрей Борисович – руководитель Конгрессно-выставочного центра, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»
E-mail: bobylev@vniro.ru

Адреса:

1. Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО) – Россия, 105187, г. Москва, Окружной проезд, 19
2. Филиал по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ») – Россия, 141821, Московская обл., Дмитровский г.о., пос. Рыбное, д. 40А

Аннотация. В статье рассматривается опыт реализации молодежной политики ВНИРО в рамках программы «Навигатор ВНИРО», сегментированной на 5 треков с учетом возраста и интересов. Проект «Каникулы в Рыбном!», ориентированный на подростков 14-16 лет, дал возможность ребятам участвовать в реальной научной работе, познакомил со всеми сторонами этого направления трудовой деятельности, что может привлечь их к получению профильного образования и дальнейшей работе в рыбохозяйственном комплексе. Новация проекта заключается в интенсивном обучении методом «погружения в науку» и плотном общении с научными сотрудниками высшей квалификации, и получении профессионального опыта, начиная с раннего возраста. Проект, целиком или частично, может быть рекомендован для реализации в филиалах ВНИРО и других научных организациях.

Ключевые слова: ВНИРО, экосистема научных знаний, молодежь, ученый, образование, мотивация, кластер, профессиональный трек, рыбохозяйственный комплекс, ранняя профориентация

Для цитирования: Серомаха Е.Н., Жарикова В.Ю. Бобылев А.Б. Молодежная политика ВНИРО и научно-образовательный проект «Каникулы в Рыбном!» // Рыбное хозяйство. 2024. № 3. С. 26-31. DOI: 10.36038/0131-6184-2024-3-26-31

VNIRO YOUTH POLICY AND SCIENTIFIC AND EDUCATIONAL PROJECT «HOLIDAYS IN RYBNOYE!»

Ekaterina N. Seromakha – Deputy Director of the Information and Press Department, Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO)

Valentina Yu. Zharikova – Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Scientific direction, Branch of Freshwater Fisheries of VNIRO (VNIIPRH)

Andrey B. Bobylev – Head of the Convention and Exhibition Center, Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO)

Addresses:

1. **Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO)** – Russia, 105187, Moscow, Okruzhnoy proezd, 19
2. **Freshwater Fisheries Branch of VNIRO («VNIIPRH»)** – Russia, 141821, Moscow region, Dmitrovsky citi district, village Rybnoye, 40A

Annotation. The article examines the experience of implementing VNIRO youth policy within the framework of the VNIRO Navigator program, segmented into 5 tracks, taking into account age and interests. The project “Holidays in Rybnoye!”, aimed at teenagers aged 14-16, gave the children the opportunity to participate in real scientific work, introduced them to all sides of this area of work, which can attract them to receive specialized education and further work in the fisheries complex. The innovation of the project consists in intensive training by the method of “immersion in science” and close communication with highly qualified researchers and gaining professional experience, starting from an early age. The project, in whole or in part, can be recommended for implementation in VNIRO branches and other scientific organizations.

Keywords: VNIRO, ecosystem of scientific knowledge, youth, scientist, education, motivation, cluster, professional track, fisheries complex, early career guidance

For citation: Seromakha E.N., Zharikova V.Yu. Bobylev A.B. (2024). VNIRO youth policy and scientific and educational project «Holidays in Rybnoye!» // Fisheries. No. 3. Pp. 26-31. DOI: 10.36038/0131-6184-2024-3-26-31

Рыбохозяйственная наука рассматривает молодежь как важнейший ресурс при реализации кадровой политики. Решая проблему повышения привлекательности российской науки и образования, ВНИРО, как базовая научная

организация рыбохозяйственного комплекса России, учитывает следующие объективные факторы:

1. Молодежь расценивает перспективность своей будущей работы, как один из главных



аргументов при выборе направления деятельности.

2. На выбор места работы или обучения в университете, как правило, влияет мнение и возможности родителей.
3. Основным фактором личностного и научного роста молодых ученых и специалистов, привлечения и удержания их в науке, является правильная мотивация.
4. Информированность общества и положительный имидж отрасли в традиционных СМИ, социальных сетях, блогосфере, имеют большое значение для привлечения молодежи и решения кадровых проблем отрасли.

«НАВИГАТОР ВНИРО» ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ МОЛОДЕЖНОЙ ПОЛИТИКИ

Безусловно, ВНИРО имеет большой потенциал для наглядного и доступного представления молодежи своей научной деятельности. Современное оборудование лабораторий, многочисленные экспедиции, уникальность объектов исследования, значимость результатов научной деятельности для общества вполне могут стать поводом для рассмотрения рыбохозяйственной науки, как выбора жизненного пути и научной карьеры.

Цели молодежной политики ВНИРО:

- ознакомление с рыбохозяйственным комплексом (РХК) страны и ранняя профори-

ентация учащихся школ, гимназий, колледжей;

- поиск и мотивация молодежи на работу в РХК и науке;
- создание условий для получения качественного образования, полноценной самореализации молодежи;
- повышение конкурентоспособности РХК на рынке трудовых ресурсов;
- информирование общества и повышение привлекательности РХК в общественном сознании.

Для правильной мотивации, в рамках создаваемой во ВНИРО экосистемы научных знаний и проводимой молодежной политики, разработана и реализуется программа **«Навигатор ВНИРО»**, сегментированная на 5 треков, каждый из которых несет своей целевой аудитории ценности и преимущества работы в РХК и ВНИРО.

«ВНИРО-Дети» (10-14 лет). Знакомство с РХК страны и рыбохозяйственной наукой: показать, рассказать, заинтересовать, увлечь!

«ВНИРО-Юниор» (15-17 лет). Программа ранней профориентации школьников.

«ВНИРО-Старт» (18-20 лет). Получение специальности и выбор научного направления.

«ВНИРО-Наука» (21-25 лет). Создание среды, стимулирующей молодых ученых к активной научной деятельности.

«ВНИРО Карьера» (26-35 лет). Комплекс для повышения мотивации, научного и карьерного роста.

НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЕКТ ВНИРО «КАНИКУЛЫ В РЫБНОМ!»

В рамках реализации Соглашения о сотрудничестве между ВНИРО и Гимназией №7 имени Д.П. Яковлева г. Красногорска Московской области, с 8 по 12 апреля 2024 года для 11 учеников классов с химико-биологическим уклоном был организован 4-дневный курс на базе Филиала по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ»), включающий практические занятия в «поле» и лабораториях, а также лекции по основным направлениям исследований филиала.

Основные положения Проекта

Главная задача:

Содействие школьникам в выборе стратегии развития и реализации способностей для формирования профессионального трека, достижения в будущем высоких результатов в научной и профессиональной деятельности.

Целевая группа:

Учащиеся химико-биологического класса гимназии. Возраст: 14-16 лет.

Координаторы Проекта.

ВНИРО:

А.Б. Бобылев – руководитель Конгрессно-выставочного центра;

Е.Н. Серомаха – зам. директора Департамента информации и печати;

В.Ю. Жарикова – кандидат сельскохозяйственных наук, руководитель научного направления ВНИИПРХ (научный руководитель Проекта).

Гимназия №7:

Е.А. Изох – преподаватель химии;

Т.Л. Вохмякова – преподаватель биологии;

А.А. Шепканов – руководитель историко-морского клуба «Персей».

Обоснование Проекта

Почему ВНИИПРХ – лучшее место для реализации Проекта?

Поселок Рыбное (Московская область, г. Дмитров) географически обособлен от больших городов и используется с начала 1930-х годов для исследований в области пресноводного рыбного хозяйства и практической реализации результатов научной деятельности.

Градообразующие организации:

Филиал по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ»).

Дмитровский рыбохозяйственный технологический институт (филиал) и колледж ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет» («ДРТИ»).

ИНФРАСТРУКТУРА, ОПЫТ И КОМПЕТЕНЦИИ ВНИИПРХ – КЛЮЧ К УСПЕХУ ПРОЕКТА

Научные направления ВНИИПРХ:

- Ихтиопатология;
- Осетроводство и акклиматизация;
- Кробиология;
- Физиология и кормление рыб;
- Генетика и селекция рыб;
- Водные биологические ресурсы;
- Экологическая токсикология;
- Гидробиология;
- Комплексная интенсификация прудового рыбоводства.

Экспериментальная база ВНИИПРХ:

- Опытное селекционно-племенное хозяйство «Якоть»;
- Конаковский отдел по осетроводству;
- Научно-производственный отдел изготовления комбикормов для объектов аквакультуры;
- Научно-исследовательский центр инкубации и выращивания рыбы;
- Рыбопитомник;
- Аквариальный комплекс.

НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА ПРОЕКТА

Научно-образовательная программа Проекта была разработана на основе пожеланий педагогов Гимназии №7, и учитывала возможности и особенности ВНИИПРХ, как действующего научного учреждения. План мероприятий включал в себя ежедневные лекционные и практические занятия под руководством ведущих ученых и специалистов ВНИИПРХ.

8 апреля 2024 г.

Занятия и инструктаж по правилам внутреннего распорядка и техники безопасности провела специалист по охране труда В.С. Чистова.

Обзорную лекцию об истории и возможностях ВНИРО и ВНИИПРХ провела руководитель научного направления кандидат сельскохозяйственных наук В.Ю. Жарикова.

Затем для учащихся была организована экскурсия по лабораторному корпусу Филиала, где заведующие лабораториями показали оборудование и рассказали о направлениях научной работы.

9 апреля 2024 г.

Посещение прудового хозяйства ВНИИПРХ

Учащиеся ознакомились с Опытно-селекционно-племенным хозяйством (ОСПХ) «Якоть», комплекс рыбоводных сооружений которого включает в настоящее время более 200 прудов всех категорий, осмотрели нагульные, выростные и зимовальные пруды, а также автономный технологический участок – цех сортировки и передержки рыбы для реализации товарной рыбы и посадочного материала. Экскурсия сопровождалась лекцией В.Ю. Жариковой о прудовой аквакультуре.

На прудах учащиеся, под руководством сотрудников Филиала, провели отбор проб воды



на гидробиологический и гидрохимический анализ. При отборе проб на зоопланктон использованы сеть Джели и ручной батометр Паталаса. Отбор проб на зообентос производился штанговым трубчатым дночерпателем, предназначенным для количественного учета макробентоса и микробентоса в водоемах глубиной не более 2,5 метров.

Практические занятия в лабораториях гидробиологии и гидрохимии

В группе гидробиологии учащиеся провели подготовку гидробиологического материала, согласно методическим указаниям по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях в прудах. Под руководством главного специалиста, кандидата биологических наук Д.Ю. Тюлина были обработаны пробы зоопланктона и зообентоса.

Анализ проб воды на гидрохимию проводили в отделе экологической токсикологии под руководством начальника отдела А.В. Здрока. В лабораторных условиях учащиеся ознакомились с методиками, оборудованием и условиями проведения исследований качества воды по гидрохимическим показателям.

10 апреля 2024 г.

Криобанк ВНИИПРХ

Экскурсию провели главный специалист Н.Д. Пронина и ведущий специалист, кандидат биологических наук О.В. Корабельникова. Они ознакомили учащихся с лабораторией криобиологии, оснащённой высокотехнологичным современным оборудованием. Коллекция криобанка содержит более 2600 образцов спермы рыб, более 60 видов популяций карповых, сиговых, осетровых и лососевых рыб.

С учащимися проведены практические занятия по определению развивающейся икры на стадии 4-х бластомеров оплодотворенной криоконсервированной спермой форели. Ребята самостоятельно работали с пробами на бинокулярах.

Посещение рыбоводного цеха

Обзорную экскурсию по научно-исследовательскому центру инкубации и выращивания рыбы, который входит в состав опытного селекционно-племенного хозяйства «Якоть» и является производственной базой для проведения опытных работ основных лабораторий ВНИИПРХ, провела главный рыбовод Ю.А. Новоселова.

Центр представляет собой комплекс из трёх установок замкнутого водоснабжения (УЗВ), каждая из которых является автономным модулем с контролируемыми параметрами, собственной системой водоснабжения и водоотведения. Учащиеся смогли самостоятельно

покормить рыб кормами различных рецептурных линеек, наблюдая, как рыба берет корм.

Ведущий научный сотрудник лаборатории генетики и селекции рыб, кандидат биологических наук Е.В. Виноградов вместе с учащимися провел отбор генетического материала (небольших фрагментов плавников) карповых рыб.

Лаборатория генетики и селекции рыб

Обработка отобранных проб была проведена под руководством ведущего специалиста, кандидата биологических наук Е.Г. Макаровой, которая рассказала обо всех этапах работы: выделении ДНК, постановке полимеразной цепной реакции (ПЦР), гель-электрофорезе и последующем анализе полученных продуктов амплификации на секвенаторе (генетическом анализаторе, позволяющем проводить анализ участков митохондриальной и ядерной ДНК). Учащиеся участвовали в исследованиях и наблюдали, как выглядят результаты анализа, полученные на секвенаторе (нуклеотидная последовательность участка митохондриальной ДНК и микросателлитные локусы).

Лаборатория ихтиопатологии

Ведущий специалист лаборатории ихтиопатологии И.Ю. Кропачева провела экскурсию по лаборатории, рассказав о научно-исследовательской работе по изучению инфекционных (вирусных и бактериальных) и паразитарных заболеваний у рыб, а также оценке иммунофизиологического статуса здоровья гидробионтов. Учащиеся провели обследование рыб (форель).

11 апреля 2024 г.

Лекции ведущих ученых и специалистов ВНИИПРХ

И.Ю. Кропачева в своей лекции «Ихтиопатологи – врачи рыб» рассказала о важности профессии «рыбного врача» и для чего необходимо быстро приходить на помощь своим подопечным.

Молодой ученый лаборатории осетроводства и акклиматизации А.А. Арчибасов рассказал об особенностях прудовой и промышленной аквакультуры, приводя примеры из своих научных работ, апробированных в отделе «Конаковский» и ОСПХ «Якоть».

Особый интерес вызвало выступление ведущего научного сотрудника лаборатории осетроводства и акклиматизации, доктора биологических наук В.А. Илясовой, которая познакомила юных слушателей с основами гистологии, прочитала свои стихи и рассказала о том, как сама стала ученым.

По итогам всех дней занятий и для оценки уровня знаний, полученных учащимися, было проведено индивидуальное тестиро-

вание в формате «Рыбного квиза», а затем выданы сертификаты участника. Один из участников проекта, выпускник 2024 г., перед поступлением в Тимирязевскую академию, попросил о стажировке во ВНИРО на полтора месяца.

Важным дополнением к научно-образовательной программе Проекта стали презентация Е.Н. Серомахи, во время которой были обсуждены проблемы экологии среды обитания и проведенный ею мастер-класс «Эко-Арт», где, используя измельченные отходы пластика: пакеты, пробки и т.д. на картонной подложке, при помощи оригинальной технологии, ребятами были созданы изображения рыб, медуз и других водных обитателей.

ЗНАЧЕНИЕ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА ВНИРО «КАНИКУЛЫ В РЫБНОМ!»

Поиск талантливой молодежи – будущих ученых и специалистов, создание стартовых условий для получения качественного профильного образования, полноценной самореализации и творческого труда – все это предлагается к осуществлению в рамках Проекта.

Проект способствует информированию подростков и, что очень важно, их родителей, о возможностях и перспективах рыбохозяйственной науки, образовательных организаций, как точек личностного и профессионального роста, создает положительный имидж отрасли в общественном сознании.

Проект предлагает новый формат решения кадровых проблем отрасли:

- метод интенсивного «погружения в науку», как новой формы обучения и информирования молодежи о работе в РХК страны;
- личный опыт и общение с ведущими учеными для лучшей мотивации молодежи на работу в рыбохозяйственной науке;
- информационное сопровождение Проекта в интернете и соцсетях повышает привлекательность рыбной отрасли в общественном сознании.

Дальнейшее развитие и масштабирование Проекта – стимул к переходу на инновационную модель развития научных и образовательных учреждений рыбохозяйственного комплекса – научно-образовательных кластеров.

Основные риски развития Проекта – отсутствие необходимой инфраструктуры в научных и образовательных учреждениях Росрыболовства, которая, для кластера в минимальной конфигурации, должна включать:

- кампус для студентов и молодых ученых на территории кластера;
- конгресс-центр на 50-100 мест для проведения научных, образовательных и культур-

ных мероприятий, повышающих привлекательность и рейтинг кластера;

- технопарк для реализации в кластере инновационных разработок студентов и молодых ученых, а также создания для них стартапов и рабочих мест на любом этапе обучения или научной карьеры.

ВЫВОДЫ

Опыт реализации проекта ВНИРО «Каникулы в Рыбном!» показал, что оптимальное количество учащихся для занятий составляет 12–14 человек. С одной стороны, это позволяет проводить с ними полноценные занятия в «поле» за отведенное время (45 мин.–1 час), с соблюдением всех регламентов и требований безопасности, с другой – дает возможность разделить на 2 группы для одновременной работы в лабораториях разного направления. Малое (6-7 человек) количество учащихся в группе позволяет во время занятий вести с ними индивидуальные консультации для лучшего определения направления интересов и уровня знаний.

Интенсивные 6-часовые занятия теорией и практикой рыбного хозяйства на протяжении 4 дней показали подросткам все стороны этого направления трудовой деятельности и привлекут часть из них к работе в рыбохозяйственном комплексе страны в будущем.

В то же время, Проект показал необходимость подготовки лекционных блоков по всем направлениям работы ВНИРО, с учетом возрастных категорий слушателей и их уровня знаний, а также на обучение самих спикеров приемам работы с аудиторией, качество их презентаций.

Запрос молодежи на работу в рыбохозяйственной науке, интерес к ней, безусловно, существует, и необходимо сделать все возможное, чтобы он реализовался в плодотворную научную деятельность, новые открытия, экспедиции, диссертации. Это и будет ключом к решению кадровых проблем РХК, залогом его успешного развития. Только сделав шаг навстречу заинтересованной и талантливой молодежи, мы можем рассчитывать на ответное движение!

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

Серомаха Е.Н. – идея статьи, подготовка статьи, корректировка текста; Жарикова В.Ю. – подготовка статьи и ее окончательная проверка; Бобылев А.Б. – подготовка статьи, корректировка текста.

The authors advertise the rejection of the conflict of interests. The tab in the authors' work:

Seromakha E.N. – idea status, preparation status, texture correction; Zharikova V.Yu. – preparation status and its window check; Bobylev A.B. – preparation status, texture correction.

Материал поступил в редакцию/ Received 12.05.2024
Принят к публикации / Accepted for publication 22.05.2024



Прогнозирование биоразнообразия и биометрических показателей сельди (*Clupea pallasii*) Охотского моря с применением нейронных сетей

Научная статья
УДК 004.8:[574.1+597.541]

DOI: 10.37663/0131-6184-2024-3-32-39

Горбачев Виктор Валерьевич – исследователь научно-исследовательской лаборатории «Биотехнологии пищевых систем» кафедры пищевых технологий и биоинженерии, Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова; Магаданский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («МагаданНИРО»), Москва, Россия
E-mail: genetic2@yandex.ru

Смирнов Андрей Анатольевич – доктор биологических наук, доцент, главный научный сотрудник отдела морских рыб Дальнего Востока, Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»); профессор кафедры точных и естественных наук, Северо-Восточный государственный университет (СВГУ); доцент кафедры ихтиологии, Дагестанский государственный университет (ДГУ), Москва, Россия
E-mail: andrsmir@mail.ru

Метелёв Евгений Александрович – кандидат биологических наук, руководитель Магаданского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («МагаданНИРО»), Магадан, Россия
E-mail: evgeniy_metelyov@mail.ru

Адреса:

1. Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова – Россия, 115054, г. Москва, Стремянный переулок, д.36
2. Магаданский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («МагаданНИРО») – Россия, 685000, Магадан, ул. Портовая, д. 36/10

3. Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО») – Россия, 105187, Москва, Окружной проезд, д. 19,

4. Северо-Восточный государственный университет – Россия, 685000, Магадан, ул. Портовая, д. 13

5. Дагестанский государственный университет – Россия, 367025, Махачкала, ул. Гаджиева, д. 43а

Аннотация. В работе приводятся данные по прогнозированию морфометрических измерений для сельди Охотского моря с применением алгоритмов машинного обучения (нейронные сети). Было показано, что как минимум 12 признаков коррелируют друг с другом с высокой и очень высокой степенью корреляции ($r > 0,7-0,9$). Продемонстрирована возможность применения нейронных сетей для прогнозирования недостающих морфометрических (и иных видов) данных для любых биологических объектов, в независимости от их географического места обитания. В качестве примера были приведены значения 6 морфометрических признаков, таких как: длина всей рыбы (ab), вес рыбы, расстояние между P и V (vz), длины нижней и верхних лопастей C , антеанальное расстояние. Прогнозные значения, как было показано, отклонялись от эталонных по ряду измерений от 0,2% до 3%, что меньше естественной дисперсии в выборке, достигающей по некоторым признакам до 14%. Всё представленное позволяет предлагать нейронные сети как современный научный метод, например, для устранения нехватки статистических данных или для «закрытия потребностей» в получении новых морфометрических измерений.

Ключевые слова: тихоокеанская сельдь, алгоритмы машинного обучения, Охотское море, морфометрические параметры биоразнообразия, биоразнообразие, нейронные сети, прогнозирование

Для цитирования: Горбачев В.В., Смирнов А.А., Метелёв Е.А. Прогнозирование биоразнообразия и биометрических показателей сельди (*Clupea pallasii*) Охотского моря с применением нейронных сетей // Рыбное хозяйство. 2024. № 3. С. 32-39. DOI: 10.37663/0131-6184-2024-3-32-39

NEURAL NETWORK PREDICTION OF BIODIVERSITY AND BIOMETRIC INDICATORS IN HERRING (*CLUPEA PALLASII*) OF OKHOTSK SEA

Viktor V. Gorbachev – researcher at the Research Laboratory «Biotechnology of Food Systems» of the Department of Food Technology and Bioengineering, Plekhanov Russian University of Economics; Magadan Branch of VNIRO Federal State Budgetary Institution (MagadanNIRO), Moscow, Russia

Andrey A. Smirnov – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Chief Researcher of the Department of Marine Fishes of the Far East, All-Russian Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO); Professor of the Department of Exact and Natural Sciences, Northeastern State University (SVSU); Associate Professor of the Department of Ichthyology, Dagestan State University (DSU), Moscow, Russia

Evgeniy A. Metelyov – Candidate of Biological Sciences, Head of the Magadan Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution VNIRO (MagadanNIRO), Magadan, Russia

Addresses:

1. Plekhanov Russian University of Economics – Russia, 115054, Moscow, Stremyanny Lane, 36

2. Magadan Branch of VNIRO Federal State Budgetary Educational Institution (MagadanNIRO) – Russia, 685000, Magadan, Portovaya str., 36/10

3. Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FGBNU VNIRO) – Russia, 105187, Moscow, Okruzhnoy proezd, 19,

4. Northeastern State University – Russia, 685000, Magadan, Portovaya str., 13

5. Dagestan State University – Russia, 367025, Makhachkala, Gadzhieva str., 43a

Annotation. The paper presents data on the prediction of morphometric measurements for herring of the Sea of Okhotsk using machine learning algorithms (neural networks). It has been shown that at least 12 features correlate with each other with a high and very high degree of correlation ($r > 0.7-0.9$). The possibility of using neural networks to predict missing morphometric (and other types of) data for any biological objects, regardless of their geographical habitat, is demonstrated.

As an example, the values of 6 morphometric features were given, such as: the length of the entire fish (ab), the weight of the fish, the distance between P and V (vz), the lengths of the lower and upper blades C, the anteanal distance. The predicted values, as shown, deviated from the reference values for a number of measurements from 0.2% to 3%, which is less than the natural variance in the sample, reaching up to 14% in some respects. Everything presented allows us to propose neural networks as a modern scientific method, for example, to eliminate the lack of statistical data or to «close the needs» for obtaining new morphometric measurements.

Keywords: Pacific herring, machine learning algorithms, Sea of Okhotsk, morphometric parameters of biodiversity, biodiversity, neural networks, forecasting

For citation: Gorbachev V.V., Smirnov A.A., Metelev E.A. (2024). Neural network prediction of biodiversity and biometric indicators in herring (*Clupea pallasii*) of Okhotsk Sea // Fisheries. No. 3. Pp. 32-39.

DOI: 10.37663/0131-6184-2024-3-32-39

Таблицы составлены автором / The tables are compiled by the author

Рисунок – авторский / The drawing was made by the author

ВВЕДЕНИЕ

В 1992 г., при поддержке ООН и при участии 150 стран мира, на 6 языках была принята «Конвенция о биологическом разнообразии» [1]. Согласно этому документу, под термином «биологическое разнообразие» понимают вариативность живых организмов, в том числе из наземных и морских водных экосистем, включая в себя как внутривидовую изменчивость, так и межвидовое и экосистемное разнообразие.

В настоящее время под термином «биоразнообразие» на внутривидовом уровне понимают различные его аспекты, такие как: различия в морфологических признаках, адаптивные формы, а также накопленное генетическое разнообразие, как часть общего внутривидового биоразнообразия [2; 3]. Исследование и описание всех перечисленных аспектов важно для проведения экологических и генетических изысканий, поиска и реконструкций межвидового взаимодействия, а также – влияния факторов эволюции, как на отдельно взятый вид, так и на биоценозы в целом [3; 4].

Как известно, биологическое разнообразие является следствием как мутационных, так и адаптационных процессов, протекающих на уровне отдельных популяций организмов. Установления корреляционных зависимостей между факторами внешней среды и биологическими признаками особенно важны для видов, имеющих широкие ареалы [5].

К подобным видам в морских экосистемах относятся далеко мигрирующие массовые виды, например, тихоокеанская сельдь и минтай [6]. Несмотря на то, что на биомассу минтая приходится до 80% биомассы в некоторых уловах, исследования сельди проводятся более

длительный срок, и они в ряде случаев более детализированы [7].

Одним из регионов, где исследования тихоокеанской сельди ведутся достаточно длительный период, является акватория Охотского моря. К настоящему времени, например, накоплены различные данные по ее популяционной структуре, потоку генов, мечения рыб и путям ее миграции, питанию и морфометрическим показателям биоразнообразия [6].

Что касается последнего, то в ряде случаев исследователи не проводят полных морфометрических измерений, даже если придерживаются одной и той же схемы снятия мерок (за рубежом схемы измерения могут сильно отличаться от принятой в РФ). Это приводит к пробелам в данных и осложнениям дальнейшего анализа. Более того, как показали исследования, значения морфометрических признаков для свежей и дефростированной рыб сильно отличаются между собой [8].

Выходом из сложившейся ситуации может быть совмещение походов из различных отраслей знания в одном и том же исследовании. В частности, методы основанные на прогнозировании значений с применением алгоритмов машинного обучения (нейронные сети) [9].

Если ставшие к настоящему времени классическими, генетические методы, повсеместно распространены (методы определения генетического разнообразия), то алгоритмы машинного обучения все еще набирают свою популярность [9]. Однако в любом случае подобные технические подходы позволяют обойти сложности, связанные с различиями схем морфометрических измерений, полученных разными авторами.

Например, часто используемый в советской и российской литературе, промер АС – длина

тела рыбы до средних лучей хвостового плавника часто заменяется в иностранной литературе промером AD – длина до начала хвостового плавника. Подобные подходы не дают возможности производить хоть какие-либо сопоставления между собой, логичным выходом из сложившейся ситуации была бы единая база данных, содержащая как фото, так и видео фиксированные данные, что позволило бы применять, например, для морфометрических измерений методы преобразования Фурье [10; 11]. Это в свою очередь позволило бы полностью отказаться от «классического» морфометрического порядка измерения. Однако пока эта база данных не создана, для приведения морфометрических значений от разных авторов к единообразию, а равным образом и для устранения пробелов в числовых значениях, алгоритмы машинного обучения могут быть с успехом применены [9].

К одному из часто применяемых алгоритмов, для подобного рода целей, относятся искусственные нейронные сети (далее – ИНС). Они подходят как для кластеризации, так и для распознавания паттернов, распределения и выявления внутренних связей в библиотеках данных, и уже не раз с успехом применялись для расчета и прогнозирования неизвестных ранее величин [9; 12; 13; 14].

По сути, ИНС составляют математические матрицы с возможностью внесения в них функций нелинейной регрессии с высокой прогностической мощностью, структура которых частично имитирует взаимодействие биологических нейронов. Далее мы будем применять следующие термины: обучение ИНС – процесс, аппроксимации выдаваемых ИНС значений к эталонным величинам (обучение с учителем). Один цикл обучения называется эпохой. Нейрон в сети – основная ее ячейка или вычислительный блок, производящий расчеты по встроенному автором алгоритму, называемому функцией активации. Архитектура сети – топологическая структура связей нейронов между собой посредством синапсов. Синапсы ИНС – связи между нейронами, каждому из которых может быть присвоено значение весов. Нейроны в сети бывают трех типов – входные (на них приходят входные или задаваемые значения), скрытые – в них происходят процедуры пересчета значений, и выходные нейроны – они выдают итоговые значения нейронной сети. Более подробное описание ИНС ранее в литературе уже приводилось [13].

Таким образом, цель нашего исследования – применить алгоритмы и показать возможности использования ИНС для прогнозирования морфометрических данных сельди Охотского моря.

Дополнительная цель исследования – выявление необходимого и достаточного числа морфометрических признаков, а также выявления возможности «редукции» всего известного массива данных, с помощью которых можно достаточно полно описывать морфологическую изменчивость скоплений рыб из разных частей ареала.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В качестве данных для обучения ИНС мы применили значения, полученные нами при непосредственном морфометрическом анализе (1018 экземпляров, северная часть Охотского моря: Гижигинская губа, Тауйская губа и Охотск), а также измерения, для которых производились прогнозирования величин (275 значений – о. Сахалин, п. Ноглики, п. Взморье, с. Урожайное). Укажем, что все исследованные данные по сельди относятся к весеннему периоду (нерестовая сельдь), собранные с 1999 по 2007 годы. Архитектуру ИНС, а также схожие условия ее обучения мы описывали ранее в литературе. Внутренний слой состоял из 12 нейронов, функция активации логсигмоидная функция – LogSg.

Список признаков, применяемых при обучении, – пластические признаки: вес рыбы, возраст, длина головы (ao); вертикальный диаметр глаза (np); длина заглазничного отдела головы (po); тела до средних лучей хвостового плавника (ac); длина верхнечелюстной кости (a_1a_6); наибольшая высота тела (qh); наименьшая высота тела (ik); антедорсальное расстояние (aq); постдорсальное расстояние (rd); антевентральное расстояние (az); наибольшая высота A (ej); длина всей рыбы (ab); длина нижней челюсти (a_1l_1); длина основания спинного плавника D (qs); высота спинного плавника D (tu); длина брюшного плавника V (zz_1); высота головы у затылка (lm); длина хвостового стебля (fd); длина основания анального плавника A (yy_1); длина грудного плавника P (vx); длина верхней лопасти хвостового плавника (C); длина нижней лопасти хвостового плавника C; расстояние между (V и A) (zy); расстояние между P и V (vz); антеанальное расстояние (ay); длина тела рыбы без C (ad); длина рыла (an); межглазничное расстояние; длина средних лучей хвостового плавника (dc); ширина лба; длина грудных плавников (vx). Мерикические признаки: количество лучей в спинном, анальном, брюшном и грудных плавниках, а также – количество тычинок в жаберной дуге и позвонков в позвоночнике. Всего, согласно принятому в России порядку измерений сельди, 38 морфометрических признаков [8].

Общая структура нейронной сети представлена на рисунке 1. Все значения сводились в табличном редакторе Excel 2010, там же производилась основная статистическая обра-

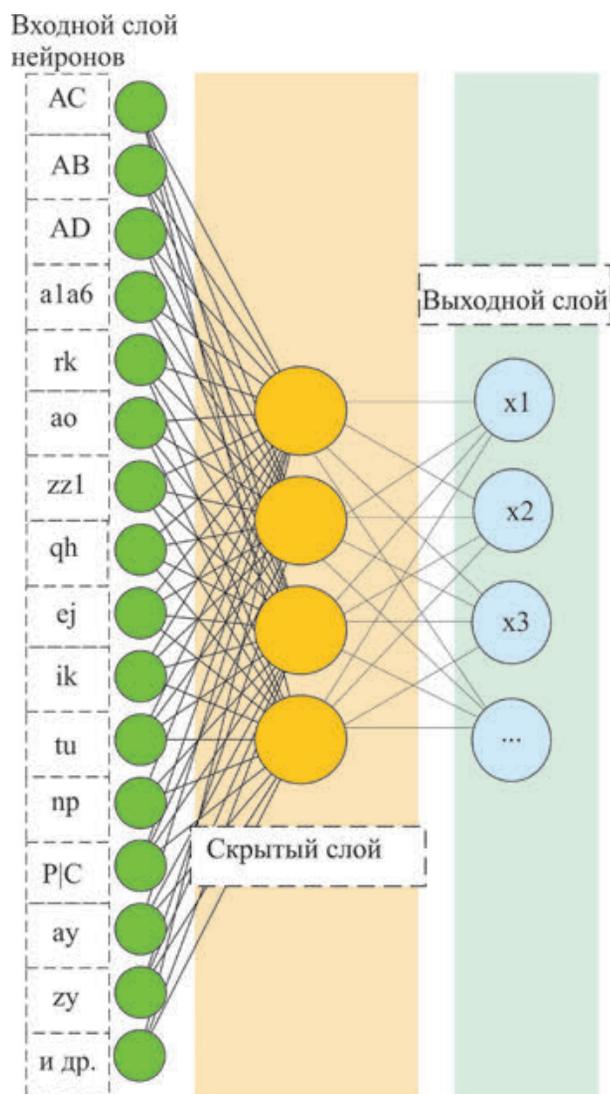


Рисунок 1. На рисунке схематически показана архитектура ИНС, с указанием слоев нейронов, слева – в произвольном порядке показаны входные нейроны и подписи данных для них; количество выходных нейронов в ИНС также показано схематически для визуального упрощения

Figure 1. The figure schematically shows the architecture of the ANN, indicating the layers of neurons, the input neurons and data signatures for them are shown in random order on the left; the number of output neurons in the ANN is also shown schematically for visual simplification

ботка. Весь пул данных состоял из нескольких выборок: для обучения ИНС (918 шт.), валидационная (100 шт.) и прогнозная (275 шт.). Отклонение (дельта) от эталонных величин не превышала 1%, что намного меньше естественного разброса биологических данных (в среднем в 14 раз). Всего проанализировано

38646 значений, спрогнозировано с применением ИНС – 7425 значений.

Перед прогнозированием было необходимо определить, какие из величин скоррелированы друг с другом сильной ($r \geq 0,75$) или очень сильной корреляцией ($r \geq 0,90$). Потребность в подобного рода расчетах была продиктована двумя факторами. С одной стороны – необходимостью определения минимального и достаточного числа измерений, чтобы удалить дублирующие данные. С другой стороны – точностью прогнозов ИНС, которые для величин, имеющих сильную корреляцию менее подвержены влиянию случайного разброса данных или математического смещения.

Степень скоррелированности признаков определяли по Пирсону, нулевую гипотезу H_0 отвергали только на уровне значимости, полученной после применения поправки Бонферрони на множественные сравнения ($p \approx 0,05/703 \approx 0,0000711$).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Как уже говорилось выше, немногие из применяемых в России «часто-употребляемых» морфометрических измерений совпадают с таковыми для иностранных работ. Согласно биометрическому подходу, часть измерений может быть избыточной, подобные, дублирующие друг друга, данные необходимо удалять. Это позволит сократить количество измерений, а с другой стороны – сэкономит массу времени для исследовательских коллективов.

Для этого необходимо выявить полный список наиболее коррелирующих между собой параметров. Он представлен в табличной форме ниже (табл. 1).

Из таблицы 1 видно, что с высокой вероятностью можно точно предсказывать как минимум 12 морфометрических признаков только лишь на основании двух-одного из значений линейного тела рыбы (например, AC или AB) и веса рыбы. Отметим, что часть величин коррелирует друг с другом в пределах 0,5-0,6 (при низком уровне значимости $p < 0,0001$), что позволяет, при необходимости, производить прогнозирование и для ряда других значений, хотя и с меньшей точностью. Например, длина головы коррелирует с наименьшей и наибольшими размерами тела, постдорсальным расстоянием и основанием D и др., в пределах $r = 0,5-0,65$.

Неудовлетворительно коррелируют с другими почти все меристические признаки (например, число лучей в плавниках или жаберных тычинок в первой жаберной дуге, как и количество позвонков), как и ширина лба, биологический пол и возраст рыбы. Таким образом, необходимо произвести ранжирование признаков.

Таблица 1. Список некоторых основных попарных корреляций между значениями морфометрических признаков по Пирсону / **Table 1.** A list of some of the main pairwise correlations between the values of morphometric data according to Pearson

№	Признак 1	Признак 2	Уровень связи (r)*
1	длина тела по Смитту (ac) длина тела без С (ad) длина тела по Смитту (ac)	длина всей рыбы (ab)	0,964
		длина всей рыбы (ab)	0,961
		длина тела без С (ad)	0,964
2	вес рыбы	наибольшая высота тела (qh)	0,857
		антедорсальное расстояние (aq)	0,825
		антевентральное расстояние (az)	0,853
		антеанальное расстояние (ay)	0,860
		расстояние между Р и V (vz)	0,839
3	антедорсальное расстояние (aq)	антевентральное расстояние (az)	0,826
		антеанальное расстояние (ay)	0,846
		дина нижней лопасти С	0,755
		расстояние между Р и V (vz)	0,755
		дина верхней лопасти С	0,722
4	антевентральное расстояние (az)	антеанальное расстояние (ay)	0,930
		дина нижней лопасти С	0,759
		расстояние между Р и V (vz)	0,923
5	антеанальное расстояние (ay)	расстояние между Р и V (vz)	0,891
		расстояние между V и A (zy)	0,796
6	длина верхней лопасти С	длина нижней лопасти С	0,853
7	длина головы (ao)	антеанальное расстояние (ay)	0,722
		антевентральное расстояние (az)	0,717
		антедорсальное расстояние (aq)	0,716
		заглазничный отдел головы (po)	0,735
8	наибольшая высота тела (qh)	расстояние между Р и V (vz)	0,735
		антевентральное расстояние (az)	0,742
		антеанальное расстояние (ay)	0,749

Примечание: * – все указанные корреляции при $p < 0,0000711$

Для этих целей мы применили метод главных компонент, суть которого в редукции всего объема данных до такого их количества, чтобы можно было провести разброс значений (дифференцировать) в двумерном поле, с наименьшей потерей значений [15]. Для оценки доверительного интервала был применен метод бутстреппирования (1000 итераций).

В случае применения ковариационного подхода при расчетах, на первый компонент приходится 63,5% общей дисперсии (от 58,8 до 68,2% в 95% CI) в итоговых значениях. На второй компонент приходится в среднем 30,5% (26 до 34% в 95% CI), и на третий компонент приходится чуть менее 1%. Таким образом, на три первые компонента приходится чуть более 95% всей дисперсии.

Таблица 2. Значения морфометрических признаков, спрогнозированных для валидационной выборки, а также для выборок сельди южного Сахалина / **Table 2.** Values of morphometric data predicted for the validation sample, as well as for samples of southern Sakhalin herring.

№	Морфометрический признак	Эталон (валидация)	Прогноз (валидация)	Прогноз (о.Сахалин)
1	Вес рыбы, гр	129,8±25,4	137,1±20,7	199,1±76,0
2	Расстояние между Р и V (vz)	76,8±5,7	76,6±4,8	88,0±10,0
3	Длина нижней лопасти С	46,8±2,9	46,9±2,6	49,8±7,0
4	Антеанальное расстояние (ay)	170,0±11,5	169,3±10,1	180,8±22,7
5	Длина верхней лопасти С	42,6±3,1	43,6±2,7	47,1±6,19
6	Длина всей рыбы (ab)	267,5±22,1	259,1±16,6	280,2±39,7

Примечание: Представлены в качестве примера только те величины, которые демонстрировали высокий уровень корреляции между собой, согласно таблице 1.

Определим, какие из признаков коррелируют с этими компонентами. С первым коррелирует АВ, АС, АД – 62, 57, 54%, соответственно. Со вторым компонентом коррелируют вес рыбы (93%), антедорсальное расстояние (14%), антеанальное (21%), антевентральное (16%), постдорсальное (10%) и расстояние между Р и V (11%). С третьим – отрицательная связь у параметров длины тела рыбы АВ (–60%), вес рыбы (–21%) и т.д.

Следовательно, преобладающая часть всей изменчивости данных приходится на те же самые признаки, которые, согласно таблице 1, взаимосвязаны друг с другом. Помимо того, что мы можем уменьшить размерность данных (редукция), мы, также имея ограниченный набор данных, можем с высокой точностью прогнозировать более десятка морфометрических признаков, на которые придется более 95% всей биологической изменчивости сельди, как в акватории Охотского моря, так и в близлежащих от него.

Воспользуемся ИНС для получения этих данных для выборок, например, из южной части акватории Охотского и Японского морей (275 особей). Средние значения, спрогнозированные для морфометрических признаков, коррелирующих с сильной и очень сильной связью друг с другом, а также стандартное отклонение для них представлены в таблице 2.

Стоит отметить, что в таблице 2 не представлены часть морфометрических данных, однако нейронная сеть очень хорошо предсказала значения, например, для таких признаков как: расстояние между V и A (zy) – отклонение от эталонных величин в пределах 1,2%, возраст рыб – отклонение не более 0,9%, количество позвонков – 0,6%, длина хвостового стебля – 2,0% и длина нижней челюсти – 0,25%. Часть признаков была предсказана неудовлетворительно, например, пол рыбы – отклонение составило 10% и более, ширина лба рыбы >30%.

Однако последние значения не умаляют предлагаемого нами подхода в исследованиях морфометрии в частности и биологического разнообразия в целом. Решением будет просто нахождение оптимальной структуры нейронной сети и поиск таких ее весов, при которых отклонение было бы минимально по всем из исследуемых признаков. В целом возможно применять данный подход к биоресурсам любого типа, единственное необходимое, пожалуй, условие – данные должны существенно коррелировать друг с другом.

Что касается значений, полученных в таблице 2, они согласуются с данными о том, что сельдь северной части Охотского моря несколько меньше как по темпам роста, так и по ряду

морфометрических признаков, по сравнению с сельдью из южной части этой акватории и из Японского моря. Несомненно, в части значений эти величины могут перекрывать друг друга, что требует дополнительных исследований.

В качестве заключения отметим, что современные методы, такие как алгоритмы машинного обучения, демонстрируют хорошую применимость в различных областях исследований. В первую очередь это относится к тем данным, получение которых сопряжено с рутинными анализами, в этих случаях нейронные сети могут не только сократить время исследования, но и получать различные виды данных, пропущенных при анализе в прошлых временных периодах.

Исходя из опубликованных нами значений (табл. 2), мы предполагаем возможность создания программного продукта для морфометрических исследований, который способен производить прогнозирование недостающих значений только лишь по части имеющихся измерений, в независимости от анализируемого объекта и географии исследований. Подобного рода программный продукт может быть совмещен со стадией видео и фото-фиксации образцов, с последующим анализом морфометрических данных с применением алгоритмов преобразования Фурье. Подобный подход в конечном итоге позволит вообще отказаться от «классического» порядка проведения морфометрических измерений.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают искреннюю признательность Э.Р. Ившиной («СахНИРО») за помощь в сборе первичного материала.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад в работу авторов **Горбачев В.В.** – идея статьи, сбор материала, написание и корректировка текста, обработка графики и создание матмодели; **Смирнов А.А.** – сбор материала, руководство при подготовке рукописи, окончательная верстка и проверка; **Метелев Е.А.** – подготовка рукописи, внесение правок.

*The authors declare that there is no conflict of interest. Contribution to the work of the authors **Gorbachev V.V.** – the idea of the article, collecting material, writing and correcting text, processing graphics and creating a matmodel; **Smirnov A.A.** – collecting material, guidance in preparing the manuscript, final layout and verification; **Metelyov E.A.** – preparing the manuscript, making edits.*

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

1. Конвенция «О биологическом разнообразии» от 5 июня 1992 года. // «Собрание законодательства Российской Федерации. Москва. 6.05.1996. С. 2254.

2. Rogers A.D., Appeltans W., Assis J., [et al.]. Discovering Marine Biodiversity in the 21st Century // Adv. Marine Biology. 2022. V. 93. Pp. 23-115. DOI:10.1016/bs.amb.2022.09.002
3. Boeuf G. Marine Biodiversity Characteristics. // C R Biol. 2011. V. 334. Pp. 435-440. DOI:10.1016/j.crv.2011.02.009
4. Miller R.S., Odum E.P. Fundamentals of Ecology // Oikos. 1954. 134 p. DOI:10.2307/3564656.
5. Nei M., Kumar S. Molecular Evolution and Phylogenetics – Oxford: Oxford Univ. Press. 2000. 333 p. ISBN 978-0-19-513585-5
6. Gorbachev V.V. Migrations as a Reason for Genetic Homogeneity of Pacific Herring (*Clupea Pallasii*) from the Sea of Okhotsk // Russian Journal of Genetics Applied Research. 2013. V. 3. Pp. 203-208. DOI:10.1134/S2079059713030052
7. Gorbachev V.V., Lapinskiy A.G., Prikoki O.V., Solovenchuk L.L. Modeling the Dynamics of the Effective Population Size of the Okhotsk Sea Pollock in the Holocene Era on the Basis of Genetic Variability in the Nd2 and Cytb mtDNA Loci // Russian Journal of Genetics. 2014. V. 50. Pp. 763-768. DOI:10.1134/S1022795414070072
8. Смирнов А.А. Биология, распределение и состояние запасов гижигинско-камчатской Сельди. – Магадан: СВГУ. 2014. 179 с.
9. Николенко С., Кадурин А., Архангельская Е. Глубокое обучение. Погружение в Мир Нейронных Сетей – СПб: Питер. 2018. 480 с.
10. Samuel O.M., Casanova P.M., Olopade J.O. Elliptical Fourier Descriptors of Outline and Morphological Analysis in Caudal View of Foramen Magnum of the Tropical Raccoon (*Procyon Cancrivorus*) (Linnaeus, 1758) // Morphologie. 2018. V. 102. Pp. 31-40. DOI:10.1016/j.morpho.2017.06.001
11. Nurdalila A.A., Bunawan H., Kumar S.V. [et al.]. Homogeneous Nature of Malaysian Marine Fish *Epinephelus Fuscoguttatus* (Perciformes; Serranidae): Evidence Based on Molecular Markers, Morphology and Fourier Transform Infrared Analysis // Int J Mol Sci. 2015. V. 16. Pp. 14884-14900. DOI:10.3390/ijms160714884
12. Bahmani L., Aboonajmi M., Arabhosseini A., Mirsaedghazi H. ANN Modeling of Extraction Kinetics of Essential Oil from Tarragon Using Ultrasound Pre-Treatment // Engineering in Agriculture, Environment and Food. 2018. V. 11. Pp. 25-29. DOI:10.1016/j.eaef.2017.10.003
13. Gorbachev V.V., Nikitina M., Velina D. [et al.]. Artificial Neural Networks for Predicting Food Antiradical Potential // Applied Sciences. 2022. V. 12. Pp. 6290. DOI:10.3390/app12126290
14. Behroozi K., Tavakoli T., Ghassemian H., Khoshtaghaza M.H., Banakar A. Applied Machine Vision and Artificial Neural Network for Modeling and Controlling of the Grape Drying Process // Computers and Electronics in Agriculture. 2013. V. 98. Pp. 205-213. DOI:10.1016/j.compag.2013.08.010
15. Sokal R.R., Rohlf F.J. Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research/ R.R. Sokal, [Extensively rev.] 4th ed. – New York: Freeman W.H. 2012. 915 p. ISBN 978-0-7167-8604-7
2. Rogers A.D., Appeltans W., Assis J. [et al.] (2022). The discovery of marine biodiversity in the 21st century // Adv. Marine Biology. Vol. 93. Pp. 23-115. DOI:10.1016/bs.amb.2022.09.002
3. Bef G. (2011). Characteristics of marine biodiversity. // C.R. Biol. V. 334. Pp. 435-440. DOI:10.1016/j.crv.2011.02.009. Biological Journal
4. Miller R.S., Odum E.P. Fundamentals of ecology // Oikos. 1954. 134 p. DOI:10.2307/3564656
5. Ney M., Kumar S. Molecular evolution and phylogenetics – Oxford: Oxford University. Click. 2000. 333 p. ISBN 978-0-19-513585-5
6. Gorbachev V.V. Migration as a cause of genetic homogeneity of Pacific herring (*Clupea Pallasii*) from the Sea of Okhotsk // Russian Journal of Applied Genetic Research. 2013. Vol. 3. pp. 203-208. DOI:10.1134/S2079059713030052
7. Gorbachev V.V., Lapinsky A.G., Prikoki O.V., Solovenchuk L.L. Modeling the dynamics of the effective pollock population of the Sea of Okhotsk in the Holocene epoch based on genetic variability in mtDNA Nd2 and Cytb loci // Russian Journal of Genetics. 2014. vol. 50. Pp. 763-768. DOI:10.1134/S1022795414070072
8. Smirnov A.A. Biology, distribution and condition of stocks of Gizhiginsky-Kamchatka Herring. – Magadan: SVSU. 2014. 179 p. (In Rus.)
9. Nikolenko S., Kadurin A., Arkhangelskaya E. (2018). Deep learning. Introduction to the world of neural networks – St. Petersburg: Peter. 480 p. (In Rus.)
10. Samuel O.M., Casanova P.M., Olopade J.O. (2018). Elliptical Fourier contour descriptors and morphological analysis when looking from behind at the occipital foramen of a tropical raccoon (*Procyon Cancrivorus*) (Linnaeus, 1758) // Morphology. Issue 102. Pp. 31-40. DOI:10.1016/j.morpho.2017.06.001
11. Nurdalila A.A., Bunawan H., Kumar S.V. [et al.]. (2015). The homogeneous nature of the Malaysian marine fish *Epinephelus Fuscoguttatus* (Perciformes; Serranidae): evidence based on molecular markers, morphology and infrared analysis with Fourier transform // Int J Mol Sci. V. 16. pp. 14884-14900. DOI:10.3390/ijms160714884
12. Bahmani L., Abunajmi M., Arabhosseini A., Mirsaedghazi H. (2018). Modeling of the kinetics of extraction of essential oil from tarragon using ultrasound pretreatment // Engineering in agriculture, environment and food. Vol. 11. Pp. 25-29. DOI:10.1016/J.eaef.2017.10.003
13. Gorbachev V.V., Nikitina M., Velina D. [et al.]. (2022). Artificial neural networks for predicting the antiradical potential of food products // Applied Sciences. Vol. 12. p. 6290. DOI:10.3390/app12126290
14. Behruzi K., Tavakoli T., Ghassemian H., Khoshtaghaza M.H., Banakar A. (2013). Application of machine vision and artificial neural network for modeling and controlling the process of drying grapes // Computers and electronics in agriculture. Vol. 98. Pp. 205-213. DOI:10.1016/j.compag.2013.08.010
15. Sokal R.R., Rolf F.J. (2012). Biometrics: principles and practice of statistics in biological research / R.R. Sokal, [ed.] 4th ed. – New York: Freeman W.H. 915 p. ISBN 978-0-7167-8604-7

LITERATURE AND SOURCES

1. Convention on Biological Diversity of June 5, 1992. // "Collection of legislation of the Russian Federation. Moscow. 05/6/1996. p. 2254.

Материал поступил в редакцию/ Received 02.04.2024
Принят к публикации / Accepted for publication 05.04.2024



С ЮБИЛЕЕМ, ГАЛИНА ДМИТРИЕВНА!

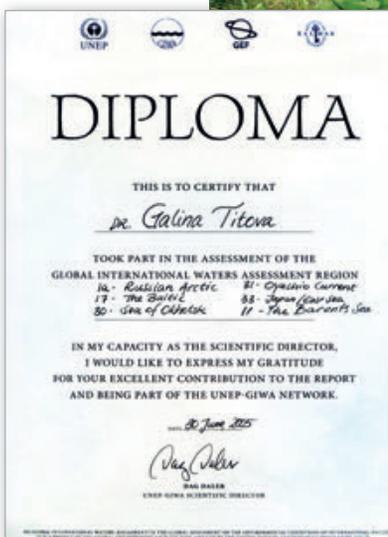
9 июня 2024 года свой юбилей отметила доктор экономических наук, профессор, научный консультант директора ВНИРО Галина Дмитриевна Титова.

Галина Дмитриевна была приглашена на работу в головной институт отрасли в июне 2021 года. Основанием для приглашения послужили уникальные знания по становлению теоретических основ жизнедеятельности Мирового океана в условиях устойчивого развития и комплексного морепользования. Среди ее безграничных знаний:

- методология и методы экономической оценки водного биологического капитала и экосистемных услуг;
- экономические и правовые проблемы охраны окружающей среды и природопользования;
- геополитика и устойчивое развитие;
- экономические основы экологически безопасного морепользования;
- экономический механизм защиты здоровья морских экосистем (включая полярные экосистемы).

Активная работа Г.Д. Титовой была замечена не только в России, но и в мировом научном сообществе. Ее пригласили участвовать в работе ЮНЕП (Программа ООН по окружающей среде) – в 2000-2006 гг. она представляла страну в разработке проекта UNEP/ GIWA / GEF «Global International Waters Assessment» («Глобальная оценка состояния международных вод»). В ее функции входили консультации по разработке методологии социо-эколого-экономической оценки устойчивости морских экосистем, координация работ и подготовка заключительных отчетов по прибрежным морям России, за что она была удостоена престижно-го Диплома.

Своими знаниями Галина Дмитриевна до сих пор делится с окружающим миром.



В ее творческом багаже более 300 публикаций, из них – 11 монографий, в том числе 5 – за рубежом. И это не просто научные отчеты, а интересные, полезные статьи, заставляющие по-настоящему анализировать ситуацию.

Человек редкой доброты, внимательности к окружающим, несмотря на всю свою занятость и ученость, Галина Дмитриевна всегда найдет время для того, чтобы сказать

слова поддержки, понимания и сочувствия.

И все-таки, в любой ситуации на первом месте всегда – преданность своему делу, переживания за судьбу рыбной отрасли и экологической обстановки в Мировом океане.

Спасибо Вам, дорогая Галина Дмитриевна за все Ваши благие дела!

Коллектив ВНИРО желает нашему уважаемому и любимому сотруднику на долгие годы сохранить молодость, бодрость духа, красоту и здоровье!

Друзья и сотрудники ВНИРО



Треска Западно-Камчатской подзоны: промысловое состояние с 2019 по 2023 годы

DOI: 10.36038/0131-6184-2024-3-41-45

Научная статья
УДК 639.223.3

Лисиенко Светлана Владимировна – доктор технических наук, доцент, заведующая кафедрой «Промышленное рыболовство», Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет (ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз»)
E-mail: lisienkosv@mail.ru

Адрес: Россия, 690087, Приморский край, Владивосток, Луговая улица, 52Б

Аннотация. В статье представлены результаты анализа промыслового состояния объекта добычи «треска»: динамика изменения объемов ОДУ и вылова, пользовательского состава по установленным и распределенным видам квот добычи в Западно-Камчатской зоне с 2019 по 2023 год.

Ключевые слова: квоты добычи, промышленное и прибрежное рыболовство, Западно-Камчатская подзона, общедопустимый улов, пользователи ресурсов

Для цитирования: Лисиенко С.В. Треска Западно-Камчатской подзоны: промысловое состояние с 2019 по 2023 годы // Рыбное хозяйство. 2024. № 3. С. 41-45. DOI: 10.36038/0131-6184-2024-3-41-45

COD OF THE WEST KAMCHATKA SUBZONE: COMMERCIAL STATUS FROM 2019 TO 2023

Svetlana V. Lisienko – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Industrial Fisheries, Far Eastern State Technical Fishing and Economic University (FGBOU VO «Dalrybvтуз»)

Address: Russia, 690087, Primorsky Krai, Vladivostok, Lugovaya Street, 52B

Annotation. The article presents the results of the analysis of the commercial state of the cod production facility: the dynamics of changes in the volume of ODE and catch, user ratio for established and distributed types of production quotas in the West Kamchatka zone from 2019 to 2023.

Keywords: production quotas, industrial and coastal fishing, West Kamchatka subzone, common catch, resource users

For citation: Lisienko S.V. (2024). Cod of the West Kamchatka subzone: commercial status from 2019 to 2023 // Fisheries. No. 3. Pp. 41-45. DOI: 10.36038/0131-6184-2024-3-41-45

Рисунки и таблицы – авторские / The drawings and tables were made by the author

Оценка промыслового состояния промысловых ресурсов носит системный характер и является важным этапом в процессах как стратегического планирования природных ресурсов, так и дальнейшего последовательного оперативно-календарного и текущего планирования рыбодобывающей деятельности во всех промысловых зонах рыбохозяйственных бассейнов. Существующая отраслевая система мониторинга дает реальную почву для анализа и обобщения показателей добычи водных

биоресурсов, определения имеющихся проблем и корректировки промысловой деятельности, оценки возможностей для ее оптимизации.

Учитывая большое разнообразие биоресурсов отечественных промысловых зон, освоение которых осуществляется разными добывающими судами и промысловыми технологиями так называемыми «пользователями» промысловых ресурсов, оценка их промыслового состояния должна производиться на основе «пообъектного

и позонного расчленения» с учетом долгосрочного долевого распределения [1; 2].

Этапами системного анализа промыслового состояния промысловых ресурсов являются современная схема стратегического планирования природных ресурсов, основанная на государственных нормативно-распорядительных и отчетных документах, промысловых прогнозах и сводках [3-9].

Представленные аналитические результаты исследования добычи одного из основных объектов названного промыслового района включают в себя в т.ч. анализ сведений по его пользователям. Период анализа с 2019 по 2023 год. Использовались системный подход, системный анализ и метод декомпозиции. Названные научные методологии и методы уже получили свое применение в процессе исследования состояния освоения основного промыслового ресурса Дальнего Востока – минтая [1; 2]. Данными для анализа явились вышеназванные документы.

С 2019 г. по 2023 г. в Западно-Камчатской подзоне на треску были установлены следующие объемы общедопустимых уловов (ОДУ): в 2019 г. – 5200 т., в 2020 г. – 4400 т, в 2021 г. – 6700 т, в 2022 г. – 5000 т, в 2023 г. – 4800 т [8]. Суммарно на всем периоде ОДУ был установлен на 26100 тонн. Динамика изменения значений ОДУ имела волнообразный характер. Так, в 2020 г. произошло снижение объемов на 18,2% по сравнению с 2019 г., в 2021 г. произошло их повышение по сравнению с 2020 г. на 52,3%. Далее, с 2021 г. по 2023 г., объемы ОДУ снижались: в 2022 г. к 2021 г. на 34%, в 2023 г. к 2022 г. на 4,2%, достигнув в 2023 г. фактического значения объемов ОДУ 2018 г. – 4800 тонн.

Освоение промыслового объекта «треска» в Западно-Камчатской подзоне осуществлялось круглогодично в каждом исследуемом году [7-8].

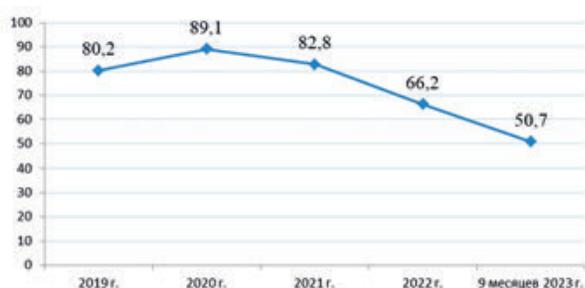


Рисунок 1. Динамика изменения степени освоения ОДУ суммарно по всем выделенным и распределенным видам квот с 2019 г. по 9 месяцев 2023 г., тонн

Figure 1. Dynamics of changes in the degree of development of ODE in total for all allocated and distributed types of quotas from 2019 to 9 months of 2023, tons

Формирование объемов вылова по кварталам года с 2019 по 2022 г. представлено в таблице 1.

Из таблицы видно, что формирование ежегодного общего вылова происходит в зависимости от месяцев и сезонов, а также – что эти значения имеют разное весовое значение. Основные объемы вылова в каждом году формировались в его первой половине. Так, в 2019 г. удельный вес объемов вылова за первые 2 квартала составил 65,7% от общего объема вылова по итогам данного года, в 2020 г. – 67,1%, в 2021 г. – 83,9%, в 2022 г. – 83,7%. На всем исследовательском периоде сложилась следующая устойчивая тенденция. Наиболее «продуктивным» в каждом промысловом году являлся период с января по март. Наименее «активным», с точки зрения промысловой продуктивности, в каждом году являлся период с октября по декабрь. Причем, самым «неактивным» периодом для промысла трески в Западно-Камчатской подзоне был период года с июля по октябрь. В эти месяцы объемы вылова показывали минимальные значения, вплоть до полного их отсутствия, например, в июле и октябре. Анализ аналогичного формирования объемов вылова трески в 2023 г., по итогам 3-х кварталов, подтвердил общую тенденцию. Объемы вылова за полгода показали значение в 1980,0 т, что составило 71,5% от объемов вылова за аналогичный период 2022 года. За 9 месяцев 2023 г. уловы достигли значения в 2413 т, или 77,1% от объемов вылова за этот же период 2022 года. Сравнение объемов вылова за 9 месяцев 2023 г. и 2022 г. показало их снижение в 2023 г. на 22,9% к уровню 2022 года. Учитывая, что «основным» периодом формирования объемов вылова является первая половина года, можно предположить, что за оставшийся 4 квартал 2023 г. объемы вылова за календарный год не достигнут уровня 2022 г., при том, что объемы ОДУ по этим годам имеют близкие значения 5000 т в 2022 г. и 4800 т в 2023 г.

Промысловое состояние объекта добычи «треска» в Западно-Камчатской подзоне в позиции его качества (степень освоения) проанализировано на всем исследовательском периоде. На рисунке 1 представлена динамика изменения степени освоения ОДУ суммарно по всем выделенным и распределенным видам квот.

Данные показывают, что наблюдается снижение степени освоения данного промыслового объекта, начиная с 2021 г., на 7,1%. Темп снижения в 2022 г., в сравнении с 2020 г., – 25,7%, а с 2021 г. – 20,0%. За 9 месяцев 2023 г. темп снижения к 2020 г. составил 43,7%, к 2021 г. – 61,2%, к 2022 г. – 23,4%. При сравнении объемов вылова за 9 месяцев 2023 г. и такой же период 2022 г. зафиксировано их снижение. В связи с этим, предполагаемая степень освоения за 2023 г. составит порядка 60-62%.

ОДУ трески в Западно-Камчатской подзоне по видам квот распределялся в соответствии с Прика-

Таблица 1. Формирование объемов вылова по кварталам с 2019 по 2022 год /
Table 1. Formation of catch volumes by quarters from 2019 to 2022

Год	I квартал, т	II квартал, т	III квартал, т	IV квартал, т	Объем вылова за год, т
2019	1627,0	1112,0	1083,0	349,0	4171,0
2020	1657,0	972,0	674,0	616,0	3 919,0
2021	3507,0	1117,0	673,0	203,0	5550,0
2022	2097,0	673,0	359,0	180,0	3309,0
2023	1503,4	476,6	433,0	*	2413,0*

Примечание: * – сведения о выловах за 9 месяцев 2023 г. [15]

зом Министерства сельского хозяйства Российской Федерации [3]. Удельный вес, распределенных (установленных) объемов по видам квот в объемах ОДУ, по годам составил: в 2020 г. – 91,6%, в 2021 г. – 98,6%, в 2022 г. – 99,98%, в 2023 г. – 94,4%.

Объем квот для КМНС ежегодно на всем периоде составлял 26,0 тонн. Квоты на НИИКЦ в 2020 г. составляли 13,1 т., а с 2021 г. по 2023 г. имели значения по 8,00 т ежегодно. Объем квот для целей промысла, включая прибрежное, составлял в 2020 г. 91,6% от объема распределенного ОДУ или 3940,41 т, в 2021 г. – 97,03% или 6411,81 т, в 2022 г. – 79,4% или 3971,43 т, в 2023 г. – 88,8% или 4264,47 тонн. Объемы инвест-квот с 2020 г. по 2022 г. ежегодно увеличивались. Так, в 2020 г. на данный вид квот было распределено 52,99 т от ОДУ соответствующего года, в 2021 г. – 161,98 т от ОДУ этого года, в 2022 г. – 993,2 т от ОДУ 2022 года. Причем, фактически в этом году по пользователям было распределено только 241,35 т из установленных на данный вид квоты объемов, что составило 24,3%. В 2023 г. объем распределенных инвест-квот составил 231,63 т от ОДУ 2023 г. [4].

На рисунке 2 представлено среднегодовое распределение объемов добычи трески по видам квот с 2020 г. по 2023 год.

Из представленного распределения по видам квот очевидно, что в период 2020-2023 гг. основными видами распределения объемов квот являлись цели промышленного и (или) прибрежного рыболовства. Соотношение объемов названных видов квот по годам представлено на рисунке 3.

Скачки «повышение» в 2021 г. и «снижение» в 2022 г. обусловлены установлением в 2021 г. объема ОДУ на 34,3% больше, чем в 2020 г., а также снижением объема ОДУ в 2022 г. на 25,4% по сравнению с 2021 годом.

В 2020 г. для промышленного рыболовства распределено 72,4% объемов квот, установленных для основных целей рыболовства, в 2021 г. – 81,4%, в 2022 г. – 82,2%, в 2023 г. – 81,5%. Общее количество пользователей промыслового ресурса «треска» в данной подзоне с названным «целевым» назначением составило в 2020 г. и 2021 г. – 32 ед. ежегодно, в 2022 г. – 35 ед., в 2023 г. – 29 ед. [5]. Распреде-



Рисунок 2. Среднегодовое распределение объемов добычи трески по видам квот с 2020 г. по 2023 г., тонн

Figure 2. Average annual distribution of cod production volumes by quota types from 2020 to 2023, tons

ние по целям: только промышленное рыболовство/ только прибрежное рыболовство/ промышленное и прибрежное рыболовство было представлено следующими пользовательскими составами – в 2020 г. – 21/9/2, в 2021 г. – 23/8/1, в 2022 г. – 26/9/0, в 2023 г. – 21/8/0. Изменение количества пользователей наблюдалось, начиная с 2022 г., темп снижения составил 17,1%. Изменение распределения квот по целям рыболовства в целом имело стабильное состояние за исключением ежегодного уменьшения количества предприятий, имеющих совместные квоты – промышленное и прибрежное рыболовство. Так, в 2020 г. таких пользователей было 2 ед., в 2021 г. – 1 ед., а в 2022 г. и 2023 г. они полностью исчезли. Кроме того, с 2020 г. по 2023 г. имелись пользователи с инвест-квотами. Причем, их численность с 2020 г. по 2022 г. увеличивалась: в 2020 г. их было 1 ед., в 2021 г. – 2 ед., в 2023 г. и 2024 г. – 4 ед.

Объемы квот [4-6] находились в диапазоне до 10 т – свыше 500 т, которые были сгруппированы следующим образом: до 10 т, от 10 до 50 т, от 50 т до 100 т, от 100 т до 500 т, свыше 500 тонн. В ди-

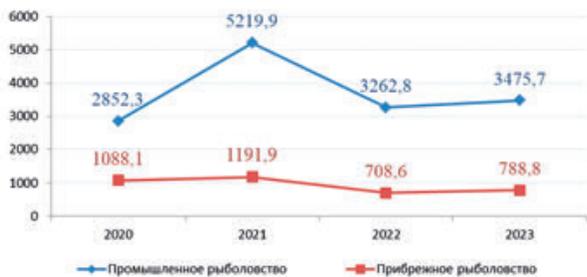


Рисунок 3. Объемы распределенных с 2020 по 2022 гг. квот по видам рыболовства, тонн
Figure 3. The volume of quotas distributed from 2020 to 2022 by type of fishing, tons

апазоне с квотами до 10 т в 2020 г. находилось 4 ед. пользователей или 12,5% от всего количества пользователей этого года, в 2021 г. – 2 ед. (6,2%), в 2022 г. – 6 ед. (17,1%), в 2023 г. – 4 ед. (13,8%). Следующий диапазон квот от 10 до 50 т имели в 2020 г. 12 ед. (37,5%), в 2021 г. – 9 ед. (28,1%), в 2022 г. – 12 ед. (34,3%), в 2023 г. – 11 ед. (37,9%). Квотами от 50 до 100 т ежегодно обладали в 2020 г. и 2021 г. – 4 ед. (12,5%), в 2022 г. – 5 ед. (14,3%), в 2023 г. – 3 ед. (10,3%). Объемы квот от 100 до 500 т находились в распоряжении в 2020 г. и 2022 г. у 11 ед. (34,7% и 31,4% соответственно по годам), в 2021 г. – у 15 ед. (46,9%), в 2023 г. – у 9 ед. (31,0%). Квоты свыше 500 т имели в 2020 г. и 2022 г. – по 1 ед. (3,1% и 2,9%, соответственно по годам), в 2021 г. и 2023 г. – по 2 ед. (6,25% и 6,9%, соответственно по годам). Анализируя динамику изменения объемов квот у пользователей по годам, можно сказать следующее. В 2020-2021 гг., при одинаковой численности пользователей (32 ед.), в 2021 г. произошло перераспределение объемов в сторону умень-

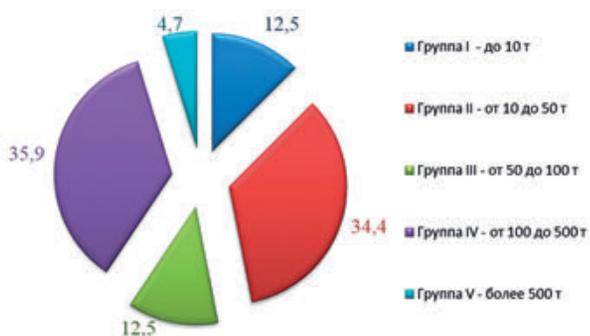


Рисунок 4. Средневзвешенное годовое «пользовательское» распределение объемов квот по выделенным диапазонам объемов, %
Figure 4. Weighted average annual «user» allocation of quota volumes by selected volume ranges, %

шения количества пользователей диапазонов до 10 т и от 10 до 50 т, в сторону увеличения диапазонов (укрупнение объемов) от 100 до 500 т и свыше 500 т. В 2022 г., за счет увеличения количества пользователей первого диапазона, произошло и общее увеличение пользователей – до 35 ед. В этом году одновременно увеличилось количество пользователей с перераспределенными объемами в сторону их увеличения. В 2023 г. произошло как общее снижение количества пользователей до 29 ед., так и его сокращение по диапазонам объемов квот от 50 до 100 т и от 100 до 500 т. На рисунке 4 представлено средневзвешенное годовое «пользовательское» распределение объемов квот по выделенным диапазонам объемов.

Данные диаграммы свидетельствуют о сложившейся, в этом исследовательском периоде, устойчивой тенденции к превалированию в общей структуре пользователей, имеющих объемы квот из второго (34,4% к общему количеству пользовательских организаций) и четвертого (35,9% к общему количеству пользовательских организаций) диапазонов: от 10 до 50 т и от 100 до 500 тонн. Наименьший удельный вес пользователей составили организации с объемами квот 5-го интервала – свыше 500 т (4,7%). При анализе состава пользователей, осуществляющих фактическое освоение, имеющих у них квот, было отмечено, что, например, за 9 месяцев 2023 г. из 29 таких пользователей реальную промысловую деятельность – освоение своих квот или освоение «совместно» квот с другими пользователями, осуществляли порядка 21-22 организаций.

Проведенный анализ показал, что имеется ряд организационных и технико-технологических «узких» мест в освоении данного объекта. Учитывая тот факт, что, начиная с 2022 г., распределение ОДУ на него в Западно-Камчатской подзоне производится по принципу «перераспределения» добычи между данной подзоной и Камчатско-Курильской подзоной, для полного понимания и оценки освоения необходимо в дальнейшем произвести аналогичное исследование второй подзоны и провести их соотнесение между собой посредством совместного анализа.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

1. Лисиенко С.В. Анализ распределения квот добычи минтая между пользователями в зоне «Охотское море» с 2015 по 2022 годы // Рыбное хозяйство. №5. 2023. С. 23-29.
2. Лисиенко С.В. Северо-Курильская зона: «пользовательский состав» промыслового ресурса минтай с 2015 по 2022 годы // Рыбное хозяйство. № 6. 2023. С. 16-21.
3. Приказы Министерства сельского хозяйства Российской Федерации «Об утверждении общего допустимого улова водных биологических ресурсов во внутренних морских водах Российской Федерации,

- в территориальном море Российской Федерации, на континентальном шельфе Российской Федерации, в исключительной экономической зоне Российской Федерации и Каспийском море» [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <http://fish.gov.ru/> (дата обращения: 16.02.2024 г.).
4. Приказы Министерства сельского хозяйства Российской Федерации «О распределении общих допустимых уловов водных биологических ресурсов Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна применительно к видам квот их добычи (вылова)» [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <http://fish.gov.ru/> (дата обращения: 16.02.2024 г.).
 5. Приказы Министерства сельского хозяйства Российской Федерации (Федеральное агентство по рыболовству) «О распределении объема части общего допустимого улова водных биологических ресурсов, утвержденного применительно к квоте добычи (вылова) водных биологических ресурсов во внутренних морских водах Российской Федерации, в территориальном море Российской Федерации, на континентальном шельфе Российской Федерации, в исключительной экономической зоне Российской Федерации для осуществления промышленного и (или) прибрежного рыболовства по пользователям в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне» [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <http://fish.gov.ru/> (дата обращения: 16.02.2024 г.).
 6. Приказы Министерства сельского хозяйства Российской Федерации «О распределении объема части общего допустимого улова водных биологических ресурсов, утвержденного применительно к квоте добычи (вылова) водных биологических ресурсов, предоставленной на инвестиционные цели в области рыболовства, для осуществления промышленного и (или) прибрежного рыболовства по пользователям в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне» [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <http://fish.gov.ru/> (дата обращения: 16.02.2024 г.).
 7. Сведения об улове рыбы, добыче других водных биоресурсов за периоды «январь-март», «январь-июнь», «январь-сентябрь», «январь-декабрь» 2019, 2020, 2021, 2022 гг. (Форма № 1-П (рыба)) [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <http://fish.gov.ru/> (дата обращения: 16.02.2024 г.).
 8. Сведения об улове рыбы, добыче других водных биоресурсов за периоды «январь-март», «январь-июнь», «январь-сентябрь» 2023 г. (Форма № 1-П (рыба)) [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <http://fish.gov.ru/> (дата обращения: 16.02.2024 г.).
 9. Постановление Правительства РФ от 23.08.2018 N 987 (ред. от 25.01.2022) «О распределении квот добычи (вылова) водных биологических ресурсов в соответствии с частью 12 статьи 31 Федерального закона «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» и признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации» [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_305899/ (дата обращения: 16.02.2024 г.).
- zone from 2015 to 2022 // Fisheries. No.5. Pp. 23-29. (In Rus., abstract in Eng.).
2. Lisienko S.V. (2023). North Kuril zone: “user composition” of the pollock fishing resource from 2015 to 2022 // Fisheries. No. 6. Pp. 16-21. (In Rus., abstract in Eng.).
 3. Orders of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation “On approval of the total allowable catch of aquatic biological resources in the Internal sea waters of the Russian Federation, in the Territorial Sea of the Russian Federation, on the continental Shelf of the Russian Federation, in the Exclusive Economic zone of the Russian Federation and the Caspian Sea” [Electronic resource]. The access mode is free. URL: <http://fish.gov.ru/> (date of application: 02/16/2024). (In Russ.).
 4. Orders of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation “On the distribution of total allowable catches of aquatic biological resources of the Far Eastern fisheries basin in relation to the types of quotas for their extraction (catch)” [Electronic resource]. The access mode is free. URL: <http://fish.gov.ru/> (date of application: 02/16/2024). (In Russ.).
 5. Orders of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation (Federal Agency for Fisheries) “On limiting the volume of a part of the Total Allowable Catch of Aquatic Biological Resources Approved in relation to the quota of extraction (catch) of aquatic Biological Resources in the Internal Sea Waters of the Russian Federation, in the Territorial Sea of the Russian Federation, on the continental Shelf of the Russian Federation, in the exclusive economic zone of the Russian Federation for the implementation of industrial and (or) coastal fishing by users in the Far Eastern Fisheries basin” [Electronic resource]. The access mode is free. URL: <http://fish.gov.ru/> (date of application: 02/16/2024). (In Russ.).
 6. Orders of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation “On the distribution of the volume of a part of the total allowable catch of aquatic biological resources approved in relation to the quota of extraction (catch) of aquatic biological resources provided for investment purposes in the field of fisheries for industrial and (or) coastal fishing by users in the Far Eastern Fisheries Basin” [Electronic resource]. The access mode is free. URL: <http://fish.gov.ru/> (date of application: 02/16/2024).
 7. Information on fish catch, extraction of other aquatic biological resources for the periods “January-March”, “January-June”, “January-September”, “January-December” 2019, 2020, 2021, 2022. (Form No. 1-P (fish)) [electronic resource]. The access mode is free. URL: <http://fish.gov.ru/> (date of reference: 02/16/2024). (In Russ.).
 8. Information on fish catch, extraction of other aquatic biological resources for the periods “January-March”, “January-June”, “January-September” 2023 (Form No. 1-P (fish)) [electronic resource]. The access mode is free. URL: <http://fish.gov.ru/> (date of access: 02/16/2024). (In Russ.).
 9. Resolution of the Government of the Russian Federation dated 08/23/2018 No. 987 (ed. dated 01/25/2022) “On the allocation of quotas for the extraction (catch) of aquatic biological resources in accordance with Part 12 of Article 31 of the Federal Law “On Fisheries and Conservation of Aquatic Biological Resources” and the invalidation of certain acts of the Government of the Russian Federation” [Electronic resource]. The access mode is free. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_305899/ / (date of application: 02/16/2024). (In Russ.).

LITERATURE AND SOURCES

1. Lisienko S.V. (2023). Analysis of the distribution of pollock production quotas between users in the Okhotsk Sea

Материал поступил в редакцию / Received 27.03.2024
Принят к публикации / Accepted for publication 22.05.2024



История промысла и современное состояние щуки (*Esox Lucius*) в Волго-Каспийском рыбопромысловом районе

DOI: 10.36038/0131-6184-2024-3-46-51

Обзорная статья
УДК 597-19:639.2/3 (262.81)

Сокольский Аркадий Федорович – доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры Инженерных систем и экологии, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, Россия, Астрахань
E-mail: a.sokolsky@mail.ru

Адрес: Россия, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 18

Аннотация. В приводимой статье анализируются материалы по уловам щуки за последние 90 лет. Приводятся сведения о причинах повышения ее уловов в период 2010-2017 гг. и последующего их снижения в настоящее время. Указаны экологические факторы, влияющие на результаты ее промысла. Сделан вывод от том, что в настоящее время запасы щуки в западной части авандельты Волги небольшие и поэтому общедопустимый улов (ОДУ) по ее изъятию не должен превышать 3 тысяч тонн.

Ключевые слова: промысел, щука, орудия лова, экологические факторы, общий допустимый улов

Для цитирования: Сокольский А.Ф. История промысла и современное состояние щуки (*Esox Lucius*) в Волго-Каспийском рыбопромысловом районе // Рыбное хозяйство. 2024. № 3. С. 46-51.
DOI: 10.36038/0131-6184-2024-3-46-51

THE HISTORY OF FISHING AND THE CURRENT STATE OF PIKE (*ESOX LUCIUS*) IN THE VOLGA-CASPIAN FISHING AREA

Arkady F. Sokolsky – Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of the Department of Engineering Systems and Ecology, Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Russia, Astrakhan

Address: Russia, 414056, Astrakhan, Tatishcheva str., 18

Annotation. This article analyzes the materials on pike catches over the past 90 years. Information is provided on the reasons for the increase in its catches in the period 2010-2017 and their subsequent decrease at the present time. The environmental factors influencing the results of its fishing are indicated. It is concluded that currently pike stocks in the western part of the Avandalta Volga are small and therefore the generally acceptable catch (ODE) for its withdrawal should not exceed 3 thousand tons.

Keywords: fishing, pike, fishing gear, environmental factors, total allowable catch

For citation: Sokolsky A.F. (2024). The history of fishing and the current state of pike (*Esox Lucius*) in the Volga-Caspian fishing area // Fisheries. No. 3. Pp. 46-51. DOI: 10.36038/0131-6184-2024-3-46-51

Таблицы – авторские / The tables were made by the author

ВВЕДЕНИЕ

На протяжении многих лет изучением биологии и состояния запасов обыкновенной щуки в дельте Волги посвятили свои работы многие авторы. Среди первых исследователей следует выделить материалы по щуке Н.М. Книповича [1], приводимые в его уникальной моногра-

фии, вышедшей в 1923 г. «Каспийское море и ее промыслы». В этот период значительный вклад в изучение обыкновенной щуки внесла В.С. Танасийчук [2], А.Ф. Коблицкая [3], которые рассмотрели особенности ее биологии и условия нереста в дельте Волги до зарегулирования ее русла в нижнем течении. После зарегулиро-

вания в 1960 г. нижнего течения Волги плотинной Волгоградской ГЭС изучением ее темпа роста и плодовитости долгие годы занималась Э.Л. Орлова [4; 5], а с конца 70-х годов прошлого века на протяжении более 30 лет изучением биологии и запасов щуки занималась Л.С. Ермилова, многочисленные публикации которой опубликованы в ее кандидатской диссертации [6], а также в работах ее научного руководителя, доктора биологических наук А.И. Кушнаренко [7]. **Целью настоящей работы** является анализ результатов промысла щуки в 2020-2023 годах и влияние на него ряда экологических факторов.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Щука была важным объектом промысла на всей долгой истории эксплуатации рыбных ресурсов в дельте и авандельте р. Волга (*табл. 1*). Максимальные уловы щуки в количестве 10,1 тыс. т наблюдались в 1955 г. до момента зарегулирования русла Волги плотинной Волгоградской ГЭС в 1960 году. Впоследствии они снизились и, начиная с 1980 по 2000 годы, редко превышали 3 тыс. тонн.

Следует особо подчеркнуть, что в 1995, 1996, 1997 годах, когда ОДУ щуки не превышал 2,5-2,8 тыс. т, освоение квоты, как видно из таблицы 1, составляло 100% и более. В 1998 г. ОДУ был увеличен до 4,8 тыс. т, ее освоение составило 3,1 тыс. т, т.е. 64,6% от квоты. В 2005 г. Россия ввела мораторий на промысел осетровых видов рыб. И, начиная с 2008 г., спрос на щучью икру резко возрос. Для решения этой проблемы, как частного случая, т.к. уловы и других частичковых видов рыб резко снизились, было принято решение уменьшить площадь запретного для промысла Волжского предустьевого пространства с 8280,36 км² до 1592,33 км², т.е. в 5 раз. В этом случае ареал промысла, в частности щуки, был значительно увеличен. Вместо 2000 км² до 2009 г. он возрос

до 8688 км², т.е. в 4,3 раза. Понятно, что, когда промысел начали вести до того в заповедной зоне, уловы щуки резко возросли и, по данным В.П. Иванова и др. [8], с 2010 по 2017 год они держались на уровне 5 тыс. тонн. Естественно, что такие уловы щуки, по ряду причин, долго держаться не могли: произошло естественное истощение запасов щуки, усилилось обсыхание авандельты, ввиду падения уровня Каспийского моря, и произошло ухудшение и без того неблагоприятной экологической обстановки в дельте и авандельте Волги. Наглядный пример – уловы щуки за последние 4 года (*табл. 2*). Из таблицы видно, что промысловый вылов щуки за последние 4 года незначительно превышал 3 тыс. тонн. Аналогичный результат можно получить, если взять средний улов щуки с 1980 по 2000 г. (*табл. 1*) – 3,0 тыс. тонн. В 2023 г. вылов щуки стал провальным, так как освоение квоты 57,2% всеми рыбодобывающими организациями Астраханской области указывает, что как минимум часть предприятий не выполнили квоты по ее изъятию. Таким образом, можно заключить, что общая квота вылова щуки для предприятий Астраханской области, начиная с 2020 г. (5,02 тыс. тонн) завышена как минимум на 2,0 тыс. тонн.

Важным показателем успешной добычи рыбы, в том числе и щуки, является интенсивность промысла. На основе анализа работы двух рыболовецких звеньев, осуществляющих промысел в западной части дельты Ваги, установлено, что число используемых ими орудий лова – секретов – предельное для нагрузки на 1 рыбака (*табл. 3*). При этом от года к году число секретов росло и, по сравнению с 2021 к 2023 г., возросло на 400 штук, что предопределило увеличение площади облавливаемого пространства с 1,67 млн м² до 2,02 млн м² и составило 0,01-0,02% от общей площади распространения щуки в авандельте Волги (8688 км²).

Таблица 1. Добыча щуки (тыс. т) предприятиями Астраханской области за последние 65 лет [8] / **Table 1.** Pike production (thousand tons) by enterprises of the Astrakhan region over the past 65 years [8]

Год	Улов	Год	Улов
1935	1,8	1980	3,4
1940	3,4	1985	2,5
1945	2,4	1990	2,9
1950	3,5	1995	2,6
1955	10,1	1996	2,8
1960	4,8	1997	2,5
1965	4,3	1998	3,1
1970	5,7	1999	3,1
1975	4,2	2000	4,2

Таблица 2. Общий допустимый улов щуки и ее фактические уловы рыбодобывающими организациями в Астраханской области] / **Table 2.** The total allowable catch of pike and its actual catches by fishing organizations in the Astrakhan region

Годы	ОДУ, тыс. т	Вылов, тыс. т	Освоение, %
2020	5,022	3,427	68,2
2021	4,695	3,560	75,8
2022	4,692	3,314	70,6
2023	4,285	2,447	57,2

Таблица 3. Интенсивность промысла щуки бригады из двух звеньев / **Table 3.** Intensity of pike fishing by a team of two units

Год	Общее кол-во используемых орудий лова, шт	Число орудий лова для лова щуки, шт	Облавливаемая площадь при лове щуки, км ²	Доля облавливаемой площади от общей площади распространения щуки, %
2021	1900	1330	1,67	0,01
2022	2100	1470	1,84	0,02
2023	2300	1610	2,02	0,02

Согласно Л.С.Ермиловой [6], щука обитает на всей акватории авандельты. Если принять, что распределение щуки в этой зоне равномерное, что заведомо неверно, т.к. восточная часть авандельты более заросшая, чем западная, и на востоке концентрация щуки всегда выше, выясняется, что, при ОДУ в 2021 г. 4,695 тыс т, в зоне промысла рыболовецких звеньев вылов щуки мог быть в районе 18,8 тонн. В 2022 г., при выделенном ОДУ 4,692 тыс. т, в зоне промысла теоретически рассчитанный нами вылов мог быть в районе 37,5 т, а в 2023 г., при общем ОДУ 4,285 тыс. т, составить только 34,3 тонны. На низкие запасы щуки в западной части дельты Волги в зоне промысла в 2021-2023 гг. указывают и материалы результатов промысла, в сравнении другим крупными пресноводными видами (табл. 4).

Практически по всем видам, за исключением щуки, их вылов рыбаками соответствовал

выделенной квоте. Особый интерес для нас представляют уловы судака, биология которого близка к таковой щуки. Во-первых, они оба хищники. Во-вторых, нерест этих видов осуществляется практически в одно и тоже время, обычно с момента распада льда по апрель. При этом, если состояние его популяции и, следовательно, запасы относительно стабильны, практически близкими являются и показатели его добычи, которые составляли в 2021-2023 гг. около 24 тонн. При этом освоение квоты находилось на уровне 99-100%.

Ранее Л.С. Ермилова [6] показала, что гидрологический режим Волги – один из ведущих факторов, определяющих условия обитания и размножения щуки. Колебание уровня Каспийского моря оказывало большое влияние на распределение и размножение щуки в Волго-Каспийском районе. Анализ многолетних данных показал, что на нерест щуки и формирование

Таблица 4. Освоение квоты вылова крупных пресноводных в западной части дельты Волги, тонн / **Table 4.** Development of the catch quota for large freshwater fish in the western part of the Volga Delta, tons

Вид рыб	2021 год			2022 год			2023 год		
	Квота	Вылов	Освоение, %	Квота	Вылов	Освоение, %	Квота	Вылов	Освоение, %
Вобла	8,27	6,57	79,4	7,74	3,46	44,7	6,44	4,54	70,4
Судак	24,03	23,2	96,5	23,7	23,7	100	24,6	24,2	98,3
Лещ	230,13	227,0	98,6	228,0	182,7	80,1	220,5	213,7	96,5
Сом	121,7	96,9	79,6	121,8	56,7	46,5	109,8	82,4	75,0
Щука	119,9	22,6	18,8	119,38	68,10	57,0	108,6	5,3	4,8
сазан	25,3	25,3	100,0	27,7	27,5	99,2	44,7	43,5	97,3

ее поколений в дельте Волги основное влияние оказывают следующие факторы: сгонно-нагонные ветры и температура воды (табл. 5).

Автор [6] указывает, что глубины в районе авандельты изменяются в зависимости от направления ветра – нагонные повышают уровень в данном районе до 1,5 метра, а сгонные уменьшают его до 0,8 метра. Следовательно, при преобладании ветров одного направления (нагонные) в период нереста щуки (февраль-март) нарождаются высокоурожайные поколения. При сгонно-нагонных и нагонных, т.е. при колебаниях уровня воды в авандельте, появляются среднеурожайные поколения, а при преобладании сгонных ветров в нерестовый период и смене их в апреле на нагонные эффективность нереста намного снижается. Кроме факторов, указанных выше, автор показал, что промысел щуки, главным образом, базируется в авандельте р. Волга, где она добывается в основном секретами (до 60%), а до 30% ее улова приходится на ставные сети ячеей 55 мм. Доля щуки в неводных уловах незначительна (до 4%). При этом указано, что 70% общего промыслового улова щуки приходится на весеннюю путину, когда промысел базируется на ее преднерестовых и нерестовых популяциях. Следует также подчеркнуть, что, по многолетним данным наблюдений, промысел щуки в западной части дельты Волги (Главный банк) всегда уступает таковому восточной ее части (Белинский и др.), как более отвечающий ее нерестовым требованиям. В.П. Иванов, Г.В. Комарова [9] уточняют, что начало нереста обычно наблюдается при температуре воды 4-5 °С.

Рассмотрим температурный режим водной толщи на период февраль-апрель 2021-2023 гг. (табл. 6). Выясняется, что по температурному режиму подход щуки в зону промысла мог начаться только с 1-й декады апреля во все годы наблюдений, т.е. из 81 суток (с 1 марта по 20 мая) разрешенного промысла только в течение 50 дней (с апреля по май) подход щуки в зону промысла мог быть существенным, иначе – только 60% промыслового времени могло быть результативным.

В целом прогноз подхода рыбы в зону промысла, с учетом температурного режима, полностью подтвердился (табл. 7). В марте наблюдались низкие уловы практических всех промысловых рыб. При этом, щука в уловах полностью отсутствовала. В апреле-мае она в уловах появилась, но в мизерных количествах. Всего за весеннюю путину 2023 г. было выловлено 480 кг щуки. Если учесть, что весной щуки промыслом изымается более 70% годового улова, а это 76,02 т, при общем разрешенном объеме добычи 108,6 т, вылов за весну должен был быть в 158 раз больше.

Выше мы уже указали, что на условия промысла и объем вылова щуки в авандельте весной сильное влияние оказывают сгонно-нагонные явления (табл. 8). Оказывается, что в 2021 и 2023 годах ветровой режим был близким. В 2022 г. нагонные ветры в марте и частично в апреле способствовали дополнительному заходу производителей в зону промысла. Безусловно, это повлияло на объемы вылова рыбы в этом году (табл. 9), который составил в 2022 г. за весну 43,9% годовой квоты. Низкие запасы щуки при-

Таблица 5. Факторы, определяющие величину поколений щуки [6] / **Table 5.** Factors determining the magnitude of pike generations [6]

Время наблюдения	Поколения					
	Высокоурожайные		Среднеурожайные		Низкоурожайные	
	Ветер	Температура	Ветер	Температура	Ветер	Температура
Февраль	нагон	0,08	сгон-нагон	0,15	сгон	0,0
Март	нагон	0,36	нагон	1,05	сгон	0,35
Апрель	нагон	5,1	сгон-нагон	5,75	нагон	5,3

Таблица 6. Температура воды (°С) в дельте Волги по декадам на период 2021-2022 годов / **Table 6.** Water temperature (°C) in the Volga Delta by decade for the period 2021-2022

Год	Февраль			Март			Апрель		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
2021	0,76	0,61	0,6	0,67	1,06	1,07	3,9	8,6	8,4
2022	0,1	0,14	1,41	2,4	0,64	1,8	5,9	7,3	9,4
2023	0,2	0,1	1,8	1,8	3,2	3,0	5,0	7,6	8,4

Таблица 7. Динамика суточных уловов щуки и других крупных пресноводных в западной части авандельты Волги (таблица сокращена) / **Table 7.** Dynamics of daily catches of pike and other large freshwater fish in the western part of the Volga River Avandelta (table abridged)

Дата	Сом	Щука	Сазан	Судак	Вобла	Лещ
15.03.2023	0	0	14			554
25.03.2023	0	0	0	0	0	0
02.04.2023	0	0	0	0	0	0
28.04.2023	3020	65	21	59		6019
04.05.2023	65		10	11		2517
16.05.2023	3440	95		47		3010
10.05.2023	1290	39	3			3317
12.05.2023	2555		10	8		5282

Таблица 8. Характер ветрового режима в авандельте / **Table 8.** The nature of the wind regime in Avandelt

Сезон/годы	2021	2022	2023
	Среднеурожайные	Высокоурожайные	Среднеурожайные
	Ветер	Ветер	Ветер
март	сгон-нагон	нагон	сгон-нагон
апрель	нагон	нагон-сгон	нагон
май	сгон-нагон	сгон-нагон	сгон-нагон

водят к тому, что малейшее ухудшение экологической обстановки в зоне промысла, в отсутствии запаса и подвижек щуки, сводят ее уловы к минимуму, что мы и наблюдаем в 2021 и 2023 годах.

Выше было показано, что осенние уловы щуки, базирующиеся на ее нагульных концентрациях, составляют не более 30% от ее годового объема добычи. В этот период щука не создает повышенных скоплений и держится разреженно. Главным экологическим фактором в этот период является уровень воды в дельте и авандельте Волги. Рассмотрим уровеньный режим Волги в период промысла

щуки в осенний период (табл. 10). Из приведенных данных видно, что в осенний период уровень Волги в 2021-2023 г. был чрезвычайно низкий, что приводило к обсыханию авандельты и снижению коэффициента уловистости секретов в этом районе. Начиная с 1995 г. уровень моря постоянно понижался до 29 м в 2023 г., что смещало зону авандельты в сторону моря.

При этом глубины здесь уменьшаются, что приводит к обсыханию мест установки секретов и переноса их в более глубокую часть на частины, где щука не обитает. Важно, что уровень воды в Волге имел тенденцию к снижению

Таблица 9. Объемы вылова щуки за весенний период, тонн / **Table 9.** Pike catch volumes for the spring period, tons

Вид рыб	2021 год			2022 год			2023 год		
	Квота	Вылов	Освоение, %	Квота	Вылов	Освоение, %	Квота	Вылов	Освоение, %
щука	119,9	0,33	0,2	119,38	52,45	43,9	108,6	0,48	0,4

Таблица 10. Уровеньный режим Волги в осенний период 2021-2023 годы, см / **Table 10.** The level regime of the Volga in the autumn period 2021-2023, centimeters

Год	Сентябрь			Октябрь			Ноябрь		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
2021	229	224	211	208	213	213	210	208	209
2022	225	236	213	215	236	156	218	216	217
2023	190	200	202	205	210	140	201	204	203

Таблица 11. Объемы вылова щуки за осенний период, тонны /
Table 11. Pike catch volumes for the autumn period, tons

Годы	2021	2022	2023
Щука	0,489	0,068	0,33

от 2021 по 2023 гг., т.е. условия промысла щуки перманентно усложнились.

Следовательно, для скорейшего восстановления запасов щуки необходимо вновь расширить запретную для рыболовства зону до ее первоначальной величины.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Сокращение площади запретного для рыболовства Волжского предустьевое пространства в 2009 г. с 8280,36 км² до 1592,33 км², т.е. в 5 раз позволило увеличить уловы щуки рыбодобывающими организациями Астраханской области с 3 тыс. т до 5 тыс. тонн. Высокие уловы щуки держались на протяжении почти 7 лет с 2010 по 2017 годы. В дальнейшем уловы щуки резко снизились и редко превышали 3 тыс. тонн. Таким образом, общий ОДУ по щуке в Астраханской области в объеме 4,2-5,02 тыс. т в период 2020-2023 гг. оказался завышенным как минимум на 2 тыс. тонн.
2. Согласно анализу температурного режима воды в дельте Волги, было установлено, что оптимальные температуры ее нерестового хода во все анализируемые годы наблюдались с 1-й декады апреля по май. Анализ результатов промысла за 2023 г. подтвердил это заключение, т.к. в марте было поймано 19 кг щуки, а основные уловы пришлись на апрель-май. Уловы щуки весной, при почти ежедневной переборке секретов, были мизерными и, как показали расчеты, в 158 раз меньше того количества, которое необходимо для 75% освоения квоты.
3. Осенние уловы в значительной степени зависят от уровня воды в авандельте и сгонно-нагонных ветров. Показано, что авандельта мелеет и ее южная граница смещается в сторону моря. Последнее уменьшает заход щуки в зону промысла, а сгонно-нагонные ветра усугубляют ситуацию. Поэтому, в отсутствии промысловых запасов щуки ее уловы оказывались мизерными, а экологическая обстановка усугубила и без того тяжелую ситуацию.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

1. Книпович Н.М. Каспийское море и его промыслы. – Государственное издательство. Берлин. 1923. 86 с.

2. Танасийчук В.С. Закономерности формирования численности некоторых каспийских рыб // Труды КаспНИРХ. 1957. Т-13. С. 3-77.
3. Коблицкая А.Ф. Значение низовий дельты Волги для нереста рыб. // Вопросы ихтиологии. 1957. Вып. 9. С. 29-54.
4. Орлова Э.Л. Запасы щуки в Волго-Каспийском районе. // Рыбное хозяйство. 1977. №5. С. 25-28.
5. Орлова Э.Л. Особенности экологии сома и щуки в дельте Волги при зарегулировании стока. Автореф. дис. канд. биол. наук. М., – 1981, 25 С.
6. Ермилова Л.С. Промыслово-биологические особенности формирования поколений щуки в Волго-Каспийском районе. – Автореф. дис. канд. биол. наук. Астрахань. 2005. 25 с.
7. Кушнаренко А.И. Экологические аспекты воспроизводства промысловых рыб Северного Каспия. – Автореф. дис. доктора. биол. наук. – М. 2001. 50 с.
8. В.П. Иванов, Пальцев В.Н., Шипулин С.В. Рыбные ресурсы Каспийского моря. – Москва: Издательство ВНИРО. 2023. 560 с.
9. Иванов В.П., Комарова Г.В. Рыбы Каспийского моря. – Астрахань. Изд-во АГТУ. 2008. 223 с.

LITERATURE AND SOURCES

1. Knipovich N.M. (1923). The Caspian Sea and its fisheries. – State Publishing house. Berlin. 86 p. (In Russ.).
2. Tanasiyчук V.S. (1957). Regularities of the formation of the number of some Caspian fish // Trudy KaspNIRKh. T-13. Pp. 3-77. (In Russ.).
3. Koblitskaya A.F. (1957). The significance of the lower reaches of the Volga Delta for fish spawning. // Questions of ichthyology. Issue 9. Pp. 29-54. (In Russ.).
4. Orlova E.L. (1977). Pike stocks in the Volga-Caspian region. // Fisheries. No.5. Pp. 25-28. (In Russ.).
5. Orlova E.L. (1981). Features of the ecology of catfish and pike in the Volga delta during flow regulation. Abstract of the dissertation of the candidate. Biol. sciences. M.: 25 C. (In Russ.).
6. Ermilova L.S. (2005). Fishing and biological features of the formation of pike generations in the Volga-Caspian region. – Abstract of the dissertation of the candidate. Biol. sciences. Astrakhan. 25 p. (In Russ.).
7. Kushnarenko A.I. (2001). Ecological aspects of reproduction of commercial fish of the Northern Caspian Sea. – The author's thesis of the doctor. Biol. sciences. – Moscow: 50 p. (In Russ.).
8. Ivanov V.P., Paltsov V.N., Shipulin S.V. (2023). Fish resources of the Caspian Sea. – Moscow: VNIRO Publishing House. 560 p. (In Russ.).
9. Ivanov V.P., Komarova G.V. (2008). Fishes of the Caspian Sea. – Astrakhan: Publishing house of AGTU. 223 p. (In Russ.).

Материал поступил в редакцию/ Received 04.03.2024
Принят к публикации / Accepted for publication 22.05.2024



Демография, таксономия, генетика модели енисейского осетра – 20 лет спустя. Часть 1.

Научная статья
УДК 577.472

DOI: 10.36038/0131-6184-2024-3-52-62

Гайденок Николай Дмитриевич – доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник Лаборатории ихтиологии, Красноярский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («НИИЭРВ»), Красноярск, Россия
E-mail: ndgay@mail.ru

Заделенов Владимир Анатольевич – доктор биологических наук, доцент, главный научный сотрудник Лаборатории ихтиологии, Красноярский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («НИИЭРВ»), Красноярск, Россия
E-mail: zadelenov@niiev.vniro.ru

Адрес: Красноярский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («НИИЭРВ») – Россия, 660049, г. Красноярск, ул. Парижской Коммуны, д. 33

Аннотация. Рассмотрены концептуально-исторические аспекты экологии, таксономии, генетики, демографии и особенности динамики селективности промизъятия осетра Енисея. На основе математического моделирования пересмотрена продолжительность жизни сибирского осетра и обнаружены бегущие волны селективности промизъятия, генная волна, динамика аллелей сибирского осетра, многозначность зависимости «Вес – Возраст» приводящей к катастрофе складки.

Ключевые слова: популяционная генетика, демография, таксономия, математическое моделирование, продолжительность жизни сибирского осетра, осетр Енисея, Оби, Байкала, бегущие волны селективности промизъятия, генная волна сибирского осетра, вес, возраст, катастрофа складки

Для цитирования: Гайденок Н.Д., Заделенов В.А. Демография, таксономия, генетика модели енисейского осетра – 20 лет спустя. Часть 1. // Рыбное хозяйство. 2024. № 3. С. 52-62.
DOI: 10.36038/0131-6184-2024-3-52-62

DEMOGRAPHY, TAXONOMY, GENETICS OF THE YENISEI STURGEON MODEL – 20 YEARS LATER. PART 1.

Nikolay D. Gaidenok – Doctor of Biological Sciences, Professor, Chief Researcher at the Laboratory of Ichthyology, Krasnoyarsk Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution VNIRO (NIIERV), Krasnoyarsk, Russia

Vladimir A. Zadelenov – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Chief Scientific Officer of the Ichthyology Laboratory, Krasnoyarsk Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution VNIRO (NIIERV), Krasnoyarsk, Russia

Address: Krasnoyarsk branch of VNIRO Federal State Budgetary Scientific Institution (NIIERV) – Russia, 660049, Krasnoyarsk, 33 Paris Commune Street

Annotation. The conceptual and historical aspects of ecology, taxonomy, genetics, demography and the peculiarities of selectivity dynamics of the Yenisei sturgeon are considered. On the basis of mathematical modeling, the life expectancy of the Siberian sturgeon has been revised and traveling waves of promizyatiya selectivity, a gene wave, the dynamics of alleles of the Siberian sturgeon, the ambiguity of the Weight–Age relationship leading to the collapse of the fold have been found

Keywords: population genetics, demography, taxonomy, mathematical modeling, life expectancy of Siberian sturgeon, sturgeon of Yenisei, Ob, Baikal, features of geological evolution of Holarctic reservoirs in the Ural – Kolyma sector, traveling waves of promizyatiya selectivity, gene wave of Siberian sturgeon, weight, age, fold catastrophe

For citation: Gaidenok N.D., Zadelenov V.A. (2024). Demography, taxonomy, genetics of the Yenisei Sturgeon Model – 20 Years later. Part 1. // Fisheries. No. 3. Pp. 52-62. DOI: 10.36038/0131-6184-2024-3-52-62

Рисунки и таблица – авторские / The drawings and table were made by the author

ВВЕДЕНИЕ

Данная работа является первым из многошагового нового этапа исследований енисейского осетра (ЕО), стимулом к проведению данного исследования послужило обращение советника начальника Енисейского филиала Главрыбвода П.М. Долгих, в феврале 2023 г., по поводу справедливости статуса запрета с 1998 г. на промысел ЕО. По стечению обстоятельств, ровно 20 лет назад зимой в феврале 2003 г., когда начиналось количественное исследование и строились первые математические модели основного элемента популяционного континуума ЕО – полупроходного осетра – В.А. Заделенов (один из авторов статьи) так охарактеризовал его судьбу: «Лет через 20 ЕО, как промобъект, исчезнет. Конечно, он будет встречаться на уровне вида». Поэтому в данном исследовании, в виде его целевых составляющих, будут рассмотрены те аспекты биологии и промысла ЕО, знания по которым надо было либо уточнить, либо получить впервые для получения адекватной картины состояния популяции ЕО.

Ввиду того, в работах [6; 5] приводятся результаты математического моделирования

ЕО, основанные на сведениях по биологии и промыслу в период до 2010 г., то основным вопросом, который был решен в данном исследовании, является возврат на 160 лет назад к работам М.Ф. Кривошапкина [14], П.И. Третьякова [25], 135 лет – к работе А.И. Кытманова [15], 93 года – к работе Г.Н Тарасенкова [24], и на их основе уже были скорректированы: расширение промысла на период с 1845 г., таксономическая структура осетровых Енисея (рис. 2), генетические и демографические показатели (средняя продолжительность жизни), динамика потребительского лова ЕО в период 1998-2023 годов.

Основной проблемой здесь является не только наличие двух возрастных распределений, полученных:

1. Г.И. Рубаном [22] – для жилого ЕО Среднего Течения Енисея (п. Мирное)
2. А.В. Подлесным [20] и Ю.В. Михалевым [18; 17] – для полупроходного ЕО (Устьевая область Енисея и Нижнее Течение) – рисунок 1.а, но и набор «рекордов», вызывающих противоречие восстановления возрастных распределений в виде плюрализма (рис.1.б).

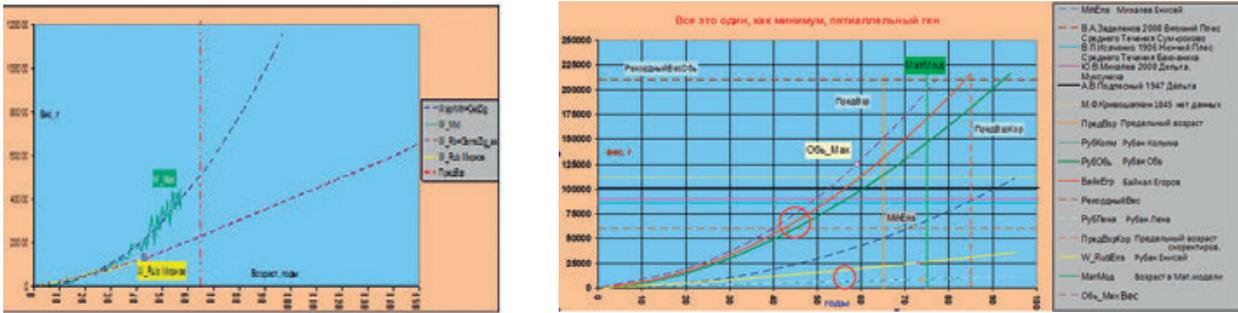


Рисунок 1. а) возрастное распределение веса ЕО по А.Г. Егорову [9], Ю.В. Михалеву [17] и Г.И. Рубану [22], б) возрастные распределения весов сибирского осетра
Figure 1. a) age distribution of the weight of EO according to A.G. Egorov [9], Yu.V. Mikhalev [17] and G.I. Ruban [22], b) age distribution of Siberian sturgeon weights

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Базовыми материалами по биологии, таксономии и промыслу ЕО послужили исследования М.Ф. Кривошапкина [14], П.И. Третьякова [25], А.И. Кытманова [15], Исаченко В.Л. [11], Г.Н. Тарасенкова [24], А.В. Подлесного [20], Ю.В. Михалева [18; 16; 17], В.А. Заделенова [11; 10], А.А. Курбатского [11], А.Г. Егорова [9; 8], Ф.Н. Кириллова [13] и других исследователей по сибирскому (обскому, байкальскому, ленскому, колымскому) и русскому осетру, среди которых ключевыми, в плане сопоставительного обобщения черт сибирского осетра разных водоемов Сибири, являются исследования Г.И. Рубана [22], содержащиеся в монографии, появившейся в свет за 4 года до начала количественных исследований популяционного континуума ЕО в 1999 году.

Характеристика потребительского лова ЕО в период 1998-2023 гг. производилась по сведениям о работе Росгвардии, в указанном плане содержащихся в интернете.

По особенностям геологической истории, определяющей эволюцию сибирского осетра, включая ЕО, были использованы результаты исследований российских и зарубежных исследователей, обзор которых содержится в работе [7].

В качестве методов использованы статистический аппарат обработки данных и математическое моделирование возрастной популяции, основные аспекты которого изложены в работах [6; 3; 4; 5]

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Вопросом, имеющим первостепенную актуальность в плане восстановления адекватной динамики возрастной структуры ЕО, является восстановление как объемов, так и демографических показателей потреби-

тельского лова, а именно – селективности или возрастной структуры промыслевого лова. Если реально неизвестные объемы потребительского лова могут быть восстановлены в процессе математического моделирования, при известных его демографических показателях, то основной момент исследования должен быть направлен именно на эти показатели. Основным репером здесь является динамика модального размера (и веса) объектов потребительского лова и последующее расчленение его, на основе внешне известных возрастных распределений.

Однако, в результате анализа, обнаружилась разнородность данных по возрастным распределениям длины и веса ЕО, которая частично была исследована в наших работах [6; 5]. Здесь имеется два возрастных распределения, полученные Г.И. Рубаном [22] для жилого ЕО Среднего Течения Енисея (п. Мирное), А.В. Подлесным [20] и Ю.В. Михалевым [18; 17] для полупроходного ЕО (Устьевая область Енисея и Нижнее Течение) – рисунок 1.а. Для периода 1845-2008 гг. набор из максимальных величин (далее – рекордов), где 11 весов, 8 длин и 4 возраста, по данным различных авторов (рис.1.б, табл.1).

Но это еще не конец списка проблем. Оказывается, что включение в анализ рекордов показывает их тесную корреляцию с возрастными распределениями веса обского и байкальского осетров (рис.1.б), что вызывает необходимость рассмотрения таксономии ЕО, которое начнем с вторых [14], третьих [25] и четвертых [15] результатов исследований.

Ввиду внутривидовых различий между элементами енисейского подвида *Acipenser baerii stenorhynchus* А. Nikolsky, рассмотрим номенклатуру осетровых Енисея как в таксономическом, так и в историческом контекстах. Здесь, согласно работам авторов XIX в.

ной – карская ряпушка (нагул в Гыда-Ямо), согласно А.Ф. Устюгову [26] – прямой аналог ленской ряпушки, она во время Казанцевской (Бореальной) трансгрессии проникла в гидрографию Енисея; енисейский муксун наиболее близок к ленскому.

Три новых градации классификации – Озимый и Сверхозимый [21; 6; 5] и «рекорды» введены в историко-традиционную схему декомпозиции осетровых Енисея в следующих целях:

1. Озимый и Сверхозимый – для детализации продолжительности нерестовой анадромии полупроходного ЕО – 1 и 2 года, соответственно [6; 5];
2. «Рекорды» – для отражения генетических особенностей эволюции ЕО (рис.2.б) в процессе гибридизации с обским и бай-



Рисунок 3. Ленский стерляжевидный осетр – зигота аа (рис. 11, ч. 1). Фото А.Ф. Кириллова
Figure 3. Lena sterlet-like sturgeon – zygote aa (fig. 11, p. 1). Photo by A.F. Kirillov

кальским осетрами, которая проходила на протяжении геологической истории Сибири в секторе Голарктики от Урала до Колымы, особенности которой необходимо рассмотреть для повышения эффективности дальнейшего процесса исследований.

Ввиду пункта 1, необходимо рассмотреть особенности обского и, особенно, байкальского осетров. Одним из показателей обского осетра является тупая форма рыла и наличие рекордных весов – до 210 кг.

Положение дел с байкальским осетром более интересное в плане того, что А.Г. Егоров [9], как по форме черепа, так и на основании сведений, полученных от рыбаков-осетровщиков выделяет у байкальского осетра две разновидности: «... одна из которых более тупорылая, обитает преимущественно вблизи берегов на песчаных грунтах на глубинах 4-6 м (осетр «бережник»), другая – более острорылая, чаще встречается на глубине 15-30 м и глубже (осетр «морской»). Размеры тех и других осетров в среднем одинаковы».

Теперь обратимся к сведениям Г. Н. Тарасенкова [24]: «... из сообщений промышленников пришлось убедиться, что они легко различают осетров, совершающих передвижение сверху вниз (с ям) и из Енисейского залива вверх: первые – тупорылые, менее голодные ..., вторые – более остроносые и голодные».

Здесь как по морфометрии, так и по ареалам обитания отчетливо проглядывается аналогия (если не сказать больше – однозначная эквивалентность) между формами байкальского осетра и рядом форм ЕО.

Н.А. Остроумов [19] пишет: «... в 1929-1932 гг. на Туринской культбазе (Нижняя Тунгуска) ловили осетров по 75-95 кг весом, которых в Енисее уже несколько десятков лет не было». Здесь надо дать уточнение: несколько десятков – два включительно и более, ибо В.Л. Исаченко [12] для периода 1905-1908 годов дает вес осетра в 86 кг (табл. 1).

Проанализировав особенности геологической истории, рассмотрим рисунок 1.б с позиций предельного возраста Сибирского осетра – 65 лет, приводимого в работе [27]. Он здесь совпадает с двумя фактами:

- возрастом, приводимым А.В. Подлесным [20] для ЕО Дельты Енисея, пойманного в 1946 г., 65 лет и 101 кг;
- большинством величин из различных инетовских сайтов, его тиражирующих.

Первое, что заметно в этом свете, с одной стороны, все точки, лежащие на тренде Г.И. Рубана [22], (рис.1.а), соответствуют возрастам ЕО в 2-4 раза превосходящим 65 лет, и с другой – авторитет Г.И. Рубана не подлежит никаким сомнениям. И сами выборки также различаются в указанное выше число раз.

Второе. На рисунке 1.б возраст, приводимый Ю.В. Михалевым [18] (90 кг и 81 год. Близкий вес 86 кг дает и В.Л. Исаченко [12] для 1905-1908 гг., что находится практически на тренде, построенном по его данным, в то время как возраст, приводимый А.В. Подлесным практически соответствует предельному возрасту Сибирского осетра [27] – 65 лет и превышение здесь составляет 3/2 раза. Вес, полученный В.А. Заделеновым [11; 10], – 63 кг, также лежащий практически на тренде Ю.В. Михалева, хотя и превышает предельный возраст, но все же достаточно близок к нему – 70 лет.

Максимальный вариант веса ЕО – 7 пудов или 112 кг для периода до 1860 г., условно 1845 г, приводимый М.Ф. Кривошапкиным [14], при восстановлении возраста по тренду Ю.В. Михалева [17] также существенно выходит за величину предельного – 95 лет.

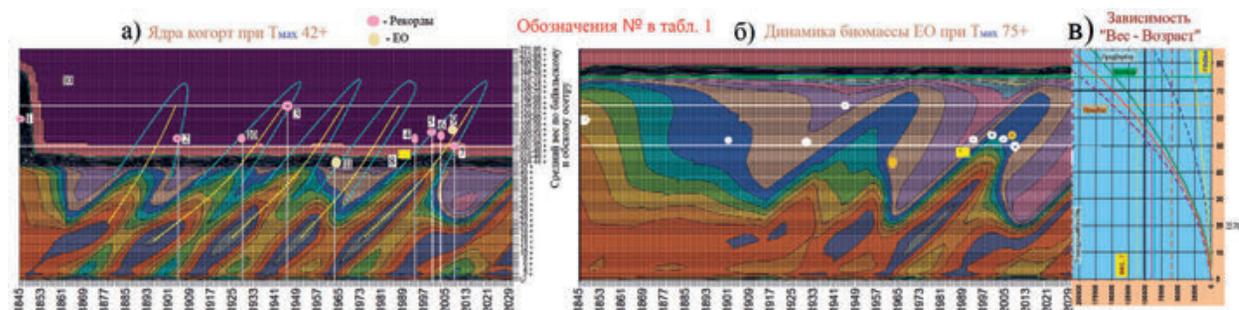


Рисунок 4. а) Lg; б) реальная динамика биомассы ЕО с локализаций рекордных весов по различным авторам (табл. 1); в) соответствие возраста и веса ЕО

Figure 4. a) Lg dynamics biomass EO; b) the real dynamics of EO biomass from localizations of record weights by various authors (Table 1); c) matching age and weight EO

В чем здесь причины коллизий? Только в различии «модального» значения среднего предельного возраста и максимально предельного возраста по континууму? Или значения предельного возраста верны и причины различий в чем-то другом? Ведь в определении возраста могут быть существенные ошибки (в 2 раза, при учете второстепенных колец), а при определении длины и особенно веса ошибки не столь существенны.

Для ответа на этот вопрос, на первом шаге анализа было проведено сравнение возрастных распределений веса осетра из водоемов, принадлежащих бассейну Енисея, как в настоящее время – виртуальный Байкал, так и во время трансгрессий и оледенений – Обь, утратившая связь с Енисеем около 12000 лет

назад [7]. Кроме того, включение обского осетра в анализ дает новое предельное значение веса сибирского осетра – 210 кг, составляющее по байкальскому тренду 84 года и по обскому – 93 года.

Здесь стоит пояснение к термину «виртуальный Байкал»: с 1958 г. Байкал полностью вошел в акваторию Иркутского водохранилища на р. Ангара – первого из водохранилищ Ангарского каскада, образованного в результате строительства Иркутской ГЭС, которое началось в 1950 г. и было закончено в 1958. Однако наполнение водохранилища, до уровня нормальной проектной отметки 456,59 м, было завершено только в 1962 году.

На втором шаге анализа, в процессе математического моделирования было проведено



а)



б)

Рисунок 5. Формы ЕО. – (а) светлый тупорылый осетр, зигота АА (рис.11) на Верхних Нерестилищах – Сумароково (фото В.А. Заделенова, 2008); (б) – полупроходной темный острорылый осетр, зигота Аа (рис.11) – у Туруханска (фото С.М. Чупрова)

Figure 5. Forms of EO. – (a) light blunt-nosed sturgeon, zygote AA (fig.11) on Upper Spawning Grounds – Sumarokovo (photo by V.A. Zadelenov, 2008); (b) – semi-passable dark sharp-winged sturgeon, zygote Aa (fig.11) – at Turuhansk (photo by S.M. Chuprov)

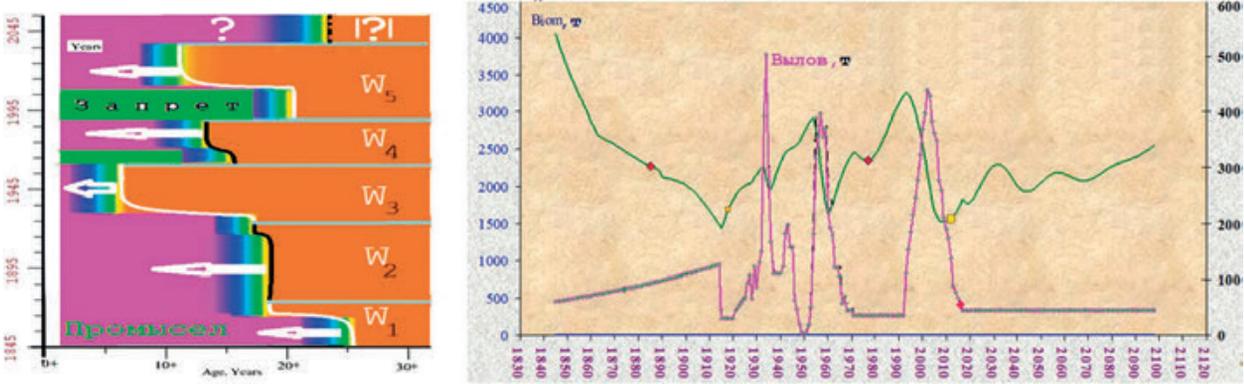


Рисунок 6. Проекция 3D образа динамики селективности промвоздействия (а) и динамика общей биомассы ЕО и объема вылова. Обозначения: «подошва склона» – переход от розового к синему»; Движение волны W* – белые стрелки

Figure 6. Projection of a 3D image of the dynamics of the selectivity of industrial action (a) and the dynamics of the total biomass of SW and the volume of catch. Designations: «the bottom of the slope» – the transition from pink to blue»; The movement of the wave W* – white arrows

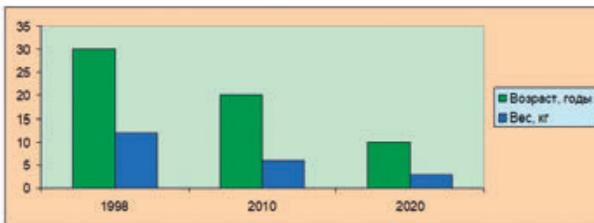


Рисунок 7. Динамика модального веса/возраста потребительского лова в период волны W₅ (1993-2022 годы)

Figure 7. Dynamics of modal weight/age of consumer fishing during the W₅ wave (1993-2022)

исследование изменения возрастной структуры ЕО, в зависимости от предельного возраста, при максимальном – 85 лет [6; 5] в диапазоне возрастов 40+ – 85+ (рис. 4). Здесь были получены следующие факты:

1. При предельном возрасте 42+ происходит «фокусировка» когорт (рис. 4.а), которая нивелируется при увеличении возраста (рис. 4.б);
2. При переходе от 70 к 75 годам изменения картины возрастной структуры ЕО (рис. 4.б) практически не значимы и в качестве предельного возраста принято значение в 75 лет.

Однако здесь по-прежнему остается коллизия для обского рекорда веса – 75 лет против 82 и 93 года. Это противоречие легко снимается тем реальным фактом, что рекордному весу соответствует и большая скорость роста. Таким образом, все противоречия можно снять, если принять в качестве предельного

возраста, соответствующего рекордному весу обского осетра 75 лет (рис. 1.б), тренд $Обь_{Max}$.

Обратим внимание на возрастную локализацию особенностей динамики регистрации ЕО рекордных весов (рис. 4). Здесь можно обнаружить следующие отчетливые факты:

1. Рекордные веса осетров лежат в диапазоне 50 + - 65+ по обско-байкальской зависимости «Вес – Возраст» (рис. 4в);
2. Отсутствует равномерное распределение объектов – практически все из них приурочены к той или иной когорте, когда большая численность, то и много рекордных объектов (особенно для последней когорты);
3. Присутствие на рисунке 4.б трех из пяти когорт рисунка 4.а обусловлено слиянием 2-й и 3-й когорт в одну, за счет продления возраста при моделировании – с 42+ до 75+ (фокусировка) и радикальным изменением селективности промизъятия с 1961 г. [16], когда проводилась добыча только мерного осетра, и последующим разгромом 4-ой когорты (рис.4.а);
4. Различный угол наклона когорт на рисунке 4.а обусловлен динамикой изменения селективности промизъятия с открытием пароходства на Енисее в 1863 г.;
5. В пределах 5-й когорты присутствует 3 типа рекордов: № 4 обско-байкальский и № 8 – «квазиленский» (Г.И. Рубан [22]); кроме того, сборы А.А. Курбатского [11] свидетельствуют о наличии в пределах этой когорты в 2006-2008 гг. рекордов сугубо ЕО – вес 43 кг возраст 56+ – № 9.

Окончив анализ морфометрических и демографических особенностей ЕО,

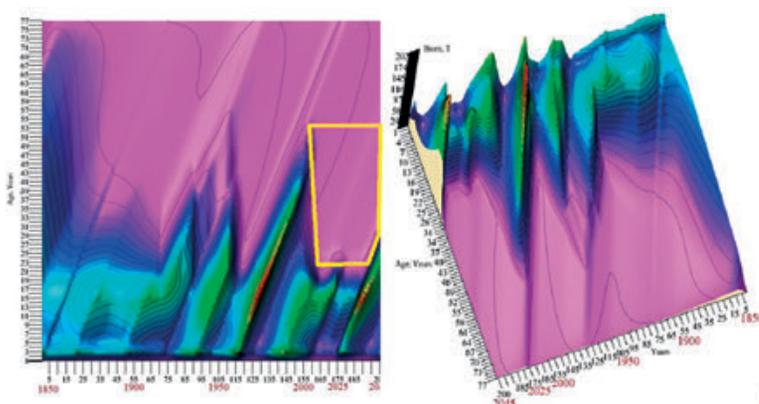


Рисунок 8. Осетры: немерный (Потапово, 2020) и полумерный (Игарка, 2021) [28]

Figure 8. Sturgeons: non-dimensional (Potapovo, 2020) and semi-dimensional (Igarka, 2021) [28]

Рисунок 9. 3D динамика возрастной структуры ЕО

Figure 9. 3D dynamics of the age structure of ITS



перейдем к исследованию бегущих волн – селективности (рис. 6.а). Согласно [23], данный тип волны относится к типу «Неподвижный ресурс – подвижный потребитель». Здесь, в качестве неподвижного ресурса, реально выступает интервал продолжительности жизни ЕО (показана его первая половина). В качестве подвижного потребителя – динамика селективности

(возрастной структуры) промысловия. Здесь видно, как радикально омолаживалась возрастная структура на протяжении



Рисунок 10. Самка осетра сибирского на временном рыбноводном пункте Енисейского филиала ФГБУ «Главрыбвод»

Figure 10. Female Siberian sturgeon at the temporary fish breeding station of the Yenisei branch of the Federal State Budgetary Institution Glavrybvod

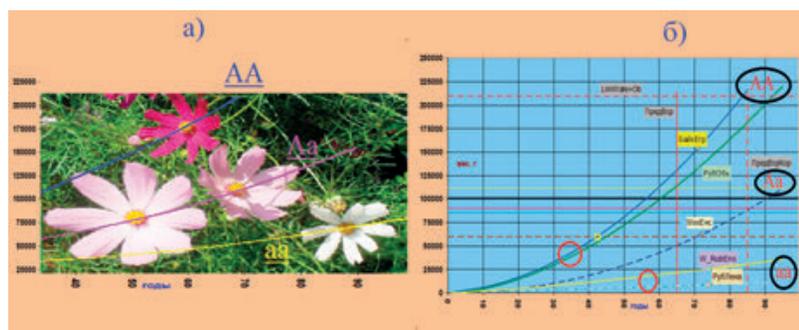


Рисунок 10. Аналогия соответствия кумулятивной полимерии и возрастного распределения веса сибирского осетра (фото Н.Д. Гайденок)

Figure 10. Analogy of the correspondence of cumulative polymerization and age distribution of weight of Siberian sturgeon (photo by N.D. Gaydenok)

трех циклов: 1845-1862, 1863-1946 и 1993-2021 годы.

Особенно показательной является волна W_3 , когда выловом изымались едва ли не особи возраста $2+ - 3+$ [17]. Не многим ей уступает волна W_5 1993-2021 гг., темп падения возраста/веса показан на рисунке 7, когда модальные величины, указанных показателей, в начале волны соответствовали осетру с рисунка 5.б; полумерный осетр (75-85 см, весом от 3 кг – [17]) на рисунке 8.б, что во времена Кривошапкина-Кытманова, пожалуй, называли только «мелким остром»; в ее конце (2020) Росгвардия уже освобождала из сетей в Нижнем Течении Енисея осетриков с модальными размерами 45-57 см (рис. 8.а), а полумерный идет аналогом «рекордов» с рисунка 5, что как нельзя лучше совпадает с провалом на рисунке 4.б. и рисунке 6.б.

Но самой опасной является волна W_6 с 2018 г. – здесь полностью повторяется ситуация периода 1930-1965 гг., когда в довоенные годы начали ловить «от 1 кг»; в военные годы ловили, из-за нехватки орудий лова, в основном немерного и мелкого осетра, подкосив при этом пополнение; с 1955 г. начали ловить производителей – провал показан на рисунке 4.б. Поэтому, если посмотреть на рисунок 7, то не найдем никаких отличий, ибо очень эффективная для браконьеров потребительская заготовка икры ЕО [30] (~ 25000 руб/кг «закупочная цена») построена только на эксплуатации нерестового стада и перемещении заготовки осетрины в ранг «побочных продуктов». Как известно, за событиями второй половины 1950-х гг. последовало два запрета 1970-1990 годов и с 1998 г. по настоящее время.

ВЫВОДЫ

Основным результатом данного исследования является детерминация морфометрического и, как следствие, генетического полиморфизма [1] ЕО и последующая трансформация в этом плане традиционных ихтиологических положений, особенно касающихся продолжительности жизни.

Кроме того, в виде рисунка 4.б, рисунков 6, 7 и, особенно, рисунка 9 получен ответ на сомнение советника начальника Енисейского филиала Главрыбвода П.М. Долгих по поводу целесообразности сохранения запрета с 1998 г. на промысел енисейского осетра – желтый полигон, превосходящий по продолжительности период, предшествующий первому запрету на ЕО (1971 г.), говорит о том, что промвоздействие не должно превышать квоту на научные исследования в течение 25 лет после начала охраны его Росгвардией.

Однако, несмотря на тягость положения ЕО, здесь есть моменты, внушающие оптимизм (рис. 10), где показано наличие «рекордов», которые зарегистрированы на Сумароково В.А. Заделеновым в 2006 г. (рис. 5.а.) и в 2021 г. представителями ОСП «Белоярский рыболовный завод» [29]. Все они являются конкретными иллюстрациями когорты, начало которой восходит к концу 1950-х – началу 1960-х годов (рис. 5).

«Рекорды», присутствующие в составе этой когорты, как это легко заметить из рисунка 1.б, по морфологическому описанию и соотношению весовых распределений достаточно адекватно соответствуют обскому или байкальскому весовому распределению. С генетических же позиций, это полная аналогия неаллельному взаимодействию генов – кумулятивной полимерии (рис. 11), анализ особенностей данного соответствия будет дан в следующих частях исследования.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Вклад в работу авторов: Н.Д. Гайденок – идея статьи, систематизация и анализ данных, корректировка текста, подготовка статьи, подготовка обзора литературы, подготовка статьи; В.А. Заделенов – сбор и анализ данных, обсуждение идеи и результатов, редакция текста и ее окончательная проверка.

The authors declare that there is no conflict of interest. Contribution to the work of the authors: N.D. Gaidenok – the idea of the article, systematization and analysis of data, correction of the text, preparation of the article, preparation of a literature review, preparation of the article; V.A. Zadelenov – collection and analysis of data, discussion of the idea and results, revision of the text and its final verification.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

1. Барминцева А.Е., Мюге Н.С. Природный генетический полиморфизм и филогеография сибирского осетра *Acipenser baerii brandt*, 1869 // Генетика. 2017. том 53. № 3. с. 345-355
2. Бурмакин Е.В. Некоторые промысловые и непромысловые рыбы из системы Гыданского залива (осетр, омуль, щука, ерш, рогатка и колюшка). – М.-Л.: Изд-во ГСМП. Тр. Института ПЖЗПХ. 1941. вып. 15
3. Гайденок Н.Д., Заделенов В.А., Чмаркова Г.М. Экология и промысел популяции осетра р. Енисей // Мат. 8 межд. н. п. конф. «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. – Томск. 2002
4. Гайденок Н.Д., Заделенов В.А., Чмаркова Г.М. Некоторые проблемы исследования популяции осетра р. Енисей // Проблемы использования и охраны ресурсов Центральной Сибири. – Красноярск: Изд-во КНИИГиМС. 2004. вып. 6. с. 43-48
5. Гайденок Н.Д., Баранов А.Н., Чмаркова Г.М. Моделирование, экология и промысел ихтиофауны Енисея и Оби и морских млекопитающих Карского моря. – Красноярск: СибГАУ. 2014. 452 с.
6. Гайденок Н.Д., Чмаркова Г.М. Оценка влияния браконьерского и потребительского вылова осетра Енисея методом математического моделирования // Рыбное хозяйство. 2016. № 5. с. 41-48
7. Гайденок Н.Д. Особенности геологической эволюции полупроходной ихтиофауны сибирских рек // Рыбное хозяйство. 2020. № 4. с. 16-25. DOI 10.37663/0131-6184-2020-4-16-25
8. Егоров А.Г. Байкальский осетр // Рыбное хозяйство. 1941. №5 22-23 с. 18.
9. Егоров А.Г. Байкальский осетр – Улан-Удэ: Типография Министерства культуры БурАССР. 1961. с. 11
10. Заделенов В.А., Морозов В.А. Рост и рационы молоди енисейского осетра при выращивании на живых и искусственных кормах. Рыбохозяйственные исследования на водоемах Красноярского края. – Л.: Изд-во ГосНИОРХ. 1989. Т. 296. С. 42-49
11. Заделенов В.А., Курбатский А.А. Оценка размерно-весовой и возрастной структуры популяции сибирского осетра бассейна Енисея (2006-2009 гг.) // Вестн. КрасГАУ. 2009. № 6. С. 41-53
12. Исаченко В.Л. Рыбы Туруханского края, встречающиеся в реке Енисей и Енисейском заливе. – Красноярск: Материалы по исследованию Енисея в рыбопромысловом отношении. 1912. вып. 6. 112 с.
13. Кириллов Ф.Н. Исследование ихтиофауны Якутии – Новосибирск: Наука. Фундаментальные исследования. Биологические науки. 1977. с.77-79
14. Кривошапкин М.Ф. Енисейский округ и его жизнь – С.-Петербург: Издание Императорского Русского географического общества, на иждивении В.А. Кокорева. 1865. 650 с.
15. Кытманов А.И. О рыболовстве по р. Енисею: от Енисейска до Гольчихи – Красноярск: отдельный оттиск из журнала «Русское судоходство». 1898. № 192. 49 с.
16. Михалев Ю.В. К биологии и регулированию промысла проходного осетра р. Енисея – Красноярск: Тр. Красноярск.отд. СибНИИРХ.1967. т.9. с. 348-361
17. Михалёв Ю.В., Михалёва Т.В. О биологических показателях состояния популяций осетра и стерляди Енисея – Красноярск: Проблемы и перспективы рационального использования рыбных ресурсов Сибири. 1999. с. 63-72.
18. Михалев Ю.В. О поимке особо крупного осетра в дельте Енисея. Проблемы и перспективы использования водных биоресурсов Сибири в XXI веке: материалы Всерос. конф. с междунар. участием, посвящ. 100-летию Енисейск. ихтиол. лаб. (ФГНУ «НИИЭРВ») (Красноярск, 8-12 дек. 2008 г.). – Красноярск: 2009. с. 336
19. Остроумов Н.А. Рыбы и рыбный промысел р. Пясины. – М.-Л.: Изд-во АН СССР. 1937. Вып. 30. 115 с.
20. Подлесный А.В. Осетр (*Acipenser baeri stenorrhynchus* a. Nikolski) р. Енисея // Вопросы ихтиологии. 1955. вып. 4. с. 21-40.
21. Подушка С.Б., Климов В.И., Карпушин С.В. Сверхозимые – новая нерестовая биологическая группа русского осетра реки Волги // Науч.-тех. бюллетень лаборатории ихтиологии ИНЭНКО. 2003. № 6. с.13-18
22. Рубан Г.И. Сибирский осетр. – М. ВНИРО. 1999. 232 с.
23. Свирежев Ю.М. Нелинейные волны, диссипативные структуры и катастрофы в экологии. – М: Наука. Главная редакция физ.-мат. лит. 1987. 368 с.
24. Тарасенков Г.Н. Туруханский край: Экон. обзор с ист. очерком / С предисл. В.П. Косованова. – Красноярск: Изд. Туруханского РИКа. 1930
25. Третьяков П.И. Туруханский край, его природа и жители – Санкт-Петербург: типография В. Бездоброва и К°. 1871. 316 с.
26. Устюгов А.Ф. О происхождении двух экологических форм сибирской ряпушки *Coregonus albula sardinella* (Val.) бассейна реки Енисей // Вопросы ихтиологии. 1976. С. 773-783
27. Orlov A.M., Interesova E.A., Dylidin Y.V., Romanov V.I. 2022. The Endangered Eurasian Freshwater Sturgeons. // DellaSala, D.A., Goldstein, M.I. (Eds.), Imperiled: The Encyclopedia of Conservation, vol. 2. Elsevier, Pp. 541-553. Doi:10.1016/B978-0-12-821139-7.00135-5
28. На севере Красноярского края полицейские спасли из сетей и выпустили обратно в реку 15 осетров // НКК (gnkk.ru) <https://xn--b1aew.xn--p1ai/news/item/20821219> (Дата обращения 20.03.2024)
29. ОСП «Белоярский рыболовный завод» - Енисейский филиал ФГБУ «Главрыбвод» (glavrybvod24.ru) (Дата обращения 22.03.2024)
30. <https://rg.ru/2019/12/05/reg-sibfo/sibirskih-brakonerov-budut-sudit-za-torgovliu-chnoij-ikrojv-aeroportu.html?ysclid=ltfghd5bj996520075> (Дата обращения 19.03.2024)

LITERATURE AND SOURCES

1. Barmintseva A.E., Muge N.S. (2017). Natural genetic polymorphism and phylogeography of the Siberian sturgeon *Asirepseg baerii brandt*, 1869 // Genetics. volume 53. No. 3. Pp. 345-355. (In Russ.)
2. Burmakin E.V. (1941). Some commercial and non-commercial fish from the Gydan Bay system

- (sturgeon, omul, pike, ruff, slingshot and stickleback). – M.-L.: Publishing house of the GSMP. Tr. Institute of PZH ZPH. Issue 15. (In Russ.)
3. Gaidenok N.D., Zadelenov V.A., Chmarkova G.M. (2002). Ecology and industry of the sturgeon population. *Yenisei // Mat.* 8 international scientific conference “Natural and intellectual resources of Siberia. – Tomsk. (In Russ.)
 4. Gaidenok N.D., Zadelenov V.A., Chmarkova G.M. (2004). Some problems of studying the population of the sturgeon R. *Yenisei // Problems of using and protecting the resources of Central Siberia.* – Krasnoyarsk: Publishing house of Books. Issue 6. Pp. 43-48. (In Russ.)
 5. Gaidenok N.D., Baranov A.N., Chmarkova G.M. (2014). Modeling, ecology and fishing of the ichthyofauna of the Yenisei and Ob and marine habitats of the Kara Sea. – Krasnoyarsk: SibGAU. 452 p. (In Russ.)
 6. Gaidenok N.D., Chmarkova G.M. (2016). Assessment of the impact of poaching and consumer catch of Yenisei sturgeon by mathematical modeling // *Fisheries.* No. 5. Pp. 41-48. (In Russ.)
 7. Gaidenok N.D. (2020). Features of the geological evolution of the semi-migratory ichthyofauna of Siberian rivers // *Fisheries.* No. 4. Pp. 16-25. DOI 10.37663/0131-6184-2020-4-16-25. (In Russ., abstract in Eng.)
 8. Egorov A.G. (1941). Baikal sturgeon // *Fisheries.* No.5 22-23 p. 18. (In Russ.)
 9. Egorov A.G. (1961). Baikal sturgeon – Ulan-Ude: Printing house of the Ministry of Culture of the BU-RASR. p. 11. (In Russ.)
 10. Zadelenov V.A., Morozov V.A. (1989). Growth and rations of young Yenisei sturgeon when grown on live and artificial feeds. Fishing and economic research in the reservoirs of the Krasnoyarsk Territory. – L.: Publishing House of the State Research Institute. Vol. 296. Pp. 42-49. (In Russ.)
 11. Zadelenov V.A., Kurbatsky A.A. (2009). Assessment of the size, weight and age structure of the Siberian sturgeon population of the Yenisei basin (2006-2009) // *Vestn. KrasGAU.* No. 6. Pp. 41-53. (In Russ.)
 12. Isachenko V.L. (1912). Fish of the Turukhansk region found in the Yenisei River and the Yenisei Bay. – Krasnoyarsk: Materials on the exploration of the Yenisei in the fishing industry. Issue 6. 112 p. (In Russ.)
 13. Kirillov F.N. (1977). Research of the ichthyofauna of Yakutia – Novosibirsk: Nauka. Fundamental research. Biological sciences. Pp.77-79. (In Russ.)
 14. Krivoshapkin M.F. (1865). The Yenisei district and its life – St. Petersburg: Publication of the Imperial Russian Geographical Society, dependent on V.A. Kokorev. 650 p. (In Russ.)
 15. Kytmanov A.I. (1898). On fishing by R. Yenisei: from Yeniseisk to Golchikha – Krasnoyarsk: a separate print from the magazine “Russian su-income”. No. 192. 49 p. (In Russ.)
 16. Mikhalev Yu.V. (1967). On biology and regulation of the fishery of the passing sturgeon R. Yenisei – Krasnoyarsk: Tr. Krasnoyarsk.ed. Sib-NIIRH. vol. 9. Pp. 348-361. (In Russ.)
 17. Mikhalev Yu.V., Mikhaleva T.V. (1999). On biological indicators of the status of populations of sturgeon and sterlet of the Yenisei - Krasnoyarsk: Problems and prospects for the rational use of Siberian fish resources. Pp. 63-72. (In Russ.)
 18. Mikhalev Yu.V. (2009). On the capture of a particularly large sturgeon in the Yenisei delta. Problems and prospects of the use of aquatic biological resources of Siberia in the XXI century: materials of the All-Russian Conference with the International participation, in my opinion. The 100th anniversary of Yeniseisk. ichthyol. lab. (FGNU “NIIEVR”) (Krasnoyarsk, 8-12 Dec. 2008). – Krasnoyarsk: p. 336. (In Russ.)
 19. Ostroumov N.A. (1937). Fish and fisheries R. Pyasiny. – M.-L.: Publishing House of the USSR Academy of Sciences. Issue 30. 115 p. (In Russ.)
 20. Podlesny A.V. (1955). Sturgeon (*Asirepseg baeri stenorrhynchus* a. Nikolski) of the Yenisei River // *Questions of ichthyology.* issue 4. Pp. 21-40. (In Russ.)
 21. Pillow S.B., Klimov V.I., Karpushin S.V. (2003). Super-vulnerable - a new spawning biological group of the Russian sturgeon of the Volga River // *Scientific and technical. Bulletin of the IN-ENCO Ichthyology Laboratory.* No. 6. Pp. 13-18. (In Russ.)
 22. Ruban G.I. (1999). Siberian sturgeon. – M. VNIRO. 232 p. (In Russ.)
 23. Svirezhev Yu.M. (1987). Nonlinear waves, dissipative structures and catastrophes in ecology. – M: Science. The main edition of the physics-math. lit. 368 p. (In Russ.)
 24. Tarasenkov G.N. (1930). Turukhansk region: Economy. review from the east. an essay / With a preface by V.P. Kosovanov. – Krasnoyarsk: Publishing house of Turukhansk DISTRICT. (In Russ.)
 25. Tretyakov P.I. (1871). Turukhansky krai, its nature and inhabitants – St. Petersburg: printing house of V. Bezobrazov and Co. 316 p. (In Russ.)
 26. Ustyugov A.F. (1976). On the origin of two ecological forms of Siberian grouse *Coregonus albus sardinella* (Val.) of the Yenisei River basin // *Questions of ichthyology.* Pp. 773-783. (In Russ.)
 27. Orlov A.M., Interesova E.A., Dyldin Y.V., Romanov V.I. 2022. The Endangered Eurasian Freshwater Sturgeons. // DellaSala, D.A., Goldstein, M.I. (Eds.), *Imperiled: The Encyclopedia of Conservation*, vol. 2. Elsevier, Pp. 541-553. DOI10.1016/B978-0-12-821139-7.00135-5
 28. In the north of the Krasnoyarsk Territory, police officers rescued 15 sturgeons from nets and let them back into the river // NCC (gnkk.ru) <https://xn--b1aew.xn--p1ai/news/item/20821219> (Date of application 20.03.2024). (In Russ.)
 29. OSP Beloyarsk Fish Hatchery - Yenisei branch of the Federal State Budgetary Institution Glavrybvod (glavrybvod24.ru) (Date of application 22.03.2024) (In Russ.)
 30. <https://rg.ru/2019/12/05/reg-sibfo/sibirskih-brakonerov-budut-sudit-za-torgovliu-chennoj-ikroj-v-aeroportu.html?ysclid=ltfhghd-5bj996520075> (Date of application 19.03.2024)

Материал поступил в редакцию/ Received 22.02.2024
 Принят к публикации / Accepted for publication 25.03.2024



О Волжском предустьевом запретном пространстве

DOI: 10.36038/0131-6184-2024-3-63-70

Обзорная статья
УДК 639.2.055 (282.247.41+262.81)

Горохов Максим Николаевич – кандидат биологических наук, руководитель Волжско-Каспийского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ»), Астрахань, Россия
E-mail: maksimgorokhov78@mail.ru

Шипулин Сергей Викторович – кандидат биологических наук, заместитель руководителя Волжско-Каспийского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ»), Астрахань, Россия
E-mail: shipulinsv@kaspnirh.vniro.ru

Барабанов Виталий Викторович – кандидат биологических наук, руководитель центра ресурсных исследований Волжско-Каспийский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ»), Астрахань, Россия
E-mail: barabanovvv@kaspnirh.vniro.ru

Адрес: Волжско-Каспийский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ») – Россия, 414056, г. Астрахань, ул. Савушкина, 1

Аннотация. В статье представлен анализ границ Волжского предустьевого запретного пространства в ретроспективе и в настоящий период. Показана динамика площади Волжского предустьевого запретного пространства, которая за последнее столетие сократилась более чем в 10 раз. Большая часть акватории Волжского предустьевого запретного пространства в настоящее время расположена на суше. Причина – падение уровня Каспийского моря и снижение объемов волжского стока. На примере отдельного северо-западного участка дельты и авандельты р. Волга наглядно показано как менялась береговая линия Каспийского моря и, соответственно, охранная зона Волжского предустьевого запретного пространства. С учетом текущей водохозяйственной и рыбохозяйственной обстановки, динамики падения уровня Каспийского моря даны предложения по актуализации северной границы пространства, проведению береговой линии по отметке – 28,7 м БС и расширения охранных площадей.

Ключевые слова: Волжское предустьевое запретное пространство, Правила рыболовства, рыболовство, Волго-Каспийский бассейн, уровень моря, корректировка границ

Для цитирования: Горохов М.Н., Шипулин С.В., Барабанов В.В. О Волжском предустьевом запретном пространстве // Рыбное хозяйство. 2024. № 3. С. 63-70. DOI: 10.36038/0131-6184-2024-3-63-70

ABOUT THE VOLGA PRE-ESTUARY FORBIDDEN SPACE

Maksim N. Gorokhov – Candidate of Biological Sciences, Head Volga-Caspian Branch of VNIRO Federal State Budgetary Institution (KaspNIRKh), Astrakhan, Russia

Sergei V. Shipulin – Candidate of Biological Sciences, Head Volga-Caspian Branch of VNIRO Federal State Budgetary Institution (KaspNIRKh), Astrakhan, Russia

Vitali V. Barabanov – Candidate of Biological Sciences, Head Volga-Caspian Branch of VNIRO Federal State Budgetary Institution (KaspNIRKh), Russia

Address: Head Volga-Caspian Branch of VNIRO Federal State Budgetary Institution (KaspNIRKh) – Russia, 414056, Astrakhan, Savushkina street, 1

Annotation. The article presents an analysis of the boundaries of the Volga pre-estuarine forbidden space in retrospect and in the present period. The dynamics of the area of the Volga pre-estuary forbidden space is shown, which over the last century has decreased by more than 10 times. Most of the water area of the Volga pre-estuary forbidden space is currently located on land. Reason: drop in the level of the Caspian Sea and a decrease in the volume of Volga runoff. Using the example of a separate northwestern section of the delta and delta front of the river The Volga River clearly shows how the coastline of the Caspian Sea and, accordingly, the protective zone of the Volga pre-estuary forbidden space have changed. Taking into account the current water and fishery situation, the dynamics of the fall in the level of the Caspian Sea, proposals were made to update the northern boundary of the space, draw the coastline along the mark of 28.7 m BS and expand the protected areas.

Keywords: Volga pre-estuarine restricted space, Fishing rules, fishing, Volga-Caspian basin, sea level, border adjustment

For citation: Gorokhov M.N., Shipulin S.V., Barabanov V.V. (2024). About the Volga pre-estuary forbidden space // Fisheries. No. 3. Pp. 63-70. DOI: 10.36038/0131-6184-2024-3-63-70

Рисунки – авторские / The drawings was made by the author

ВВЕДЕНИЕ

Авандельта представляет собой очень мелкое водное пространство, лежащее перед дельтой Волги и отделяющее ее от более глубокой части моря. Ширина ее достигает 50-60 км, а глубина, в общем, увеличивается от 0,4-0,5 м в ее верхней части до 1,5-2,0 м – у морского склона авандельты или свала [2].

В авандельте р. Волга временно или постоянно обитают практически все группы рыб: проходные, полупроходные и туводные. Она является нагульным ареалом, а также миграционным путем полупроходных и проходных рыб на нерестилища. Через авандельту осуществляется посленерестовый скат производителей всех видов рыб в Северный Каспий. Осенью, с понижением температуры воды, сюда мигрируют на зимовку полупроходные рыбы.

Трассы ската молоди осетровых проходят, в основном, в зоне каналов. Молодь использует этот район для нагула, однако пребывание ее здесь кратковременно. Скат молоди проходной сельди проходит по каналам устьевого взморья с начала второй декады июня до конца августа. Молодь полупроходных рыб задерживается для нагула на обширных межканальных пространствах акватории устьевого взморья до двух месяцев.

С целью сохранения рыбных запасов за счет создания зоны покоя и ограждения от вылова неполовозрелых, мигрирующих весной и осенью в эти районы и зимующих здесь рыб в авандельте, еще в дореволюционное время формировалось Волжское предустьевое запретное пространство (далее – ВПЗП). Границы его неоднократно корректировались.

Правила использования рыбных запасов в этом районе должны постоянно изменяться,

т.к. процессы дельтообразования, гидрологии очень динамичны, и наша задача, учитывая эти изменения, своевременно реагировать – от органов управления до промышленников и рыбаков доводить информацию об изменениях и готовить соответствующие предложения по внесению изменений в нормативные правовые акты.

Авандельта традиционно, до последних десятилетий XX в., имела запретное предустьевое пространство и зоны общего пользования для промышленного рыболовства без разделения на рыболовные участки.

В настоящее время, с падением уровня Каспийского моря, практически все Волжское предустьевое запретное пространство уже расположено на суше и утратило свое рыбохозяйственное значение как акватории, где воспроизводятся, нагуливаются и зимуют рыбные стада.

Целью работы является актуализация границ Волжского предустьевского запретного пространства, с учетом текущей водохозяйственной и рыбохозяйственной обстановки в дельте и авандельте р. Волга и в Каспийском море, обоснования предложений по береговой линии Каспийского моря и, соответственно, верхних и нижних границ охранный зоны.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Запрет лова в акватории Волжского предустьевского запретного пространства впервые был введен в 1865 г., когда в Правилах рыболовства появилась так называемая запретная «береговая полоса», которая тянулась вдоль всей нижней части дельты р. Волга. После этого границы ВПЗП переносились в последующие редакции Правил рыболовства без изменений

или редактировались с изменениями 13 раз: 1865, 1902, 1911, 1933, 1937, 1940, 1953, 1955, 1962, 1984, 2009, 2014 и 2022 гг. [1; 3-13].

В Инструкции от 8 мая 1903 г. по приведению в действие и применению правил о Каспийско-Волжских рыбных и тюленьих промыслах, Высочайше утвержденных 3 июня 1902 г., в части Отдела 1-го «Состав, разделение и границы вод» содержится подробное описание ВПЗП, а именно: «Волжское предустьевое пространство устанавливается следующим образом. Верхняя или речная граница его совпадает с нижней границей речных вод (ст. 8 Инструкции), а нижняя проводится следующим образом: на всех бакенных линиях, идущих по курсу $SO:32^\circ$ и разделяющих бакенное пространство на лежалые и запретные полосы, отмеряется расстояние приблизительно на 7 верст от берега моря, в полученных таким способом пунктах выбиваются бакены, которые соединяются между собой в пределах запретных полос прямыми, а в лежалых полосах – ломанными, подобно общим очертаниям берега, линиями, образующими нижнюю или морскую границу предустьевого пространства.

Западная граница Волжского бакенного пространства начинается от Четырехбугорного маяка, а восточная часть от того пункта острова Обливной Солонец (в группе Телячьих островов), где расположена ватага Смирнова. Эти граничные линии идут по румбу $SO:32^\circ$ [1; 3; 13].

На топографической карте Астраханской губернии от 1909 г. (http://www.etomesto.ru/map-astrahan_5verst-topokarta-1909/), по дате издания совпадающей со временем выхода вышеуказанной Инструкции, показано расположение Волжского запретного предустьевого пространства и бакенных полос (рис. 1).

Акватория ВПЗП, согласно Правилам рыболовства редакций 1865, 1902, 1911 гг., фактически занимала площадь в 16720 км^2 , из которых предустьевое пространство – 1829 км^2 , бакенное пространство – 12351 км^2 и особая 7,5 км лежалая полоса, окаймляющая предустьевое и бакенное пространства – 2538 км^2 [1; 3; 13].

Таким образом, дореволюционный прообраз ВПЗП имел сложную структуру, состоящую из трех зон, различающихся нормативно-правовым регулированием промысла, ужесточение которого идет в направлении акватории, примыкающей к дельте р. Волга.

Пропустим значительный столетний временной период, отметив только, что с течением времени различные ограничения исчезали, сейчас собственно запретное пространство расположено очень узкой полосой скорее на континентальном крае дельты. Бакенное пространство отсутствует. Площадь акватории



Рисунок 1. Первые Правила рыболовства и режим ВПЗП. Основа: Топографическая карта Астраханской губернии, пятиверстка 1909 г. http://www.etomesto.ru/map-astrahan_5verst-topokarta-1909/

Figure 1. The first Rules of fishing and the Volga pre-estuary forbidden space regime. Basis: Topographic map of Astrakhan province, five-verst 1909 http://www.etomesto.ru/map-astrahan_5verst-topokarta-1909/

в настоящее время составляет $1592,33 \text{ км}^2$ [1; 10; 11; 12] (рис. 2).

Анализ Правил рыболовства позволил выделить шесть редакций, в которых кардинально пересматривались границы ВПЗП (1865/1902/1911, 1926/1933, 1937, 1953/1955, 1962/1984, 2009/2014). Основной причиной пересмотра границ Волжского предустьевого запретного пространства являлось колебание уровня Каспийского моря, что существенно меняло положение береговых линий, являющихся его северными (речными) границами [1; 3-13].

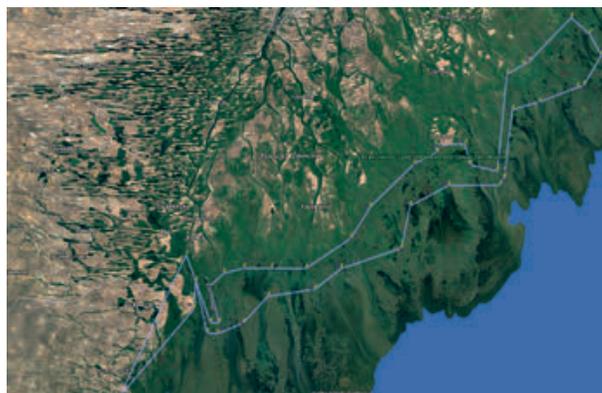


Рисунок 2. ВПЗП в Правилах рыболовства 2014 и 2022 гг. и режим рыболовства

Figure 2. The Volga pre-estuary forbidden space in the Fishing Regulations 2014 and 2022 and the fishing regime

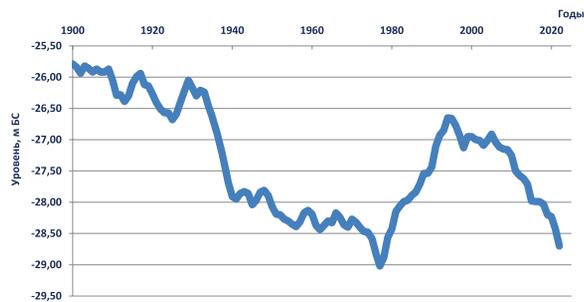


Рисунок 3. Изменение уровня Каспийского моря с 1900 года

Figure 3. Changes in the level of the Caspian Sea since 1900

Отмечается, что Проект Каспийских и Волжских промыслов, что рассматриваемая инструкция создавались в период существенно иных отметок уровня моря. Каспийское море – особое море, не соединенное с Мировым океаном и имеющее значительные колебания уровня в своей истории.

На приведенном графике видно, что в начале XX в. уровень Каспийского моря был выше – 26 м БС (Балтийской системе). Сейчас он почти достиг отметки 1977 г., снизившись до – 28,7 м БС, по данным на 2022 г. (рис. 3).

С учетом особенностей рельефа надводной и подводной части Прикаспийской низменности, даже небольшие изменения уровня Каспийского моря влекут за собой значительные изменения очертаний береговой линии. Если каких-то 25 лет назад уровень моря был ниже от максимального стояния моря в 1900 г. всего на метр, то сейчас провалились от этого максимума приблизительно на три метра.

Кроме отступления моря самого по себе, обнажающего континентальную часть суши, важны также протекающие геоморфологические процессы: типа образования микродельт, укрепления отмелей и кос растительностью и прочего, что тоже значительно меняет облик береговой линии.

Для того, чтобы понять, какие значительные изменения в очертаниях береговой линии произошли, применительно к границам ВЗПП, подробно рассматривается ситуация в северо-западной части дельты по доступным картографическим материалам.

Так, на карте по съемкам 1861-1873 гг. населенные пункты на острове Четырехбугорном и острове Зюзино отсутствуют, хотя виден судовой ход. На острове Четырехбугорном отмечен Маяк (рис. 4).

Карта 1895 г. дает примерно такую же картину. Видна группа островов, весьма слабо отграниченная от рек дельты Волги и водных



Рисунок 4. Карты придельтовой части моря второй половины XIX-начала XX века, северо-запад. Основа: Карта северной части Каспийского моря по съемке 1861-1873 годов http://www.etomesto.ru/map-astrahan_1873-sever-kaspiya/

Figure 4. Maps of the near-Arctic part of the sea in the second half of the XIX-early XX century, northwest. Basis: Map of the northern part of the Caspian Sea from the survey of 1861-1873 http://www.etomesto.ru/map-astrahan_1873-sever-kaspiya/



Рисунок 5. Карты придельтовой части моря второй половины XIX-начала XX века, северо-запад. Основа: Карта устьев Волги в Каспийское море 1895 года http://www.etomesto.ru/map-astrahan_ustya-volgi/

Figure 5. Maps of the near-Arctic part of the sea in the second half of the XIX-early XX century, northwest. Basis: Map of the mouth of the Volga to the Caspian Sea in 1895 http://www.etomesto.ru/map-astrahan_ustya-volgi/



Рисунок 6. Карты придельтовой части моря второй половины XIX-начала XX века, северо-запад. *Основа:* Топографическая карта Астраханской губернии, пятиверстка 1909 г. http://www.etomesto.ru/map-astrahan_5verst-topokarta-1909/

Figure 6. Maps of the near-Arctic part of the sea in the second half of the XIX-early XX century, northwest. *Basis:* Topographic map of Astrakhan province, five-verst 1909 http://www.etomesto.ru/map-astrahan_5verst-topokarta-1909/



Рисунок 7. Карты придельтовой части моря второй половины XIX-начала XX века, северо-запад. *Основа:* План дельты реки Волги 1914 г. http://www.etomesto.ru/map-astrahan_delta-volgi-1914/

Figure 7. Maps of the near-Arctic part of the sea in the second half of the XIX-early XX century, northwest. The basis: A plan of the Volga River delta in 1914. http://www.etomesto.ru/map-astrahan_delta-volgi-1914/

объектов зоны западных подстепных ильменей (рис.5).

На пятиверстовой топокарте Астраханской губернии 1909 г. уже можно заметить поселок Зюзино и поселок Вышка, острова уплотняются, сближаются, более четко прорисована линия суши на западе моря.

Здесь же отмечено и Волжское предустьевое и Волжское бакенное пространства, видно, что они определены правильно и отграничивают, по определению, морскую придельтовую акваторию (рис. 6).

Близкую картину, по характеру островов и береговой линии, можно видеть на карте 1914 г. (рис.7).

Современные карты демонстрируют сильные изменения обстановки. Практически видно, что с падением уровня Каспийского моря и развитием геоморфологических процессов, не наблюдается сколько-нибудь развитой морской акватории, исключая ВКМСК, крупные водотоки и остатки Татарской Бороздины и Бобинского банка (рис. 8).

На современном спутниковом снимке наличие суши или участков поверхности воды, покрытой высшей жесткой растительностью, еще более наглядно.

Очевидно, что на большей части своей протяженности ВЗПП, сыгравшее большую роль в сохранении запасов водных биологических ресурсов, исполнять свой функционал просто не способно. ВЗПП лежит на суше (рис. 9).

Промежуточно можно констатировать, что за длительный временной промежуток эволюционировало как нормативное описание ВЗПП и прилегающих охранных пространств, так и его физическое значение. На максимуме площадь охранных пространств достигала 16720 км², сейчас – около 1600 км².

На основании морской навигационной карты масштаба 1:750 000 Главного управления навигации и океанографии Министерства



Рисунок 8. Современная карта Каспийского моря, северо-запад. *Основа:* карта 2023 года <http://www.etomesto.ru/map-mir/>

Figure 8. Modern map of the Caspian Sea, northwest. *Basis:* the 2023 map <http://www.etomesto.ru/map-mir/>



Рисунок 9. Пролегание ВПЗП, северо-запад
Figure 9. The route of the Volga pre-estuary forbidden space, north-west

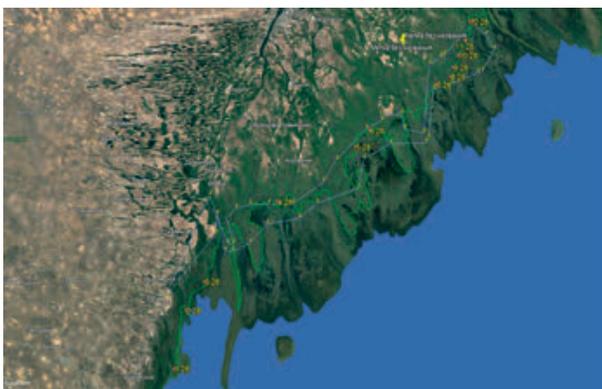


Рисунок 10. Изолиния -28,00 м БС и восстановление изолиний -28,50 и 29 м БС
Figure 10. Isoline -28.00 m BS and restoration of isolines -28.50 and 29 m BS



Рисунок 11. Изолиния -28,00 м БС и восстановление изолиний -28,50 и 29 м БС
Figure 11. Isoline -28.00 m BS and restoration of isolines -28.50 and 29 m BS

обороны Российской Федерации (г. Санкт-Петербург, номер 31003, архивное издание 17.04.1997 года, отпечатано в 1998 году), определенной неотъемлемой частью материалов Конвенции по правовому статусу Каспийского моря, линия -28,0 м БС которой определяет нормальную исходную линию, других навигационных карт, были проработаны изолинии разной высоты в сочетании с современным ВПЗП. Пролегание изолиний восстанавливалось по отметкам глубин на разных картах.

Так на рисунке 10 видно, как пролегает изолиния -28,0 БС. Даже в соответствии с этим картографическим материалом, значительная часть ВПЗП лежит на суше (рис. 10).

В настоящий период уровень Каспийского моря опустился ниже линии -28,5 м. В такой коннотации «водными объектами» являются русла водотоков (рукава Волги) и наиболее глубокие части морских акваторий – Татарская бороздина, Каменская яма, Тишковская яма, Хасанская Впадина, Синее Морцо и пр. (рис. 11).

С учетом складывающихся тенденций по поверхностному стоку, водности Волги в первую очередь, уровень Каспийского моря продолжит падать и преодолет «психологический рубеж», уйдя за минимум -29,0 м БС (рис. 12).

Отмечается, что на большинстве участков отступ от южной «морской» границы ВПЗП до фактического положения моря превышает 20 км, доходя местами до 50 км.

Нет ничего удивительного в требованиях промышленных рыбаков, все чаще звучащих в последние годы, о необходимости пересмотра режима рыболовства в той связи, что «ловить просто негде».

Было предложено восстановить возможное пролегание изолинии -28,7 м, характеризующей уровень моря на 2022 год. Результат работы можно видеть на рисунке 13, как тонкую красную линию.

Предлагается взять эту линию, разумеется с необходимыми корректировками на местности, указывающую водораздел суша (река)-море за северную границу нового ВПЗП.

Также отмечается, что нынешние 1,6 тыс. км² явно недостаточны, а прежние 16 тыс. км² избыточны для охраны водных биологических ресурсов, поэтому предлагается остановиться на площади в 6 тыс. км² Волжского предустьевого запретного пространства.

Построить такое пространство можно, если на всем протяжении выделить полосу шириной порядка 30 км, причем в западной и центральной части эти линии необходимо провести с севера на юг, на крайнем востоке же, учитывая изменения пролегания изолинии -28,7, ее резкого изгиба к северу – в направлениях к юго-востоку и востоку.



Рисунок 12. Изолиния $-28,00$ м БС и восстановление изолиний $-28,50$ и 29 м БС
Figure 12. Isoline -28.00 m BS and restoration of isolines -28.50 and 29 m BS

На рисунке 14 представлена возможная схема нового ВЗПП. Ее поворотные точки сейчас ограничены числом, хотя и могут быть сглажены введением дополнительных точек. Поворотные точки соединяют прямые линии. Площадь фигуры в целом составляет около 6000 км².

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Существующая в настоящее время граница Волжского предустьевого запретного пространства в дельте Волги для рыболовства устанавливалась несколько десятилетий назад и впоследствии несколько раз корректировалась, что связано как с колебаниями уровня Каспийского моря, так и с развитием прибрежного рыболовства в дельте и авандельте р. Волга. Целью установления запретного пространства было сохранение рыбных запасов путем создания зоны покоя и ограждения от вылова неполовозрелых, мигрирующих весной и осенью в эти районы и, зимующих здесь взрослых рыб и их молоди.

Ретроспективный анализ границ ВЗПП показал, что площадь его за последнее столетие сократилась в 10 раз. Вопросы о статусе запретной зоны, о ее границах, о принципах и методах охраны рыбных запасов в этом районе имеет большое значение. Необходимость ее существования, в целях стабилизации запасов рыб, не вызывает сомнений. При этом авандельта должна быть под постоянным наблюдением науки и рыбоохраны, а правила использования рыбных запасов в этом динамичном районе должны непрерывно совершенствоваться и не оставаться неизменными в течение нескольких десятилетий.

В современный период наблюдаются значительные изменения береговой линии Каспийского моря, связанные с многолетним

уменьшением уровня моря. Необходимость переноса Волжского предустьевого запретного пространства связана со значительным несоответствием его современных границ фактическому пролеганию береговой линии Каспийского моря и невозможности исполнения его функций.

Предлагается за основу пролегания северной границы Волжского предустьевого запретного пространства взять изолинию по отметке $-28,7$ м БС. При этом необходимо организовать выезды на местность с целью уточнения границы море-суша в предлагаемых поворотных точках Волжского предустьевого запретного пространства в период летне-осенней межени.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад в работу авторов: М.Н. Горохов – идея статьи, корректировка текста, окончательная проверка; С.В. Шипулин – подготовка статьи и ее окончательная

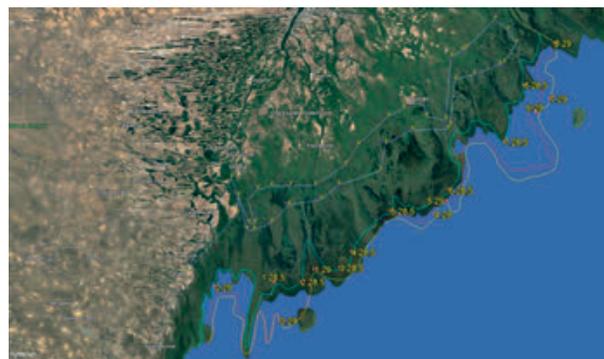


Рисунок 13. Изолиния $-28,70$ м БС – береговая линия 2022 года
Figure 13. Isoline -28.70 m BS – coastline 2022



Рисунок 14. Вариант ВЗПП от изолинии $-28,70$ м БС, площадь – 6000 км²
Figure 14. The variant of the runway from the isoline is 28.70 m BS, the area is 6000 км²

проверка; **В.В. Барабанов** – подготовка обзора литературы, сбор и анализ данных, подготовка статьи.

The authors declare that there is no conflict of interest.
Contribution to the work of the authors: M.N. Gorokhov – the idea of the article, text correction, final verification; S.V. Shipulin – preparation of the article, final verification; V.V. Barabanov – preparation of a literature review, data collection and analysis, preparation of the article.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

1. Барабанов В.В., Никифоров С.Ю. Развитие нормативно-правового статуса Волжского предустьевоего запретного пространства в Правилах рыболовства для Волго-Каспийского бассейна (Астраханская область) и рекомендации по регулированию его границ // Вестник АГТУ. Серия: Рыбное хозяйство. 2018. № 3. С.7-15. DOI 10.24143/2073-5529-2018-3-7-15
2. Белевич Е.Ф. Районирование дельты Волги // Труды Астраханского заповедника. 1963. Вып. 8. с. 401-421.
3. Законы и инструкции, действующие в Каспийско-Волжском рыболовном районе. Управление Каспийско-Волжских рыбных и тюленьих промыслов. 2-е изд. Астрахань. 1913. 132 с.
4. Правила производства рыбного промысла в Северо-Каспийском рыболовном районе. Пояснения к Правилам производства рыбного промысла в северо-каспийском рыболовном районе / С. Белов. Астрахань. 1933. 64 с.
5. Правила рыболовства в Северной части Каспийского моря со впадающими реками. – Астрахань. Изд. Севкаспрыбвода. 1938. 22 с.
6. Приказ Министра промышленности прод. товаров СССР от 5 октября 1953 г. № 201 Об утверждении Правил рыболовства. Приложение: Правила рыболовства в Северной части Каспийского моря с впадающими реками. – Москва. 1953. С. 3-16.
7. Приказ Министра рыбной промышленности СССР от 15 марта 1955 г. № 122 Об утверждении Правил рыболовства. Приложение: Правила рыболовства в Среднем и Южном Каспии с впадающими реками. – Москва. 1955. С. 3-11.
8. Правила рыболовства в Каспийском море с впадающими реками. – Москва. 1962. 35 с.
9. Правила рыболовства в Каспийском море с впадающими реками (утв. Приказом Министерства рыбного хозяйства СССР № 179 от 06.04.1984 г.). URL: <http://pravo.levonevsky.org/baza/soviet/sss2904.htm>. (Дата обращения: 24.01.2024)
10. Правила рыболовства для Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна (утв. Приказом Росрыболовства № 1 от 13.01.2009 г. (в редакции приказов Росрыболовства от 16.04.2009 г. № 316 и от 08.04.2011 г. № 350).URL: www.garant.ru (Дата обращения: 24.01.2024)
11. Правила рыболовства для Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна (утв. Приказом Минсельхоза России № 453 от 18.11.2014 г.). URL: www.garant.ru (Дата обращения: 12.02.2024)
12. Правила рыболовства для Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна (утв. Приказом Минсельхоза России № 695 от 13.10.2022 г.). URL: www.garant.ru (Дата обращения: 12.02.2024)

13. Сборник обязательных постановлений и местных правил по рыбопромышленности / Департамент Земледелия. – СПб. Тип. В.Ф. Киршбаума. 1903. 219 с.

LITERATURE AND SOURCES

1. Barabanov V.V., Nikiforov S.Yu. (2018). Development of the regulatory status of the Volga pre-estuarine forbidden space in the Fishery Rules for the Volga-Caspian Basin (Astrakhan region) and recommendations for regulating its borders // Vestnik ASTU. Series: Fisheries. No. 3. DOI 10.24143/2073-5529-2018-3-7-15. (In Russ.).
2. Belevich E.F. (1963). Zoning of the Volga Delta // Proceedings of the Astrakhan Nature Reserve. issue. 8, p. 401-421. (In Russ.).
3. Laws and instructions in force in the Caspian-Volga fishing region. Department of the Caspian-Volga fisheries and seal fisheries. 2nd ed. – Astrakhan. 1913. 132 p. (In Russ.).
4. Rules for fishing in the North Caspian fishing region. Explanations to the Rules for the production of fisheries in the North Caspian fishing region / S. Belov. – Astrakhan. 1933. 64 p. (In Russ.).
5. Fishing rules in the Northern part of the Caspian Sea with its inflowing rivers. – Astrakhan. Ed. Sevkasprybvoda. 1938. 22 p. (In Russ.).
6. Order of the Minister of Industry cont. goods of the USSR dated October 5, 1953 No. 201 On approval of the Fishery Rules. Appendix: Fishing rules in the Northern part of the Caspian Sea with inflowing rivers. – Moscow. 1953. Pp. 3-16. (In Russ.).
7. Order of the Minister of Fishing Industry of the USSR dated March 15, 1955 No. 122 On approval of the Fishery Rules. Appendix: Fishing rules in the Middle and Southern Caspian Sea with inflowing rivers. – Moscow. 1955. Pp. 3-11. (In Russ.).
8. Rules for fishing in the Caspian Sea with its inflowing rivers. Moscow. 1962. 35 p. (In Russ.).
9. Rules for fishing in the Caspian Sea with its flowing rivers (approved by Order of the USSR Ministry of Fisheries No. 179 of 04/06/1984). URL: <http://pravo.levonevsky.org/baza/soviet/sss2904.htm>. (Date of application: 24.01.2024). (In Russ.).
10. Fishing rules for the Volga-Caspian fishery basin (approved by Order of Rosrybolovstvo No. 1 of 01/13/2009 (as amended by Rosrybolovstvo orders of 04/16/2009 No. 316 and 04/08/2011 No. 350).URL: www.garant.ru. (Date of application: 24.01.2024). (In Russ.).
11. Fishing rules for the Volga-Caspian fishery basin (approved by Order of the Ministry of Agriculture of Russia No. 453 of November 18, 2014). URL: www.garant.ru. (Date of application: 12.02.2024). (In Russ.).
12. Fishing rules for the Volga-Caspian fishery basin (approved by Order of the Ministry of Agriculture of Russia No. 695 of October 13, 2022). URL: www.garant.ru. (Date of application: 12.02.2024). (In Russ.).
13. Collection of mandatory regulations and local rules for the fishing industry / Department of Agriculture. – St. Petersburg Type. V.F. Kirshbaum. 1903. 219 p. (In Russ.).

Материал поступил в редакцию/ Received 09.04.2024
 Принят к публикации / Accepted for publication 28.05.2024



Изменения гидрохимических параметров водной среды и биохимических показателей сыворотки крови рыб от плотности посадки в УЗВ

DOI: 10.36038/0131-6184-2024-3-71-79

Обзорная статья
УДК 639.2/3

Климук Анастасия Алексеевна – младший научный сотрудник Центра аквакультуры факультета биотехнологий и рыбного хозяйства
E-mail: klimukanastasia27@gmail.com

Головачева Наталья Алексеевна – кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры биологии и биоинформатики факультета биотехнологий и рыбного хозяйства
E-mail: molekula00@inbox.ru

Царьков Максим Денисович – инженер 1-ой категории Центра Аквакультуры факультета биотехнологий и рыбного хозяйства
E-mail: aellesisk@gmail.com

Семеряков Юлий Васильевич – аспирант по направлению подготовки 4.3.3. «Пищевые системы» факультета биотехнологий и рыбного хозяйства
E-mail: leto0190@mail.ru

Шкель Андрей Анатольевич – кандидат химических наук, доцент кафедры биологии и биоинформатики факультета биотехнологий и рыбного хозяйства
E-mail: ee1402@mail.ru

Адрес: МГУТУ им. Разумовского (ПКУ) – Россия, 109004, Москва, ул. Земляной Вал, 73

Аннотация. В данной работе были исследованы 10 биохимических параметров сыворотки крови радужной форели, выращенной в системе установок замкнутого водоснабжения (УЗВ), при различных плотностях посадки: контроль (10,8 кг/м³), УЗВ №1 (14,4 кг/м³) и УЗВ №2 (18 кг/м³) в хроническом опыте, длительностью 60 суток. Выявлено, что при повышении плотности посадки рыб до 18 кг/м³ за период 30 сут. в холодноводной системе УЗВ накапливались токсичные соединения азота в форме нитритов, концентрация которых составляла 0,19 мг/л. Далее, при продолжении длительного опыта, показано, что на 60 сут. в воде УЗВ №1 и №2 за пределами ПДК находились показатели нитритов и нитратов в концентрациях 0,1 и 0,16 мг/л, соответственно, при этом не приводящие к летальному исходу объектов выращивания. Показано, что при повышении в воде концентраций нитритов и нитратов в УЗВ №2 за пределы нормы выходили биохимические показатели крови рыб: уровень аспаратаминотрансферазы увеличивался на 58%, креатинина – на 7,32%, щелочной фосфатазы – на 64,1% и лактатдегидрогеназы – на 37,8%, сигнализирующие о нарушении физиологического статуса работы печени и почек. По результатам работы определено, что исследование 10 биохимических параметров крови радужной форели является показательной системой по определению статуса здоровья рыб во время их культивирования в условиях хронического стресса из-за повышенной плотности посадки в УЗВ.

Ключевые слова: радужная форель, нитриты, нитраты, биохимия крови, плотность посадки, *Oncorhynchus mykiss*, установка замкнутого водоснабжения

Для цитирования: Климук А.А., Головачева Н.А., Царьков М.Д., Семеряков Ю.В., Шкель А.А. Изменения гидрохимических параметров водной среды и биохимических показателей сыворотки крови рыб от плотности посадки в УЗВ // Рыбное хозяйство. 2024. № 3. С. 71-79. DOI: 10.36038/0131-6184-2024-3-71-79

CHANGES IN HYDROCHEMICAL PARAMETERS OF THE AQUATIC ENVIRONMENT AND BIOCHEMICAL PARAMETERS OF FISH BLOOD SERUM FROM THE PLANTING DENSITY IN THE ULTRASOUND

Anastasia A. Klimuk – Junior researcher at the Aquaculture Center of the Faculty of Biotechnology and Fisheries

Natalia A. Golovacheva – Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Biology and Bioinformatics, Faculty of Biotechnology and Fisheries

Maxim D. Tsarkov – Engineer of the 1st category of the Aquaculture Center of the Faculty of Biotechnology and Fisheries

Yuliy V. Semeryakov – postgraduate student in the field of training 4.3.3. «Food systems» of the Faculty of Biotechnology and Fisheries

Andrey A. Shkel – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Biology and Bioinformatics, Faculty of Biotechnology and Fisheries

Address: MGUTU named after Razumovsky (PCU) – Russia, 109004, Moscow, Zemlyanoy Val str., 73

Annotation. In this work, 10 biochemical parameters of blood serum of rainbow trout grown in a system of closed-loop water supply installations (SLV) at various planting densities were studied: control (10.8 kg/m³), SLV No. 1 (14.4 kg/m³) and SLV No. 2 (18 kg/m³) in a chronic experiment lasting 60 days. It was revealed that with an increase in the planting density of fish to 18 kg/m³ over a period of 30 days, toxic nitrogen compounds in the form of nitrites accumulated in the cold-water system of the ultrasonic system, the concentration of which was 0.19 mg/l. Further, with the continuation of a long-term experiment, it was shown that on the 60th day in the water of UZV No. 1 and No. 2 outside the MPC there were indicators of nitrites and nitrates in concentrations of 0.1 and 0.16 mg/l, respectively, while not leading to a fatal outcome of the growing objects. It was shown that with an increase in the concentrations of nitrites and nitrates in the water in ultrasound No. 2, the biochemical parameters of fish blood exceeded the norm: the level of aspartate aminotransferase increased by 58%, creatinine – by 7.32%, alkaline phosphatase – by 64.1% and lactate dehydrogenase – by 37.8%, signaling a violation of the physiological status of the liver and kidneys. Based on the results of the work, it was determined that the study of 10 biochemical parameters of the blood of rainbow trout is an indicative system for determining the health status of fish during their cultivation under chronic stress due to increased planting density in the ultrasound.

Keywords: rainbow trout, nitrites, nitrates, blood biochemistry, planting density, *Oncorhynchus mykiss*, closed water supply installation

For citation: Klimuk A.A., Golovacheva N.A., Tsarkov M.D., Semeryakov Yu.V., Shkel A.A. (2024). Changes in hydrochemical parameters of the aquatic environment and biochemical parameters of fish blood serum from the planting density in the ultrasound // Fisheries. No. 3. Pp. 71-79. DOI: 10.36038/0131-6184-2024-3-71-79

Рисунки и таблица – авторские / The drawings and table were made by the author

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что радужная форель (*Oncorhynchus mykiss*) является основным объектом холодноводной аквакультуры РФ. В регионах, где существуют подходящие природно-климатические условия, распространённой формой промышленного рыбоводства форелевых является садковое выращивание [3]. В центральной России радужная форель выращивается в основном садковым методом в глубоководных пресноводных водоемах и в установках замкнутого водоснабжения (УЗВ)

[2]. Данные технологии предусматривают увеличенные плотности посадки для получения максимального рыбоводного эффекта за короткий промежуток времени. Содержание форели в УЗВ подразумевает постоянное ее выращивание при пониженных температурах водной среды (от 11 до 18 °С), в условиях обильного кормления, приводящего к накоплению в водной среде токсических продуктов метаболизма (соединений азота). Это негативно сказывается на работе установки, а именно – биофильтра (с азотфиксирующими

и нитрифицирующими бактериями в наполнителе), так как в холодной воде активность ассоциаций нитрифицирующих бактерий снижается [39], а высокая нагрузка системы аммонием, нитритами, нитратами и другими биогенными соединениями приводит к существенному ухудшению качества воды в УЗВ и может быть решена только регулярной подменой чистой водой [15] – приблизительно 10-18% от общего объема рыбоводной системы в сутки.

Наиболее важными для мониторинга токсичности водной среды в рыбоводных процессах являются аммонийные соли (предельно допустимые концентрации (ПДК) для воды рыбохозяйственного назначения которых составляют: аммоний (2,0 мг/л), нитрит-ион (3,0 мг/л) и нитрат-ион (45,0 мг/л) [7].

Очевидно, что ухудшение качества воды в УЗВ, при индустриальном выращивании лососевых, приводит к патологическим отклонениям в физиологических параметрах рыб, вызывая вспышки инфекционных и паразитологических заболеваний, ухудшая рыбопродукционные характеристики объектов выращивания [36; 16]. Наиболее токсичным элементом в водной среде для лососевых является нитрит [14]. Хорошо известно, что токсичность нитритов активизирует отток калия из скелетных мышц и эритроцитов крови, что приводит к нарушениям внутриклеточного и внеклеточного уровней K^+ . Перенос нитритов через мембрану эритроцитов приводит к окислению гемоглобина до метгемоглобина, что нарушает транспорт O_2 крови, приводя к гипоксии тканей и органов рыб.

Для оценки физиологических параметров культивируемых рыб, при гипоксии и иных заболеваниях, вызванных токсичностью элементов азотного ряда в водной среде, обычно измеряют уровни нитритов и хлоридов в организме рыб, не

учитывая важные биохимические органно-тканевые параметры [27]. Поэтому целью данной работы являлось сравнительное изучение 10 биохимических параметров крови *Oncorhynchus mykiss* при различных плотностях посадки в УЗВ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследования и условия содержания

Эксперимент был проведен на инфраструктурных ресурсах уникальной научной установки (УНУ) НТИРФ Рег №3662433 «Научно-исследовательский комплекс передовых технологий аквакультуры и гидроэкологии» – Универсальном мультипрофильном стенде аквабиотехнологий МГУТУ им. К. Г. Разумовского (ПКУ). *Объект исследования* – особи радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) весом $450,0 \pm 30,0$ г, которые содержались в условиях установок замкнутого водоснабжения (УЗВ) с объемом рыбоводных ёмкостей 800 л ($120 \times 90 \times 80$ см, Ш×Д×В), при температуре воды 16-17 °С, фотопериод 12:12 (рис. 1). Плотность посадки в контрольной группе составила 30 особей радужной форели ($10,8 \text{ кг/м}^3$). В первой группе (УЗВ №1) – 40 особей ($14,4 \text{ кг/м}^3$) и во второй группе (УЗВ №2) – 50 особей (18 кг/м^3). Эксперимент проводился в трехкратной повторности длительностью 60 суток; всего было задействовано 360 рыб.

Рыб кормили ежедневно (два раза в день в 10:00 и 18:00) коммерческим продукционным экструдированным комбикормом Sorrens Supreme-21 (Ø6 мм) (Нидерланды) по согласно принятым нормативам (суточная норма кормления составила 1,8%).

Гидрохимические измерения

Показатели воды измерялись в начале, на 30 сут. и в конце опыта до кормления рыбы. Из-



а)



б)

Рисунок 1. Рыбоводные линии установки замкнутого водоснабжения (а и б)

Figure 1. Fish hatchery lines of closed water supply installation (a and b)

меряли 8 параметров: растворенный кислород (O_2^-), pH (водородный показатель/показатель кислотности), аммонийный азот (NH_4^+), нитриты (NO_2^+), нитраты (NO_3^+), фосфаты (PO_4^{3-}), содержание меди (Cu_2^+) и железа суммарного (Fe_2^+ и Fe_3^+). Использовали сертифицированное оборудование (спектрофотометр ПЭ-5400ВИ (Россия) и pH-метр-иономер «Эксперт-001» (Россия), согласно общепринятым методикам (ПНД Ф. 14.1: 2: 4.112-97; РД 52.24.394-95; ПНД Ф 14.1:2:4.4-95; ПНД Ф 14.1:2:43-95).

Биохимический анализ

Анализ сыворотки крови проводили в конце эксперимента в каждой опытной группе, случайным образом отбирая по 3 рыбы без видимых повреждений. Взятие крови в количестве 1-1,2 мл производили до кормления из хвостовой вены; в качестве анестетика использовали раствор MS-222 (10 мг/л).

Биохимический анализ включал ряд показателей, отражающих состояние белкового (общий белок, альбумины, глобулины) и углеводного (глюкоза) обменов, а также – определение маркеров функции печени (аспартатаминотрансфераза (АСТ), аланинаминотрансфераза (АЛТ), лактатдегидрогеназа (ЛДГ) и щелочная фосфатаза) и почек (мочевина, креатинин). АСТ, АЛТ, креатинин и мочевину в сыворотке определяли при помощи биохимического анализатора CS-T240 (Китай) с использованием готовых реактивов (наборов), поставляемых компанией Spinreact Co (Испания), следуя инструкциям производителя. Уровни глюкозы в крови (ммоль/л) измеряли с использованием ферментных наборов, полученных от Bio-Merieux (Франция) [41]. Общий белок и альбумины сыворотки определяли согласно Doumas и др. [18] и Reiner [35], а содержание глобулинов рассчитывали математически.

Статистический анализ биохимических показателей крови рыб, как гидрохимических показателей, проводили с использованием критерия Манна-Уитни. Для анализа биохимических показателей рыб, выращиваемых при разной плотности посадки, использовали однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA) с апостериорным *post hoc* анализом по критерию Тьюки. Оценку нормальности распределения осуществляли с помощью критерия Шапиро-Уилка. При определении нормальности выборок и сравнения их использовали стандартный уровень значимости $p=0,05$. Статистический анализ данных производился с использованием GraphPad Prism version 9.0 software (GraphPad, San Diego, CA, USA).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Гидрохимические показатели водной среды

Температура воды при выращивании форели колебалась от 16 до 17 °С и в среднем составляла

$16 \pm 1,2$ °С. Некоторые из исследованных показателей воды за все время эксперимента не подвергались значительным изменениям и приняты далее в качестве констант (O_2 , pH, NH_4^+ , PO_4^{3-} , Cu_2^+ и Fe (сумм.)). Так, показатель кислородного насыщения (O_2) находился выше нормы (от 7 до 8 мг/л [1] и составлял $9,8 \pm 0,5$ (1 сут.), $9,82 \pm 0,6$ (30 сут.) и $10 \pm 0,3$ (60 сут.) мг/л в среднем во всех опытных УЗВ.

Показатель кислотности (водородный показатель, pH), также был в пределах нормы для выращивания радужной форели (pH=7,0). Нейтральная кислотность водной среды была во всех опытных УЗВ в начале и на 30 сут. эксперимента. На 60 сут. эксперимента pH была 7,0 только в контрольной водной среде и в УЗВ №1, а в УЗВ №2 реакция среды была незначительно сдвинута в сторону слабокислой – $6,4 \pm 0,4$.

Концентрации аммонийного азота в опыте не выходили за пределы нормы (2,0 мг/л) и составляли в среднем: $0,03 \pm 0,01$ (1 сут.), $0,05 \pm 0,01$ (30 сут.) и $0,2 \pm 0,02$ (60 сут.). Фосфат-ион в водной среде опытных УЗВ также не превышал норму на протяжении всего опыта и составлял в среднем $0,07 \pm 0,02$ (1 сут.), $0,06 \pm 0,02$ (30 сут.) и $0,1 \pm 0,02$ мг/л (60 сут.). Ионы меди на протяжении эксперимента в воде опытных УЗВ согласовывались и составляли 0,001 мг/л. Железо суммарное во всех группах на протяжении опыта превышало нормы ПДК (0,1 мг/л) и составляло $0,15 \pm 0,01$ мг/л.

Параметры азотного ряда могут оказывать токсическое действие и влиять на физиологическое состояние организма. Показатели содержания нитратов и нитритов, при использовании плотности посадки форели от 10,8 до 18,0 кг/м³, представлены на рисунке 2. Нитриты к концу эксперимента (60 сут.) не выходили за пределы нормы содержания во всех опытных группах (рис. 2а).

Фиксация увеличения нитратов была выявлена только на 60 сут. опыта в УЗВ №2 (рис. 2б), и составляла $50,5 \pm 4,2$ мг/л, что значительно превосходило контрольные значения в 3,6 раз ($p < 0,05$), и превышало норму в 1,12 раз.

Биохимический анализ сыворотки крови

Результаты анализов крови являются важными показателями при оценке здоровья рыб [19; 42], поскольку на параметры крови влияют как внутренние, так и внешние факторы среды [30]. При этом, биохимические анализы крови являются функциональными показателями для понимания физиологического состояния организма рыб [6].

При плотности посадки от 14,4 до 18,0 кг/м³, содержание в крови сывороточных белков находилось в пределах нормы. Однако показатель белкового обмена в контрольной группе был незначительно выше, чем в опытных группах на 4,46 и

6,14%, соответственно, и составил $35,8 \pm 1,71$ г/л, хотя это увеличение статистической достоверности не имело.

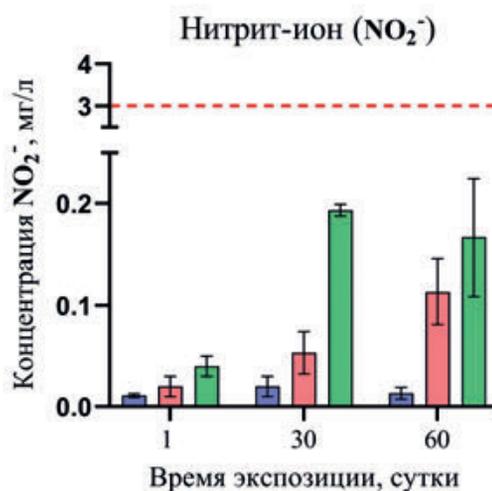
Как известно, глюкоза является связующим звеном между энергетическими и пластическими функциями углеводов [19]. Кроме того, глюкоза в крови у животных и рыб оценивается как маркер стресса, при котором в организме одним из первых в крови повышается её уровень. Это связано с поступлением адреналина в кровь, повышением концентрации и вязкости крови и пр. Глюкоза была повышена во всех группах (контроль, УЗВ №1, УЗВ №2) относительно нормы в 2 раза, соответственно на 103,7%, 48,1% и 134,6%. Повышение уровня глюкозы может свидетельствовать о развитии начальных стадий патологических процессов [40].

Кроме того, согласно результатам проведения биохимического анализа сыворотки крови рыб, на 60 сут. эксперимента в группе 1 и 2 были выявлены значительные отклонения от нормы по следующим параметрам: АСТ, креатинин, щелочная фосфатаза и ЛДГ.

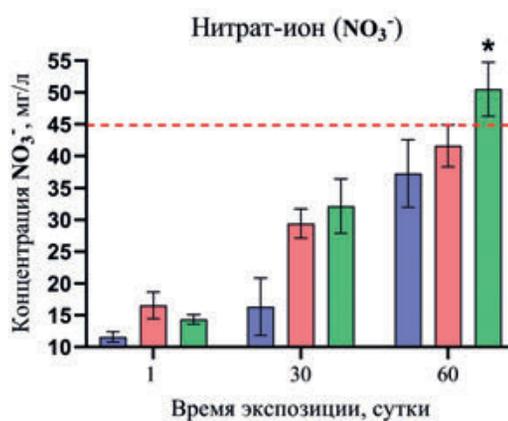
Повышение уровня АЛТ и АСТ в крови рыб является показателями токсичности воды [37] и представляют собой критические данные в диагностике функций пищеварения и целостности печени, сердечной мышцы и других внутренних органов [29; 33].

В результате проведенных экспериментов показано, что плотность посадки рыб $14,4 \text{ кг/м}^3$ (УЗВ №1) достоверно увеличивает концентрацию фермента аспаргиновой аминотрансферазы (АСТ) в 1,7 раза ($p < 0,05$), превышающую норму на 11%. Также наблюдалось увеличение АСТ у рыб группы УЗВ №2 в 2,4 раза, по сравнению с показателями контрольной группы, что выше нормальных значений на 58%. Зарегистрировано увеличение фермента аланинаминотрансферазы (АЛТ) на 27 и 31%, по отношению к значению нормы в обеих опытных группах. Данные ферменты могут служить маркерными показателями, отражающими начальные нарушения в печени и других внутренних органах. Проведенные исследования показали, что выявленные изменения активности сывороточных аминотрансфераз, на фоне разной плотности посадки (УЗВ №1 и №2), обусловлено высоким уровнем анаболических процессов азотистых веществ. При этом зафиксировано, что в сыворотке крови рыб с плотностью посадки $10,8 \text{ кг/м}^3$ уровень АСТ и АЛТ не выходил за пределы физиологической нормы и составлял $465,3 \pm 43,6$ и $16,7 \pm 3,41$ Ед/л.

Следовательно, уровень активности АЛТ и АСТ в сыворотке крови рыб, с плотностью посадки $10,8 \text{ кг/м}^3$, может свидетельствовать о лучшем использовании углеводов при получении энергии, а также замедлять катаболизм белка



а)



б)

■ Контроль ($10,8 \text{ кг/м}^3$)
 ■ УЗВ 1 ($14,4 \text{ кг/м}^3$)
 ■ УЗВ 2 ($18,0 \text{ кг/м}^3$)

Рисунок 2. Концентрации показателей азотного ряда на протяжении эксперимента: а – концентрации нитритов; б – концентрации нитратов. **Примечание:** красной пунктирной линией обозначены ПДК

Figure 2. Concentrations of nitrogen series indicators during the experiment: a – concentrations of nitrites; b – concentrations of nitrates.

Note: the red dotted line indicates the MPC

и повышать защитные функции печени даже при воздействии высокотоксичных веществ [20; 24].

Основным продуктом распада белков в организме является мочевины, с которой выводится ненужный организму азот. Концентрация мочевины в сыворотке крови повышается при различных патологиях мочеполовой системы. Анализируя полученные результаты, можно отметить, что показатели мочевины в сыворотке крови рыб оставались в пределах нормы, независимо от плотности посадки форели.

Известно, что уровень креатинина измеряется для оценки функционального состояния почек и рассматривается в качестве клиренсового показателя способности почек к фильтрации [12]. В данном исследовании наиболее значимые отличия установлены для креатинина, уровень которого в крови рыб с плотностью посадки 18,0 кг/м³ (УЗВ №2) превысил контроль в 2 раза ($p < 0,05$), что выше нормы на 7,32%. Креатинин был повышен и у рыб с плотностью посадки 14,4 кг/м³ (УЗВ №1) на 0,27%, относительно нормы (22,1–66,19 мкмоль/л). Ранее было установлено, что креатинин может повышаться при воздействии различных токсичных веществ [23].

Достаточно информативным показателем состояния биохимического статуса рыб является активность щелочной фосфатазы. Активность щелочной фосфатазы у рыб контрольной группы была в пределах физиологической нормы. Но в опытных группах активность щелочной фосфатазы превышала показатели нормы для рыб. Так, в крови форели группы УЗВ №2 уровень щелочной фосфатазы был в 1,8 раз ($p < 0,05$) выше по сравнению с контролем, что превышало показатели нормы на 64,1%. Кроме того, уровень щелочной фосфатазы был повышен и у рыб опытной группы УЗВ №1 на 51% выше нормы, но достоверных отличий с контрольными показателями не имела.

Лактадегидрогеназа является цинксодержащим внутриклеточным ферментом, катализирующим окисление молочной кислоты, до образования пирувата, его содержат практически все клетки организма. Заболевания, характеризующиеся разрушением клеток, сопровождаются повышением активности ЛДГ, что может быть отнесено и к патологическому действию на органы факторов, сопровождающих стресс-реакцию. Уровень лактатдегидрогеназы (ЛДГ) в сыворотке

крови рыб в опытной группе УЗВ №2 был увеличен в 4 раза ($p < 0,05$) (что выше нормы на 37,8%), по сравнению с контрольными данными, при этом в контрольной группе показатель ЛДГ был ниже нормы на 37,7%.

ОБСУЖДЕНИЕ

Изменение гидрохимических параметров водной среды в зависимости от плотности посадки рыб в УЗВ

По литературным данным известно, что ухудшение гидрохимических параметров водной среды в УЗВ оказывает непосредственное влияние на физиологические процессы рыб. Так, при повышении концентрации нитритов в воде, наблюдается нарушение функционирования жаберного аппарата из-за изменения осмотического баланса [14]. Имеющиеся литературные данные свидетельствуют о том, что лососевые относятся к числу рыб, наиболее чувствительных к нитриту [27]. Поскольку нитрит повышает долю метгемоглобина в крови, он снижает общую кислород-переносящую способность крови [43]. В нашей работе повышенные концентрации NO₂ в воде были вызваны нарушением работы биологических фильтров в УЗВ №2 на 2-й стадии нитрификации [34], то есть процесс окисления NO₂ до NO₃ был замедлен, что сопровождалось нарушениями в работе печени и почки форели, повышением ферментной активности аспаргиновой аминотрансферазы, креатинина, ЩФ и ЛДГ. Стоит отметить, что авторы, изучающие гипокалиемию в тканях карповых и лососевых, выдвинули гипотезу о приспособительной реакции многих видов рыб к повышенной концентрации нитритов и пришли к выводам, что гипокалиемия является сопутствующим признаком регенерации рыб после длительного воздействия низких кон-

Таблица 1. Биохимические показатели крови *Oncorhynchus mykiss* на 60 сутки опыта в экспериментальных УЗВ / **Table 1.** Biochemical parameters of *Oncorhynchus mykiss* blood on the 60th day of the experiment in experimental ultrasound

Параметр, ед. изм.	Норма [38; 21; 32]	Экспериментальные группы		
		Контроль (10,8 кг/м ³)	УЗВ №1 (14,4 кг/м ³)	УЗВ №2 (18,0 кг/м ³)
АСТ, Ед/л	234,6-712,8	465,3±43,6	790,9±20,9*	1129,2±214,5
АЛТ, Ед/л	7,8-21,0	16,7±3,41	26,6±4,02	27,5±6,36
Мочевина, мкмоль/л	0,56-2,82	2,32±0,11	1,73±0,35	2,77±0,4
Креатинин, мкмоль/л	22,1-66,19	32,2±4,54	66,4±10,5	71,0±12,25*
Общий белок, г/л	30,0-40,0	35,8±1,71	34,2±1,9	33,6±7,91
Альбумин, г/л	12,0-16,0	14,58±1,12	15,67±4,66	16,2±1,4
Глобулин, г/л	17,0-24,0	17,5±4,32	16,4±1,35	17,2±2,6
Щелочная фосфатаза, Ед/л	114,1-143,2	130,3±22,5	216,4±6,46	235,0±29,72*
Глюкоза, ммоль/л	1,92-2,7	5,5±0,79	4,0±0,85	6,3±0,6
ЛДГ, Ед/л	1020,0-1798,0	635,7±166,9	1419,0±639,2	2477,7±603,5*

Примечание: * - достоверное отличие от контроля при $p < 0,05$

центраций нитритов, то есть показательным маркером их акклиматизационной способности [26]. Эта гипотеза может быть подтверждена результатами 48-суточного эксперимента, проведенного Doblander и Lackner [17] на форели. В этом случае рыба подверглась воздействию 0,32 мг/л NO_2 , что способствовало накоплению нитритов в крови до высоких уровней (до 100 раз выше, чем в среде содержания), при этом продолжительное воздействие привело к 5-кратному снижению концентрации нитритов в крови. Поэтому, по мнению авторов, отравления нитритами могут быть обратимы.

Изменения биохимических параметров крови рыб при воздействии нитрит- и нитрат-ионов

Биохимические анализы крови являются функциональными показателями для понимания физиологического состояния организма рыб [5]. В результате проведенного содержания и кормления форели с разной плотностью посадки установлено, что уровень глюкозы во всех группах (контроль, УЗВ №1, УЗВ №2) был увеличен в 2 раза, соответственно – на 103,7%, 48,1% и 134,6%. Повышенное содержание глюкозы в крови, наблюдаемое на протяжении эксперимента, возникло вследствие острой стрессовой реакции рыб на присутствие нитрита и, связанным с этим, повышением в крови концентрации гормонов стресса [4].

Считается, что гипоксия печени лежит в основе механизма острой токсичности нитритов, создавая подходящие условия для токсического потенциала [13]. Таким образом, возникают необратимые повреждения биохимии и ультраструктуры печени на митохондриальном уровне. Кроме того, нитриты нарушают множество физиологических функций, включая ионорегуляторные, дыхательные, сердечно-сосудистые, эндокринные и выделительные процессы [22]. Системные повреждения печени, в результате длительного воздействия нитритов, подтверждаются нашими данными, так как ферментативная реакция этого органа была значительно увеличена, что сопровождалось повышением в крови ферментов АСТ и щелочной фосфатазы (сигналы о разрушении гепатоцитов), и маркера тканевой деструкции – ЛДГ, который является активным ферментом в работе печени и почки. Так, плотность посадки рыб 14,4 кг/м³ (УЗВ №1) привела к достоверному увеличению концентрации в крови аспаргиновой аминотрансферазы (АСТ) в 1,7 раз ($p < 0,05$), превышающую норму на 11%. Также наблюдалось увеличение АСТ у рыб группы УЗВ №2 в 2,4 раза, по сравнению с контрольными показателями, что выше нормы на 58%. Уровень

лактатдегидрогеназы (ЛДГ) в сыворотке крови рыб в опытной группе УЗВ №2 был увеличен в 4 раза ($p < 0,05$) (что выше нормы на 37,8%), по сравнению с контрольными данными, при этом в контрольной группе показатель ЛДГ был ниже нормы на 37,7%.

Ранее установлено, что креатинин может повышаться при воздействии различных токсичных веществ [23]. По окончании эксперимента было зарегистрировано увеличение уровня креатинина в крови рыб с плотностью посадки 18,0 кг/м³ (УЗВ №2), что в 2 раза превысило контрольные показатели и составило $71,0 \pm 12,25$ мкмоль/л. Креатинин был повышен и у рыб с плотностью посадки 14,4 кг/м³ (УЗВ №1) на 0,27% относительно нормы ($22,1-66,19$ мкмоль/л). Используемый в качестве индикатора состояния почечной активности, креатинин был значительно увеличен из-за формирования патологической реакции организма рыб на соединения азота в водной среде, что привело к нарушению выделительной системы, увеличению содержания креатинина в крови и, как следствие, повреждению осморегуляторной функции [31].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обработка полученных результатов позволяет сделать вывод о наличии взаимосвязи 10 биохимических показателей крови с повышенными концентрациями ионов азотного ряда в водной среде. Показано достоверное увеличение в кровотоке рыб, содержащихся в группе с высокой плотностью посадки (УЗВ №2), ферментов АСТ на 58%, креатинина – на 7,32%, щелочной фосфатазы – на 64,1% и ЛДГ – на 37,8%. Это происходит в результате длительного содержания рыб в водной среде при повышенных концентрациях нитритов, количество которых в УЗВ №2 на 60 сут. эксперимента составляло $0,16 \pm 0,05$ мг/л.

Регулирование плотности посадки товарных рыб является основополагающим параметром для успешного выращивания форели в холодноводной системе УЗВ. Весовые характеристики живой рыбы, при выращивании в УЗВ, определили оптимальные плотности 10,8 кг живой биомассы на 1 м³, что является безусловным оптимумом по гидрохимическим показателям водной среды и подтверждается биохимическим анализом сыворотки крови исследуемых рыб.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Вклад в работу авторов: Климук А.А. – идея работы, подготовка введения, заключения, статистический анализ данных, оформление графического материала; Головачева Н.А. – подготовка результатов и материалов и методов, окончательная проверка статьи; Царьков М.Д. – подготовка статьи к публикации, написание обсуждения; Семеряков Ю.В. – подготовка и анализ литературы

ных источников; Шкель А.А. – обработка результатов исследования.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Contribution to the work of the authors: Klimuk A.A. – the idea of the work, preparation of the introduction, conclusion, statistical analysis of data, design of graphic material; Golovacheva N.A. – preparation of results and materials and methods, final verification of the article; Tsarkov M.D. – preparation of the article for publication, writing a discussion; Semeryakov Yu.V. – preparation and analysis literary sources; Shkel A.A. – processing of research results.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

1. Есавкин Ю.И., Панов В.П., Золотова А.В., Завьялов А.П. Рост радужной форели в зависимости от температуры воды и концентрации кислорода. Мат. межд. науч.-практ. конф. «Развитие аквакультуры в регионах: проблемы и возможности». 2011. с. 84-90
2. Жигин А.В., Максименкова А.А. Опыт форелеводства в замкнутых системах. Мат. межд. науч.-практ. конф. «Новейшие генетические технологии для аквакультуры». 2020. с. 185-193
3. Крюков В.И., Зарубин А.В. Рыбоводство. Садковое выращивание форели в Центральной России. – Орёл: Автограф. 2011. 32 с.
4. Лапирова Т.Б. Влияние нитрит-ионов на некоторые показатели крови плотвы (*Rutilus rutilus* L.) при краткосрочном воздействии // Вода: химия и экология. 2016. № 2. с. 83-87
5. Микодина Е.В., Шатуновский М.И. Физиолого-биохимические исследования функционального гомеостаза рыб // Вопросы иктиологии. 2013. Т. 53. № 1. С. 113-113
6. Мингазова М.С., Мирошникова Е.П., Клякова Ю.В., Аринжанов А.Е. Биологическое действие кормовых добавок на организм карпа // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106, № 3. С. 121-137.
7. Онищенко Г.Г. СанПин 2.1. 4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества // М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России. 2002
8. ПНД Ф 14.1:2:4.4-95 «Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации нитрат-ионов в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с салициловой кислотой». – ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет. 2017. 18 с.
9. ПНД Ф 14.1:2:43-95. Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации нитрит-ионов в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Грисса – Москва: 2004.
10. ПНД Ф. 14.1: 2: 4.112-97 //Методика измерений массовой концентрации фосфат-ионов в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с молибдатом аммония. 2011.
11. РД 52.24.394-95 Методические указания. Определение ионов аммиака в водах с использованием ионоселективного электрода [Методические указания. Определение ионов аммиака в водах с использованием ионоселективного электрода]. ГХИ. Ростов-на-Дону. 1995. 9 с.
12. Тупикин В.Д., Полина Ю.В., Уврова И.А. [и др.]. Эффекты низкоинтенсивного электромагнитного излучения в структуре почек и надпочечников изолированно и при стрессе // Астраханский медицинский журнал. 2010. № 1. С. 282-285
13. Arillo A. et al. Biochemical and ultrastructural effects of nitrite in rainbow trout: Liver hypoxia as the root of the acute toxicity mechanism // Environmental Research. 1984. Т. 34. № 1. С. 135-154
14. Bodansky O. Methemoglobinemia and methemoglobin-producing compounds. Pharmacol. Rev. 1951. 3. Pp. 144-196
15. Cohen Y. Biofiltration—the treatment of fluids by microorganisms immobilized into the filter bedding material: a review // Bioresource technology. 2001. Т. 77. № 3. С. 257-274
16. Deborah T. Westin Nitrate and Nitrite Toxicity to Salmonoid Fishes, The Progressive Fish-Culturist, 1974. 36:2. Pp.86-89
17. Doblander C., Lackner R. Oxidation of nitrite to nitrate in isolated erythrocytes: a possible mechanism for adaptation to environmental nitrite. // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 1997. 54. Pp. 157-161.
18. Dumas B. T., Bayse D. D., Carter R. J., Peters Jr T. & Schaffer R. A candidate reference method for determination of total protein in serum. I. Development and validation. // Clinical chemistry. 1981. 27(10). Pp. 1642-1650.
19. Golovacheva NA, Ponomarev AK, Nikiforov-Nikishin DL, Brezhnev LL. The experience of using a mineral chelate additive for growing juveniles of the African sharptooth catfish (*Clarias Gariepinus*) in a recirculating aquaculture system. Published in SciELO Brazil 29 Aug 2022. // Brazilian Journal of Biology. 2024. 84:e265119. doi: 10.1590/1519-6984.265119
20. González JD, Silva-Marrero JI, Metón I, Caballero-Solares A, Viegas I, Fernández F, Miñarro M, Fàbregas A, Ticó JR, Jones JG, Baanante IV. Chitosan-mediated shRNA knockdown of cytosolic alanine aminotransferase improves hepatic carbohydrate metabolism. // Marine Biotechnology. 2016. 18(1) Pp. 85-97. doi: 10.1007/s10126-015-9670-8
21. Imani M., Halimi M., Khara H. Effects of silver nanoparticles (AgNPs) on hematological parameters of rainbow trout. *Oncorhynchus mykiss* // Comparative Clinical Pathology. 2015. Т. 24. Pp. 491-495
22. Jensen F.B. Nitrite disrupts multiple physiological functions in aquatic animals. // Comp. Biochem. Physiol. A. 2003. 135. Pp. 9-24
23. Kanu KC, Okoboshi AC, Otitolaju AA. Haematological and biochemical toxicity in freshwater fish *Clarias gariepinus* and *Oreochromis niloticus* following pulse exposure to atrazine, mancozeb, chlorpyrifos, lambda-cyhalothrin, and their combination. Comparative Biochemistry and Physiology Part C. // Toxicology & Pharmacology. 2023. 270. P. 109643. doi: 10.1016/j.cbpc.2023.109643
24. Kesbic OS, Acar U, Hassaan MS, Yilmaz S, Guerrera MC, Fazio F. Effects of tomato paste by-product extract on growth performance and blood parameters in common carp (*Cyprinus carpio*). Animals (Basel). 2022. 12(23):3387. doi: 10.3390/ani12233387
25. Kroupova H. et al. Nitrite influence on fish: a review // Veterinarni medicina-praha. 2005. Т. 50. № 11. P. 461
26. Kroupova H., Machova J., Píackova V., Blahova J., Dobsikova R., Novotny L., Svobodova Z. Effects of subchronic nitrite exposure on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). 2008. 71(3). 0-820. doi:10.1016/j.ecoenv.2008.01.015

27. Lewis Jr W.M., Morris D.P. Toxicity of nitrite to fish: a review // Transactions of the American fisheries society. 1986. T. 115. №. 2. Pp. 183-195
28. Lewis William M., Morris Donald P. Toxicity of Nitrite to Fish. // A Review. Transactions of the American Fisheries Society. 1986. 115(2). Pp. 183-195. doi:10.1577/1548-8659(1986)115<183:TONTF>2.0.CO;2
29. Liu WB, Wang MM, Dai LY, Dong AH, Yuan XD, Yuan XD, Yuan SL, Tang Y, Liu JH, Peng LY, Xiao YM. Enhanced immune response improves resistance to cadmium stress in triploid crucian carp. // Frontiers in Physiology. 2021. 12:666363. doi: 10.3389/fphys.2021.666363
30. Ma L, Kaneko G, Xie J, Wang G, Li Z, Tian J, Zhang K, Xia Y, Gong W, Li H, Yu E. Safety evaluation of four faba bean extracts used as dietary supplements in grass carp culture based on hematological indices, hepatopancreatic function and nutritional condition. Peer J. 2020. 8:e9516. doi: 10.7717/peerj.9516
31. Marshall W.S. et al. The physiology of fishes. 2005
32. Nabi N, Ahmed I, Wani GB. Hematological and serum biochemical reference intervals of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* cultured in Himalayan aquaculture: Morphology, morphometrics and quantification of peripheral blood cells. // Saudi journal of biological sciences. 2022 29(4) Pp. 2942-2957. doi: 10.1016/j.sjbs.2022.01.019
33. Nabi N., Ahmed I., Wani G.B. Hematological and serum biochemical reference intervals of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* cultured in Himalayan aquaculture: Morphology, morphometrics and quantification of peripheral blood cells // Saudi Journal of Biological Sciences. 2022. T. 29. №. 4. Pp. 2942-2957
34. Neissi A, Rafiee G, Farahmand H, Rahimi S, Mijakovic I. Cold-Resistant Heterotrophic Ammonium and Nitrite-Removing Bacteria Improve Aquaculture Conditions of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). // Microb Ecol. 2020 Aug. 80(2) Pp. 266-277. doi: 10.1007/s00248-020-01498-6. Epub 2020 Mar 11. PMID: 32162039; PMCID: PMC7371659
35. Reiner M. (ed.). Standard methods of clinical chemistry. // Elsevier. 2012. T. 1
36. Russell N. J. et al. Membranes as a target for stress adaptation // International journal of food microbiology. 1995. T. 28. №. 2. Pp. 255-261
37. Singh R, Wang Z, Marques C, Min R, Zhang B, Kumar S. Alanine aminotransferase detection using TIT assisted four tapered fiber structure-based LSPR sensor: From healthcare to marine life. // Biosensors and Bioelectronics. 2023. 236. 115424. doi: 10.1016/j.bios.2023.115424
38. Skonberg D.I. et al. Metabolic response to dietary phosphorus intake in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) // Aquaculture. 1997. T. 157. №. 1-2. Pp. 11-24
39. Taotao Z. et al. Nitrogen removal efficiency and microbial community analysis of ANAMMOX biofilter at ambient temperature // Water Science and Technology. 2015. T. 71. №. 5. Pp. 725-733
40. Tomasso J. R. Toxicity of nitrogenous wastes to aquaculture animals // Reviews in Fisheries Science. 1994. T. 2. №. 4. Pp. 291-314
41. Trinder P. Determination of glucose in blood using glucose oxidase with an alternative oxygen acceptor // Annals of clinical Biochemistry. 1969. T. 6. №. 1. C. 24-27
42. Ullah M, Yousafzai AM, Muhammad I, Ullah SA, Zahid M, Khan MI, Khan K, Khayyam, Nayab GE, Aschner M, Alsharif KF, Alzahrani KJ, Khan H. Effect of cypermethrin on blood hematology and biochemical parameters in fresh water fish *Ctenopharyngodon idella* (Grass Carp). // Cell and Molecular Biology. 2022. 68(10-10). Pp. 15-20. doi: 10.14715/cmb/2022.68.10.3
43. Westin D.T. Nitrate and nitrite toxicity to salmonoid fishes // The Progressive Fish-Culturist. 1974. T. 36. №. 2. C. 86-89

LITERATURE AND SOURCES

1. Yesavkin Yu.I., Panov V.P., Zolotova A.V., Zavyalov A.P. (2011). Growth of rainbow trout depending on water temperature and oxygen concentration. Mat. international scientific and practical conference "Development of aquaculture in the regions: problems and opportunities". Pp. 84-90. (In Russ.)
2. Zhigin A.V., Maksimenkova A.A. (2020). The experience of trout farming in closed systems. Mat. international scientific practice. conf. "The latest genetic technologies for aquaculture". Pp. 185-193. (In Russ.)
3. Kryukov V.I., Zarubin A.V. (2011). Fish farming. Cage trout farming in Central Russia. – Orel: Autograph. 32 p. (In Russ.)
4. Lapirova T.B. (2016). The effect of nitrite ions on some blood parameters of roach (*Rutilus rutilus* L.) with short-term exposure // Water: chemistry and ecology. No. 2. Pp. 83-87. (In Russ.)
5. Mikodina E.V., Shatunovsky M.I. (2013). Physiological and biochemical studies of functional homeostasis of fish // Questions of ichthyology. Vol. 53. No. 1. Pp. 113-113. (In Russ.)
6. Mingazova M.S., Miroshnikova E.P., Kilyakova Yu.V., Arinzhanov A.E. Biological effect of feed additives on the body of carp // Animal husbandry and feed production. 2023. Vol. 106, No. 3. Pp. 121-137. (In Russ.)
7. Onishchenko G.G. (2002). SanPiN 2.1. 4.1074-01. Drinking water. Hygienic requirements for the water quality of centralized drinking water supply systems. Quality control // Moscow: Federal Center for State Sanitary and Epidemiological Supervision of the Ministry of Health of the Russian Federation. (In Russ.)
8. HDPE F 14.1:2:4.4-95 "Quantitative chemical analysis of waters. The method of measuring the mass concentration of nitrate ions in drinking, surface and wastewater by photometric method with salicylic acid". – IS "Techempert: 6th generation" Intranet. 2017. 18 p. (In Russ.)
9. MON F 14.1:2:43-95. Quantitative chemical analysis of waters. Method of measuring the mass concentration of nitrite ions in drinking, surface and wastewater by photometric method with Grissa reagent - Moscow: 2004. (In Russ.)
10. HDPE F. 14.1: 2: 4.112-97 //The method of measuring the mass concentration of phosphate ions in drinking, surface and wastewater by photometric method with ammonium molybdate. 2011. (In Russ.)
11. RD 52.24.394-95 Guidelines. Determination of ammonia ions in waters using an ion-selective electrode [Guidelines. Determination of ammonia ions in waters using an ion-selective electrode]. GHEE. Rostov-on-Don. 1995. 9 p. (In Russ.)
12. Tupikin V.D., Polina Yu.V., Uvrova I.A. [et al.]. Effects of low-intensity electromagnetic radiation in the structure of the kidneys and adrenal glands in isolation and under stress // Astrakhan Medical Journal. 2010. No. 1. Pp. 282-285. (In Russ.)

Материал поступил в редакцию / Received 12.02.2024
Принят к публикации / Accepted for publication 02.04.2024



Биологические аспекты культивирования австралийского красноклешневого рака *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) в России

Обзорная статья
УДК 639.517

DOI: 10.36038/0131-6184-2024-3-80-92

Борисов Ростислав Русланович – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела аквакультуры беспозвоночных, Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), Москва, Россия
E-mail: borisovrr@mail.ru

Жигин Алексей Васильевич – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник отдела аквакультуры беспозвоночных, Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»); профессор кафедры аквакультуры и пчеловодства Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева (ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева»), Москва, Россия
E-mail: azhigin@gmail.com

Ковачева Николина Петкова – доктор биологических наук, Москва, Россия
E-mail: nikolinak@mail.ru

Кряхова Наталия Владимировна – кандидат биологических наук, начальник отдела аквакультуры беспозвоночных, Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), Москва, Россия
E-mail: nvkryachova@mail.ru

Никонова Ирина Николаевна – ведущий специалист отдела аквакультуры беспозвоночных, Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), Москва, Россия
E-mail: ranico@yandex.ru

Адреса:

1. Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО») – Россия, 105187, Москва, Окружной проезд, д. 19
2. Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева (ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева») – Россия, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

Аннотация. Австралийский красноклешневый рак *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) – один из перспективных объектов мировой аквакультуры. В статье, на основе выполненных исследований жизненного цикла, роста, критических значений температур, устойчивости к солености, кормовых предпочтений австралийского красноклешневого рака, рассмотрены современное состояние и перспективы культивирования этого вида в России. Определены слабые и сильные стороны современных технологий. Наиболее перспективными для культивирования австралийского красноклешневого рака являются южные регионы России, в которых возможно выращивание вида в летний период в прудовой аквакультуре более трех-четырёх месяцев при температурах выше 20 °С. Для повышения эффективности культивирования рекомендуется использовать технологии, совмещающие товарное прудовое выращивание с получением и подращиванием молоди в УЗВ.

Ключевые слова: австралийский красноклешневый рак, *Cherax quadricarinatus*, аквакультура, питание, соленость, температура, критические показатели, границы оптимума, УЗВ

Для цитирования: Борисов Р.Р., Жигин А.В., Ковачева Н.П., Кряхова Н.В., Никонова И.Н. Биологические аспекты культивирования австралийского красноклешневого рака *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) в России // Рыбное хозяйство. 2024. № 3. С. 80-92. DOI: 10.36038/0131-6184-2024-3-80-92

BIOLOGICAL ASPECTS OF CULTIVATION OF THE AUSTRALIAN RED-CLAWED CRAYFISH *CHERAX QUADRICARINATUS* (VON MARTENS, 1868) IN RUSSIA

Rostislav R. Borisov – doctor of Biological Sciences Leading Researcher of Invertebrates aquaculture division of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO), Moscow, Russia

Aleksey V. Zhigin – doctor of Agricultural Sciences, principal researcher; professor, of Invertebrates aquaculture division of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO); professor of Aquaculture and Beekeeping department of Russian State Agrarian University named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia

Nikolina P. Kovacheva – doctor of Biological Sciences, Moscow, Russia

Nataliya V. Kryakhova – Candidate of Biological Sciences Head of the Department of Invertebrates aquaculture division of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO), Moscow, Russia

Irina N. Nikonova – leading specialist of Invertebrates aquaculture division of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO), Moscow, Russia

Addresses:

1. Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO) – Russia, 105187, Moscow, Okružnoy proezd, 19
2. Aquaculture and Beekeeping department of Russian State Agrarian University named after K.A. Timiryazev – Russia, 127550 Moscow, Timiriazevskaia st., 49

Annotation. The Australian redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) is one of the promising subjects of global aquaculture. In the article on the basis of studies of life cycle, growth, critical values of temperature, salinity tolerance, feeding preferences of Australian redclaw crayfish the current state and prospects of cultivation of this species in Russia are considered. The weaknesses and strengths of current technology are identified. The most promising for the cultivation of the Australian redclaw crayfish are the southern regions of Russia, where it

is possible to grow the species in summer in pond aquaculture for more than three to four months at temperatures above 20 °C. To achieve higher cultivation efficiency, it is recommended to use technologies that combine commercial pond rearing with the production and rearing of juveniles in a closed recirculation system.

Keywords: Australian redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus*, aquaculture, nutrition, salinity, temperature, critical indices, optimum boundaries, RAS

For citation: Borisov R.R., Zhigin A.V., Kovacheva N.P., Kryakhova N.V., Nikonova I.N. (2024). Biological aspects of cultivation of the Australian red-clawed crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) in Russia // Fisheries. No. 3. Pp. 80-92. DOI: 10.36038/0131-6184-2024-3-80-92

Рисунки – авторские / The drawings was made by the author

ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на большое количество исследований, направленных на изучение биологии и возможности культивирования аборигенных видов речных раков, главным образом широкопалого и длиннопалого, в силу целого комплекса причин (биологических и экономических) опыт искусственного воспроизводства нативных видов раков в целом остается нереализованным. В сложившихся условиях, в качестве альтернативы выращиванию долгорастущих аборигенных видов речных раков, для повышения продуктивности аквакультуры ракообразных в России является введение в нее новых быстрорастущих тропических видов. Одним из них является австралийский красноклешневый рак *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) – достаточно крупный представитель речных раков с длиной тела до 20 см. Этот вид раков сравнительно недавно стал объектом разведения – работы по его культивированию были начаты в 80-х годах прошлого века, и его продуктивный потенциал еще не раскрыт в полной мере до настоящего времени. На территории Европейских стран и России, в качестве объекта аквакультуры и аквариумистики, этот вид появился еще позднее – в начале нынешнего столетия [1]. При этом хорошо известно, что с 1990-х годов в ряде стран с субтропическим и тропическим климатом красноклешневый рак акклиматизирован и используется в аквакультуре. К ним относятся Аргентина, Белиз, Израиль, Индонезия, Испания, Италия, Китай, Марокко, Мексика, Панама, США, Уругвай, Эквадор и ряд других государств [2; 3]. В Китай красноклешневый рак был завезен в 1992 г. и постепенно стал очень важным видом культивирования в интегрированной системе выращивания риса и водных животных [4]. На сегодняшний день австралийский красноклешневый рак отмечен в 67 странах/территориях, а его устойчивые популяции присутствуют в естественных водоемах 22 стран на всех континентах кроме Антар-



Рисунок 1. Австралийский красноклешневый рак *Cherax quadricarinatus* (слева) и длиннопалый рак *Pontastacus leptodactylus* (справа)

Figure 1. Australian redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (leftward) and narrow-clawed crayfish *Pontastacus leptodactylus* (rightward)

ктиды [5; 6]. Однако, несмотря на широкое распространение, объем производства этого вида все еще мал и составляет в среднем около 400 т в год [7].

В России, по имеющимся данным, впервые в качестве объекта аквакультуры австралийских красноклешневых раков начали разводить в Астраханской области в 2005 году. Там проводились работы по изучению его биологических особенностей и перспектив товарного выращивания [8-13]. Позднее в регионе проводились и другие исследования, направленные на более

глубокое изучение частных вопросов, касающихся методов разведения австралийских раков в южных регионах страны [14-20]. В дальнейшем интерес к разведению красноклешневого рака постепенно распространился на другие южные регионы России с относительно теплым и продолжительным летним периодом – в частности, в Краснодарском и Ставропольском краях, Ростовской, Волгоградской областях, Республике Крым, где стали появляться единичные опытно-промышленные хозяйства пока с небольшим объемом производства – до 1 т раков в год. Использование установок с замкнутым водоиспользованием (УЗВ) способствовало расширению возможности выращивания этого вида раков в более северных областях – Воронежской, Московской и даже Архангельской, а также в других регионах.

Цель нашего исследования – определение возможностей, преимуществ и недостатков австралийского красноклешневого рака как объекта аквакультуры в различных регионах России, с учетом особенностей биологии вида и абиотических условий регионов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Эксперименты по исследованию влияния температуры и солености на рост, активность, потребление кормов и выживаемость австралийского красноклешневого рака выполнены в аквариальной отделе аквакультуры беспозвоночных ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», по прудовому выращиванию – на базе НЭКА «БИОС» Волжско-Каспийского филиала ВНИРО и Центра аквакультуры «Взморье» Азово-Черноморского филиала ВНИРО. Для содержания и проведения экспериментальных работ в условиях УЗВ использовали ёмкости объемом 200 литров. Для очистки воды от продуктов азотистого обмена применяли внешние фильтры Eheim 2215 и 2260 (Германия). Гидрохимические показатели (NH_4^+ , NO_2^- и NO_3^-) в период проведения соответствовали нормативам [21]. Для поддержания необходимых температур в экспериментах использовали нагреватели и проточные холодильники.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Окраска особей австралийского красноклешневого рака из природной среды преимущественно зеленовато-бурая с синими элементами и с желтыми пестринами. Участки между сегментами обычно выделены красным, голубым, оранжевым или розовым цветами. У раков, выращиваемых в искусственных условиях, в зависимости от состава кормов и условий содержания окраска может отличаться от

окраски особей, выросших в естественной среде [22]. Самцы австралийского красноклешневого рака, как правило, крупнее самок и демонстрируют более высокие темпы роста [23; 24], имеют более высокий выход мяса и привлекательную, с коммерческой точки зрения, яркую окраску. Отличительной особенностью самцов данного вида является ярко оранжевое пятно на внешней стороне клешни. В сравнении с нативными видами раков австралийский красноклешневый рак отличается более ярким и экзотическим видом (*рис. 1*), а также высокими вкусовыми качествами мяса, что позволяет позиционировать его на рынке в качестве элитного продукта. Мясо сосредоточено, главным образом, в абдомене (клешни небольшие) и имеет более плотную консистенцию, чем у длиннопалого рака. При этом, по данным К.Р. Томсона с соавторами [25], выход мяса у красноклешневого рака составляет 27,4% у самцов и 27,9% у самок, а по нашим данным – 31,9 и 32,8%, соответственно. Это примерно в полтора раза выше, чем у длиннопалого рака [26]. К коммерческим недостаткам можно отнести более твердые покровы (для разделки могут понадобиться специальные нож или ножницы) и менее яркую, чем у аборигенных видов, окраску после варки.

У австралийского красноклешневого рака, также как и у других видов речных раков, отсутствуют планктонные личиночные стадии. Самка вынашивает икру и молодь первых стадий на плеоподах под абдоменом (*рис. 2*). Молодь покидает самку на третьей стадии. Плодовитость красноклешневого рака может достигать 1000 яиц (в среднем от 300 до 800 яиц) на самку и зависит от размера особи [27; 28]. Это в среднем в 2-3 раза выше, чем у аборигенных видов раков, но существенно меньше, чем у имеющих планктонную личинку видов десятиногих ракообразных, плодовитость которых может достигать десятков и даже сотен тысяч яиц на самку. Относительно невысокая плодовитость речных раков делает необходимым для производства посадочного материала содержание большого маточного стада.

Речные раки обладают твердым, неподдающимся растяжению экзоскелетом. По этой причине рост и изменения в морфологии у них происходят только в результате линьки. В естественных условиях своего нативного ареала самцы австралийского красноклешневого рака могут достигать массы 500 г, а самки – 400 г [29], но при содержании в аквариуме раки редко приближаются к размерам выросших в естественной среде особей [30]. Изменения показателей массы и длины тела связаны между собой. Это позволяет производить рас-



Рисунок 2. Развитие икры и молоди австралийского красноклещевого рака: А – икра на плеоподах самки; Б – молодь первой стадии на плеоподах самки; В – молодь второй стадии на плеоподах самки; Г – молодь третьей стадии после схода с самки

Figure 2. Development of eggs and juveniles of the Australian redclaw crayfish: А – eggs on the pleopods of the female; В – juveniles of first stage on the female's pleopods; В – juveniles of second stage on the female's pleopods; D – juveniles of third stage after leaving the female

чет длины или массы тела особей путем измерения лишь одного из названных параметров с определением пола, снижая физическое воздействие на раков при проведении бонитировочных мероприятий (рис. 3). При измерении длины чаще всего используются два варианта измерения: с учетом длины рострума (зоологическая длина) и без учета длины рострума (промысловая длина).

Для австралийского красноклещевого рака характерна высокая скорость роста. При благоприятных условиях особи могут достигать товарного размера за 6-8 месяцев с момента выхода из икры. Такие показатели роста в несколько раз выше, чем у аборигенных видов речных раков. Для достижения высоких скоростей роста ракам необходимы относительно высокие температуры, обильная и разнообразная кормовая база, а также низкая плотность содержания. При высоких плотностях содержания происходит значительное торможение скорости роста и угнетение отдельными «лидера-

ми» остальной части группы (рис. 4). Особенно сильно этот эффект проявляется при культивировании раков в условиях бассейнов при использовании УЗВ [31]. Снижению проявления этого негативного эффекта способствуют своевременные сортировки и рассадки раков, а также увеличение площади бассейнов для культивирования.

В условиях России главным ограничивающим фактором для культивирования австралийских красноклещевых раков является температурный режим водоемов. Будучи тропическим видом, красноклещевый рак хорошо чувствует себя при высоких температурах, но не выдерживает длительного пребывания при температуре ниже 10 °С [32; 33]. В ряде экспериментов было показано, что красноклещевые раки могут выдерживать в течение некоторого времени и более низкие температуры, но не могут перезимовать в условиях Европы [34]. В проведенных нами экспериментах (рис. 5) существенное снижение потребления корма раками отмечено при температуре ниже

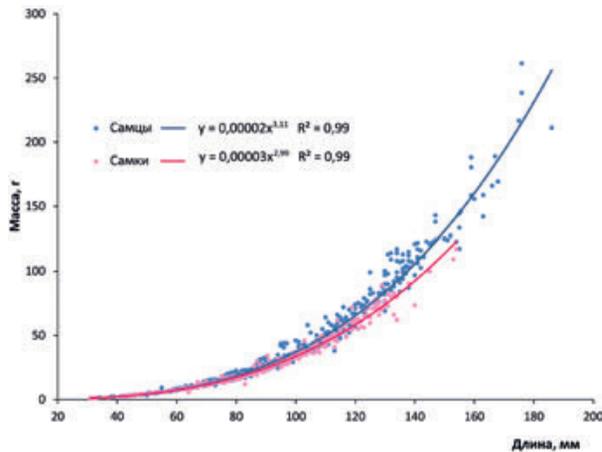


Рисунок 3. Соотношение промысловой длины (измеряется без учета длины рострума) и массы тела у самцов и самок австралийского красноклешневого рака

Figure 3. The ratio of minimum allowable length (measured excluding rostrum length) and body weight in males and females of the Australian redclaw crayfish

18 °С. При температуре ниже 15 °С раки практически полностью отказались от пищи, но при этом сохраняли двигательную активность. При температуре 12 °С раки перестали реагировать на корм. При снижении температуры до 7-8 °С раки практически полностью утратили подвижность, но сохраняли при этом признаки жизни. При последующем постепенном повышении температуры первые случаи поедания раками кормов зафиксированы при значении выше 17 °С (рис. 5). Потребление корма раками оставалось на очень низком уровне до температуры 21 °С и постепенно восстановилось при достижении 25 °С (рис. 5).

В экспериментах по длительному содержанию красноклешневых раков при температурах 11-12, 14-15, 17-18, 19-20, 24-25 °С нами установлено, что снижение температуры содержания не приводит к полной блокировке линочных процессов, но уменьшает частоту линек и увеличивает продолжительность межлиночных периодов. При этом линьки при температурах 11-12 и 14-15 °С во всех случаях заканчивались гибелью особей. При температуре 11-12 °С раки полностью отказывались от пищи, а при 14-15 °С отмечены случаи питания, но его интенсивность была низкой. При температурах 17-18 и 19-20 °С особи питались активней, однако интенсивность питания и интерес к кормовым объектам при этих температурах был значительно ниже, чем при температуре 24-25 °С.

Снижение температуры негативно сказывается на интенсивности роста. Так, у молоди при

температурах ниже 20 °С происходит значительное снижение активности, скорости роста, устойчивости к болезням. Низкие температуры также блокируют репродуктивные функции. Проблемы с развитием икры могут наблюдаться уже при температуре ниже 21-22 °С [35], а для спаривания нужна температура выше 23 °С [29].

Оптимальным для австралийского красноклешневого рака, по нашим и литературным данным [36], является диапазон температуры воды от 23 до 31 °С, а для ускорения развития и роста молоди необходимо поддерживать температуру 27-29 °С.



Рисунок 4. Пример неравномерного роста молоди австралийского красноклешневого рака одного нереста в условиях УЗВ

Figure 4. Illustration of discontinuous growth of Australian redclaw crayfish juveniles from one spawning under RAS conditions

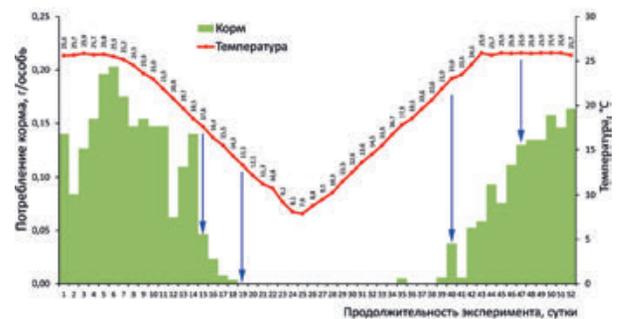


Рисунок 5. Динамика пищевой активности красноклешневых раков в зависимости от температуры; стрелками отмечены моменты существенного изменения в потреблении корма

Figure 5. Dynamics of food activity of redclaw crayfish depending on temperature; arrows indicate moments of significant changes in food consumption



Рисунок 6. Раки после вылова из прудов Центра аквакультуры «Взморье» Азово-Черноморского филиала ВНИРО

Figure 6. Crayfishes after harvesting from the ponds of the «Vzmorye» Aquaculture Center of the Azov-Black Sea Branch of VNIRO

Таким образом, вследствие чувствительности вида к низким температурам его неконтролируемое расселение возможно только в тропических и субтропических широтах в водоемах со стабильно высокими температурами. Смоделированный потенциальный ареал австралийского красноклешневого рака, основанный на климатических предпочтениях, не включает Европу [37]. Тем не менее, красноклешневые раки были зафиксированы в дикой природе в водоемах ряда европейских стран, где однако не образовали устойчивых популяций [38]. Приспособиться к круглогодичному существованию красноклешневые раки смогли в нескольких нетипичных для Европы термальных водоемах Словении и Венгрии [39; 40]. На основе имеющихся данных, можно предполагать, что на территории России, при проникновении австралийского красноклешневого рака в естественные водоемы, его воздействие на экосистемы будет небольшим и сопоставимым с влиянием нативных видов, а также будет ограничено летне-осенним периодом. Из-за суровых температурных режимов водоемов в зимний период риск образования устойчивых популяций отсутствует. Таким образом, он не может выступать в качестве конкурента нативных видов. Вместе с тем красноклешневый рак может представлять некоторую опасность как источник заболеваний. Хотя для этого вида зарегистрировано небольшое количество заболеваний, вопросы их лечения и профи-

лактики до сих пор недостаточно изучены и этот вопрос требует дополнительного внимания.

Одной из основных проблем на пути интенсификации культивирования красноклешневого рака является агрессивное поведение и каннибализм, свойственные большинству видов десятиногих ракообразных. Особенно сильно эти явления проявляются при повышенных плотностях посадки в бассейнах. Раки обладают плотными покровами, и в большинстве случаев жертвами каннибализма становятся особи во время линьки. Вместе с тем австралийские красноклешневые раки считаются менее агрессивными, чем большинство представителей североамериканских видов [41].

Снижению каннибализма и агрессии способствует установка в ёмкостях для культивирования субстратов и убежищ. Использование специализированных субстратов значительно увеличивает площадь поверхностей, по которым раки могут перемещаться, а также усложняет саму структуру пространства, за счет появления локальных преград и формирования ярусности. Это позволяет сократить количество контактов между раками, и, соответственно, увеличить возможности особей избежать агрессии, что особенно важно для недавно перелинявших раков. Однако применение даже большого количества субстратов и укрытий не позволяет полностью решить проблему каннибализма, а значит, данные меры должны сочетаться с подбором оптимальных плотностей посадки.

Благоприятным для аквакультуры свойством австралийского красноклешневого рака является устойчивость вида к колебаниям гидрохимических показателей (снижению концентрации растворенного кислорода, значительным изменениям рН в течение суток, низкой щелочности, повышению содержания аммония и нитритов) [28; 42; 43]. Красноклешневый рак также отличается эвригалинностью – взрослые особи на протяжении неопределенного времени выдерживают соленость воды до 5‰ и 15‰ в течение нескольких дней [42], а молодь, по нашим наблюдениям, может активно расти при солености до 10‰.

Исследования питания красноклешневого рака, в условиях естественной кормовой базы прудов Астраханской области, показали, что основу его рациона составляют различные растительные остатки, а основным источником белка являются макробеспозвоночные, в первую очередь – различные личинки насекомых [20].

Учитывая особенности климатических условий нашей страны, даже в самых южных регионах содержание производителей, получение и подращивание молоди осуществляются в отапливаемых помещениях в условиях УЗВ. При

этом в дальнейшем товарное выращивание может осуществляться либо в прудах хозяйств, либо в бассейнах УЗВ круглогодично. Продолжительность культивирования красноклешневого рака в прудах, при оптимальных температурах, от посадочного материала до товарной продукции составляет около 3-4 месяцев. В этой связи выращивание раков в прудах возможно только в регионах, в водоемах которых температура воды держится выше 20 °С три и более месяцев. Такие условия имеются в регионах, принадлежащих к V и VI зонам прудового рыбоводства. Повысить эффективность культивирования в прудах и использовать водоемы с меньшим периодом допустимых температур можно за счет использования прудов-теплиц и выпуска более крупного посадочного материала.

При этом, по мнению многих исследователей, единственным коммерчески выгодным методом культивирования красноклешневого рака пока остается прудовое выращивание, в том числе комбинированным способом в сочетании с УЗВ для получения и подращивания молоди. Основными преимуществами прудового выращивания являются высокие скорости роста раков, низкие показатели потерь в результате каннибализма и неравномерности роста, а также возможность минимизировать расходы на корма за счет использования раками естественной кормовой базы.

Практика прудового выращивания красноклешневого рака в условиях юга России показывает, что обычно используются плотности посадки молоди от 0,5 до 2,0 экз./м². Практикуемая невысокая плотность посадки видимо объясняется ограниченным количеством подращенной молоди для высадки в имеющиеся пруды. Вместе с тем низкие плотности посадки позволяют минимизировать, за счет использования раками естественной кормовой базы водоемов, затраты на кормление и сохранить высокую скорость и равномерность роста на всем протяжении сезона культивирования (рис. 6).

Красноклешневые раки не занимаются активным строительством нор, тогда как разрушительное воздействие «строительной» деятельности некоторых видов речных раков является серьезной проблемой для прудов. При высоких плотностях посадки для раков в пруды устанавливают искусственные убежища. Облов прудов в конце сезона может представлять определенную проблему в случае высокой степени их зарастания. При медленном сливе воды часть раков в пруду перемещается с основным уровнем водоема и может быть отловлена в сетчатый уловитель на вытоке, но если пруд имеет заросшее и неровное дно, то после спуска воды раки перестают двигаться с ее током. Интерес-

ной особенностью красноклешневых раков является их предпочтение двигаться против течения при наличии медленного, но устойчивого тока воды в пруду (рис. 7). Предполагают, что это адаптивная реакция на весенние паводки в их естественной среде обитания. Эта особенность раков позволяет применять для их отлова достаточно эффективный способ, который предполагает использование специальных потоковых ловушек [28; 31].

Выращивание товарных раков в бассейнах УЗВ сталкивается с рядом существенных сложностей, главной из которых, пожалуй, является необходимость значительного снижения плотности посадки на заключительных этапах культивирования. Это приводит к низкой ракопродуктивности, что на фоне затраченных капиталовложений и эксплуатационных затрат делает товарное выращивание раков в УЗВ недостаточно эффективным, по сравнению с выращиванием в прудах.

Главным недостатком прудового выращивания раков в условиях России является его сезонный характер. Частично сезонность получения урожая и, соответственно, поставок живой товарной продукции можно решить путем организации специализированных баз передержки, содержание раков в которых должно осуществляться с учетом особенностей биологии тропических видов при



Рисунок 7. Раки, пришедшие после осушения пруда к месту подачи воды в пруду НЭКА «БИОС» Волжско-Каспийского филиала ВНИРО

Figure 7. Crayfish came after draining the pond to the water supply point in the pond of scientific experimental complex «BIOS» of the Volga-Caspian branch of VNIRO

температурах, достаточных для сохранения высокой жизнеспособности особей при минимизации интенсивности обменных процессов.

Для повышения эффективности выращивания, как в прудовых, так и в бассейновых условиях остро стоит вопрос разработки специализированных комбикормов для разных стадий их развития и технологических этапов. Австралийский красноклешневый рак всеяден, что дает возможность включать в состав кормов широкий спектр ингредиентов животного и растительного происхождения. Поэтому одним из перспективных путей замены дорогостоящей рыбной муки является использование в рецептуре комбикормов белка насекомых: личинок домовый мухи, черной львинки, добавки на основе биомассы растительного и животного планктона прудовых экосистем [22; 44; 45; 46]. Следует учитывать, что в установках замкнутого водоиспользования к качеству кормов должны предъявляться повышенные требования, поскольку в этом случае животные не имеют возможности пополнить свой рацион за счет использования естественной кормовой базы. Например, корма с содержанием протеина не менее 25% подходят для выращивания австралийского красноклешневого рака в прудах с естественной кормовой базой, а для его выращивания в УЗВ рекомендуются рецепты с содержанием белка не менее 35%.

Для повышения эффективности культивирования красноклешневого рака, как в прудовых, так и в бассейновых условиях могут быть применены различные методические подходы. К ним относятся: товарное выращивание однополых групп [47], применение поликультуры с рыбами [48-50], использование тепличных прудов под пленочным покрытием [51], объединение УЗВ с блоками для выращивания различных видов растений на гидропонике [52; 53].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Австралийский красноклешневый рак является перспективным видом аквакультуры, в первую очередь для южных регионов России, где возможно его культивирование в прудах в летний период. При этом важным является создание питомников по производству достаточного количества молоди в условиях УЗВ, а также использование бассейновых систем для предпродажного содержания раков. Имеющиеся данные и наработки позволяют заключить, что создание новых комбинированных подходов, а также оптимизация и совершенствование уже имеющихся методов культивирования позволят повысить рентабельность выращивания австралийского красноклешневого рака в условиях России.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Вклад в работу авторов: **Борисов Р.Р.** – идея работы, анализ данных, подготовка статьи; **Жигин А.В.** – подготовка статьи, анализ данных, проверка статьи; **Ковачева Н.П.** – общее руководство исследованиями, окончательная проверка статьи; **Кряхова Н.В.** – сбор и анализ данных, оформление статьи; **Никонова И.Н.** – сбор и анализ данных. Все авторы участвовали в обсуждении результатов.

Contribution to the authors' work: **Borisov R.R.** – idea of the work, data analysis, article production; **Zhigin A.V.** – article production, data analysis, article correction; **Kovacheva N.P.** – general research management, final correction of article; **Kryakhova N.V.** – collection and analysis of data, article production; **Nikonova I.N.** – data collection and analysis. All authors participated in the discussion of the results.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

1. Souty-Grosset C., Holdich D.M., Noel P.Y., Reynolds J.D., Haffner P. (2006). Atlas of Crayfish in Europe. Museum national d'Histoire naturelle. Paris. Patrimoines naturels. V. 64.
2. Rigg D.P., Seymour J.E., Courtney R.L., Jones C.M. (2020). A Review of Juvenile Redclaw Crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1898) Aquaculture: Global Production Practices and Innovation // Freshwater Crayfish. V. 25, № 1. Pp. 13-30. DOI:10.5869/fc.2020. v25-1.013
3. FAO (2024). *Cherax quadricarinatus*. Cultured Aquatic Species Information Programme. Text by Jones C. Fisheries and Aquaculture Division [online]. Rome. Updated 2011-10-10 [Cited Wednesday, January 17th 2024].
4. Hou Y., Jia R., Sun W., Ding H., Li B., Zhu J. (2023). Red Claw Crayfish *Cherax quadricarinatus* Cultivation Influences the Dynamics and Assembly of Benthic Bacterial Communities in Paddy Fields // Environments. V. 10, № 10. P. 178. DOI:10.3390/environments10100178
5. Sallehuddin A.S., Kamarudin A.S., Ismail N. (2021). Review on the global distribution of wild population of Australian Redclaw Crayfish, *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) // Bioscience research. V. 18, № 2. Pp. 194-207.
6. Haubrock P., Oficialdegui F., Yiwen Z., Zeng Z., Patoka J., Yeo D.C.Y., Kouba A. (2021). The redclaw crayfish: A prominent aquaculture species with invasive potential in tropical and subtropical biodiversity hotspots // Reviews in Aquaculture. V. 13. Pp. 1488-1530. DOI:10.1111/raq.12531
7. Fishery and Aquaculture Statistics. Global aquaculture production 1950-2021 (FishstatJ). [Электронный ресурс] In: FAO Fisheries and Aquaculture Department. Rome. Updated 2023. – Режим доступа: www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en (Дата обращения 20.12.23)
8. Лагуткина Л.Ю., Пономарев С.В. Новый объект тепловодной аквакультуры — австралийский красноклешневый рак (*Cherax quadricarinatus*) // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Рыбное хозяйство. 2008. № 6 (47). С. 220-223.
9. Хорошко А.И. Патент № 2340173, Россия, МПК А01К 61/00 – Способ товарного выращивания

- тропических раков – № 2006142984/12, Заявл.: 04.12.2006.; Опубли.: 10.12.2008. – Бюл. № 34. 5 с.
10. Хорошко А.И., Ноздрина Л.Ю., Крючков В.Н. Организация селекционно-племенной работы с австралийским красноклешнёвым раком для создания высокопродуктивного стада производителей // Материалы XII Международной научной конф. «Биологическое разнообразие Кавказа. – Махачкала: Институт прикладной экологии. 2010. С. 411-412.
 11. Ноздрина Л.Ю., Хорошко А.И., Крючков В.Н. Методические подходы и организация селекционно-племенной работы с австралийским красноклешнёвым раком для создания высокопродуктивного стада производителей, адаптированного к климатическим условиям России // Фундаментальные и прикладные исследования университетов, интеграция в региональный инновационный комплекс: Док. мол. учёных в рамках программы «У.М.Н.И.К.». – Астрахань: Изд-во АГТУ. Т.2. 2010. С. 127–130.
 12. Ульянова А.С., Крючков В.Н., Хорошко А.И., Крючков А.В. О внедрении тропических видов в аквакультуру в южных регионах России // Фундаментальные и прикладные исследования университетов, интеграция в региональный инновационный комплекс: докл. мол. учёных в рамках программы «У.М.Н.И.К.» / АГТУ. – Астрахань: Изд-во АГТУ. 2010. Т.2. С. 138-141.
 13. Шокашева Д.И. Специфика многолетней доместики австралийского рака *Cherax quadricarinatus* в условиях западной части Российской Федерации // Известия ТИНРО. 2018. Т. 194. С. 188-192. DOI:10.26428/1606-9919-2018-194-188-192
 14. Крючков В.Н., Мельник И.В., Васильева Е.Г. Инверсия пола австралийского рака за счёт смещения от видового температурного оптимума // Естественные науки. 2015. № 3 (52). С. 103-108.
 15. Нгуен Т.Т., Крючков В.Н. Влияние температуры на развитие гонад австралийских раков *Cherax quadricarinatus* // Вестник Астраханского государственного технического университета. Сер.: Рыбное хозяйство. 2014. № 3. С. 110-115.
 16. Шокашева Д.И. Прудовое выращивание австралийского красноклешневого рака в условиях Астраханской области // Вестник рыбохозяйственной науки. 2017. Т. 4, № 4 (16). С. 14-18.
 17. Kryuchkov V.N., Abugaliev D.K., Shokasheva D.I. (2017a). The study of australian red claw crayfish tolerance to the extreme conditions of cultivation // Modern Science. № 4-1. С. 12-15.
 18. Kryuchkov V.N., Khoroshko A.I. (2017b). Selection works with australian red claw crayfish cultivated in the south of Russia // Modern Science. № 4-1. С. 15-17.
 19. Пятикопова О.В., Харченко Н.Н., Бедрицкая И.Н., Анкешева Б.М., Тангатарова Р.Р., Романенкова Е.Н. Рекомендации по выращиванию молоди австралийского красноклешневого рака (*Cherax quadricarinatus*) в промышленных условиях // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2023. Т. 210. № 7. С. 458-469. DOI: 10.33920/sel-09-2307-03.
 20. Воробьева Л.В., Борисов Р.Р., Ковачева Н.П., Пятикопова О.В. Пищевой спектр австралийского красноклешневого рака *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) (Decapoda, Parastacidae) в прудах Астраханской области // Инвазии. 2024. № 1. С.8-22.
 21. Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение // М.: ВНИРО, 1999. 304 с.
 22. Жигин А.В., Загорская Д.С., Загорский И.А., Арыстангалиева В.А. Использование личинок комнатной мухи для кормления молоди австралийских красноклешневых раков // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2016. № 12. С. 33-37.
 23. Curtis M.C., Jones C.M. (1995). Observations on monosex culture of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* von Martens (Decapoda: Parastacidae) in earthen ponds // J. World Aquacult. Soc. V. 26, № 2. P. 154-159. DOI:10.1111/j.1749-7345.1995.tb00238.x.
 24. Manor R., Segev R., Leibovitz M.P., Aflalo E.D., Sagi A. (2002). Intensification of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* culture II. Growout in a separate cell system // Aquacultural Engineering. V. 26. P. 263-276. DOI:10.1016/S0144-8609(02)00035-3.
 25. Thompson K.R., Muzinic L.A., Yancey D.H., Webster C.D., Rouse D.B., Xiong Y. (2004). Growth, processing measurements, tail meat yield, and tail meat proximate composition of male and female Australian redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus*, stocked into earthen ponds // Journal of Applied Aquaculture. V. 16. P. 117-129.
 26. Александрова Е.Н. Научные подходы к доместикации российских речных раков // Вестник РАСХН. 2014. №1. С. 57-61.
 27. Jones C.M. (1995). Production of juvenile redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (von Martens) (Decapoda, Parastacidae) I. Development of hatchery and nursery procedures. // Aquaculture. V. 138. P. 221–238. DOI:10.1016/0044-8486(95)00069-0.
 28. Masser M.P., Rouse D.B. (1997). Australian Red Claw Crayfish // SRAC Publication, № 244. P. 1-8.
 29. Lawrence C., Jones C. (2002). Chapter 17. Cherax. In: Biology of Freshwater Crayfish. Holdich D.M. (Ed.) – UK, Oxford: Blackwell Science. P. 635-670.
 30. Хофштэттер К.В. Креветки и раки в аквариуме – М.: Аква-Принт, 2008. 118 с.
 31. Борисов Р.Р., Ковачева Н.П., Акимова М.Ю., Паршин-Чудин А.В. Биология и культивирование австралийского красноклешневого рака *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868). – М.: Изд-во ВНИРО, 2013. 48 с.
 32. King C.R. (1994). Growth and survival of redclaw hatchlings (*Cherax quadricarinatus* (von Martens)) in relation to temperature, with comments on the relative suitability of *Cherax quadricarinatus* and *Cherax destructor* for culture in Queensland // Aquaculture. V. 122. Pp. 75-80.
 33. Semple G., Rouse D., McLain K. (1995). *Cherax destructor*, *C. tenuimanus* and *C. quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae): a comparative review of biological traits relating to aquaculture potential // Freshwater Crayfish. V. 8. P. 495–503. DOI:10.5869/fc.1995.v8.495.
 34. Veselý L., Buřič M., Kouba A. (2015). Hardy exotics species in temperate zone: Can «warm water» crayfish

- invaders establish regardless of low temperatures?. Scientific Reports. 5:16340. P. 1-7. DOI:10.1038/srep16340.
35. King C.R. (1993). Egg development time and storage for redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* von Martens // Aquaculture. V. 109. Pp. 275-280. doi:10.1016/0044-8486(93)90169-y.
 36. Jones C.M., Grady J.A. (2000). Redclaw from Harvest to Market. A Manual of Handling Procedures // Freshwater Fisheries and Aquaculture Centre Walkamin Q 4872 Australia. 32 p.
 37. Larson E.R., Olden J.D. (2012). Using avatar species to model the potential distribution of emerging invaders // Global Ecology and Biogeography. V. 21, № 11. Pp. 1114-1125. DOI 10.1111/j.1466-8238.2012.00758.x.
 38. Holdich D.M., Reynolds J.D., Souty-Grosset C., Sibley P.J. (2009). A review of the ever increasing threat to European crayfish from non-indigenous crayfish species // Knowl. Managt. Aquatic Ecosyst. V. 11. Pp. 394-395. DOI:10.1051/kmae/2009025.
 39. Jaklič M., Vrezec A. (2011). The first tropical alien crayfish species in European Waters: the redclaw *Cherax quadricarinatus* (Von Martens, 1868) (Decapoda, Parastacidae) // Crustaceana. V. 84. Pp. 651-665. DOI:10.1163/001121611X577936.
 40. Bláha M., Weiperth A., Patoka J., Szajbert B., Balogh E.R., Staszny Á., Ferincz Á., Lente V., Maciaszek R., Kouba A. (2022). The pet trade as a source of non-native decapods: the case of crayfish and shrimps in a thermal waterbody in Hungary // Environmental Monitoring and Assessment, V. 194. Pp. 1-12. DOI:10.1007/s10661-022-10361-9.
 41. Medley P.B., Rouse D.B., Brady Y.J. (1993). Interactions and disease relationships between Australian red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) and red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) in communal culture ponds // Freshwater Crayfish. V. 9. Pp. 50-56.
 42. Jones C.M. (2000). Redclaw Crayfish Aquaculture. Recommended Practices for Redclaw Crayfish Aquaculture based on Research and Development Activities, 1998 through 2000. Cairns, Australia. Queensland Government, Department of Primary Industries and Fisheries. 61 p.
 43. Пятикопова О.В., Анкешева Б.М., Тангатарова Р.Р., Бедрицкая И.Н. Гидрохимические условия выращивания австралийского красноклещевого рака (*Cherax quadricarinatus*) в Астраханской области // Водные биоресурсы и среда обитания. 2022. Т. 5, № 3. С. 32-47. DOI: 10.47921/2619-1024_2022_5_3_32.
 44. Лагуткина Л.Ю., Пономарёв С.В., Пахомов М.М. Патент № 2437566, Россия, МПК А23К 1/18(2006.01) А23К 1/16 – Комбикорм для тропических раков и пресноводных креветок № 2010126498/13. Заявл. 28.06.2010; Оpubл. 27.12.2011.
 45. Антонов А.М., Пастухова Н.О., Киселева Н.А. Высокобелковый комбикорм для австралийских красноклещевых раков // Патент РФ 2 780 538 С1 СПК А23К 50/80 (2022.05) Заявл.: 2022100082, 10.01.2022 Оpubл.: 27.09.2022.- Бюл. № 27.
 46. Никонова И.Н., Борисов Р.Р., Баскакова Ю.А., Артемов А.В. Подбор комбикормов для культивирования молоди речных раков // Мат. второй Международной научно-практической конференции «Рыбохозяйственный комплекс России: 300 лет российской академической науке». – М.: Изд-во ФГБНУ «ВНИРО». 2024. С. 230-236.
 47. Rodgers L.J., Saoud P.I., Rouse D.B. (2006). The effects of monosex culture and stocking density on survival, growth and yield of redclaw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) in earthen ponds // Aquaculture. V. 259. P. 164–168. DOI:10.1016/j.aquaculture.2005.11.056.
 48. Karplus I., Harpaz S., Hulata, Segev, Barki A. (2001). Culture of the australian red-claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) in israel IV. Crayfish incorporation into intensive tilapia production units // Isr. J. Aquacult. Bamidgeh. V. 53, № 1. Pp. 23-33. DOI: 10.46989/001c.20294.
 49. Safitri A. D., Mujtahidah T., Sari N. (2022). The effect of stocking density of freshwater lobster (*Cherax quadricarinatus*) the growth of gouramy (*Osphronemus gouramy*) in polyculture system // Asian Journal of Aquatic Sciences. V. 5, № 2. 200-208. DOI: https://doi.org/10.31258/ajoa.5.2.200-208.
 50. Liu B., Zhang K., Wang G., He X. (2023). A Study on Nitrogen and Phosphorus Budgets in a Polyculture System of *Oreochromis niloticus*, *Aristichthys nobilis*, and *Cherax quadricarinatus* // Water. V. 15, № 15. 2699. DOI:10.3390/w15152699.
 51. Егорова В.И., Крючков В.Н., Волкова И.В., Томокала Б.П. Развитие фито- и зоопланктона в тепличных прудах, предназначенных для культивирования тропических Decapoda // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2023. № 2. С. 7-14.
 52. Жигин А.В. Замкнутые системы в аквакультуре – М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. 2011. 664 с.
 53. Калайда М.Л., Ибрагимова Г.Д., Степанова В.П. Оценка эффективности заселения молодь красноклещевых раков (*Cherax quadricarinatus*) искусственных трубчатых укрытий // Сб.: Тинчуринские чтения – 2021 «Энергетика и цифровая трансформация». Материалы Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах. Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань, 2021. С. 426-429.

LITERATURE AND SOURCES

1. Souty-Grosset C., Holdich D.M., Noel P.Y., Reynolds J.D., Haffner P. (2006). Atlas of Crayfishin Europe. Museum national d'Histoire naturelle. Paris. Patrimoines naturels. V. 64.
2. Rigg D.P., Seymour J.E., Courtney R.L., Jones C.M. (2020). A Review of Juvenile Redclaw Crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1898) Aquaculture: Global Production Practices and Innovation // Freshwater Crayfish. V. 25, № 1. P. 13–30. DOI: 10.5869/fc.2020.v25-1.013
3. FAO (2024). *Cherax quadricarinatus*. Cultured Aquatic Species Information Programme. Text by Jones, C.. Fisheries and Aquaculture Division [online]. Rome. Updated 2011-10-10 [Cited Wednesday, January 17th 2024].
4. Hou Y., Jia R., Sun W., Ding H., Li B., Zhu J. (2023). Red Claw Crayfish *Cherax quadricarinatus* Cultivation Influences the Dynamics and Assembly of Benthic Bacterial Communities in Paddy Fields // Environ-

- ments. V. 10, № 10. P. 178. DOI:10.3390/environments10100178
5. Sallehuddin A.S., Kamarudin A.S., Ismail N. (2021). Review on the global distribution of wild population of Australian Redclaw Crayfish, *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) // Bioscience research. V. 18, № 2. P. 194-207.
 6. Haubrock P., Oficialdegui F., Yiwen Z., Zeng Z., Patoka J., Yeo D.C.Y., Kouba A. (2021). The redclaw crayfish: A prominent aquaculture species with invasive potential in tropical and subtropical biodiversity hotspots // Reviews in Aquaculture. V. 13. P. 1488-1530. DOI:10.1111/raq.12531
 7. Fishery and Aquaculture Statistics. Global aquaculture production 1950-2021 (FishstatJ). [Electronic resource] In: FAO Fisheries and Aquaculture Department. Rome. Updated 2023. – Режим доступа: www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en (Date of application 20.12.23)
 8. Lagutkina L.J., Ponomarev S.V. A new object of warm water aquaculture – Australian red-clawed crayfish (*Cherax quadricarinatus*) // Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing industry. 2008. № 6 (47). Pp. 220–223. (In Russ.).
 9. Khoroshko A. I. Patent № 2340173 Int. Cl. A01K 61/00 (2006.01); Application: 2006142984/12, 04.12.2006.- Date of publication: 10.12.2008 Bull. 34, 5 p. (In Russ.).
 10. Khoroshko A.I., Nozdrina L.J., Kryuchkov V.N. Organization of breeding work with Australian red-clawed crayfish to create a highly productive herd of producers // Materials of the XII International Scientific Conference. Biological diversity of the Caucasus. – Makhachkala: Institute of Applied Ecology. 2010. Pp. 411–412. (In Russ.).
 11. Nozdrina L.J., Khoroshko A.I., Kryuchkov V.N. Methodological approaches and organization of breeding work with Australian redclaw crayfish to create a highly productive herd of producers adapted to the climatic conditions of Russia // Fundamental and applied research of universities, integration into a regional innovation complex: Doc. mol. scientists within the framework of the program “U.M.N.I.K.”. – Astrakhan: Publishing AGTU. (In Russ.).
 12. Ulyanova A.S., Kryuchkov V.N., Khoroshko A.I., Kryuchkov A.V. On the introduction of tropical species into aquaculture in the southern regions of Russia // Fundamental and applied research of universities, integration into a regional innovation complex: dokl. mol. scientists within the framework of the program “U.M.N.I.K.” (In Russ.).
 13. Shokasheva D. I. Specific features of long-term domestication of australian crayfish *Cherax quadricarinatus* in conditions of the western part of Russian Federation // Izvestiya TINRO . 2018. 194. Pp. 188-192. DOI:10.26428/1606-9919-2018-194-188-192. (In Russ.).
 14. Kryuchkov V. N., Melnik I. V., Vasileva E. G. Inversion sex australian caner due to the shift on the types of temperature optimum // Natural Science. 2015. № 3 (52). Pp. 103–108. (In Russ.).
 15. Nguyen T.T., Kryuchkov V. N. Influence of the temperature on the development of the gonads of the australian crayfish *Cherax quadricarinatus* // Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing industry. 2014. № 3. Pp. 110–115. (In Russ.).
 16. Shokasheva D.I. Pond cultivation of Australian red-clawed crayfish in the Astrakhan region // Bulletin of Fisheries Science 2017. 4, № 4 (16). Pp. 14-18. (In Russ.).
 17. Kryuchkov V.N., Abugalieva D.K., Shokasheva D.I. (2017a). The study of australian red claw crayfish tolerance to the extreme conditions of cultivation // Modern Science. № 4-1. C. 12–15.
 18. Kryuchkov V.N., Khoroshko A.I. (2017b). Selection works with australian red claw crayfish cultivated in the south of Russia // Modern Science. № 4-1. C. 15–17.
 19. Pjatikopova O.V., Harenko N.N., Bedrickaja I.N., Ankesheva B.M., Tangatarova R.R., Romanenkova E.N. Recommendations for growing young Australian red-clawed crayfish (*Cherax quadricarinatus*) in industrial conditions // Fish Breeding and Fisheries. 2023. 210. № 7. Pp. 458-469. DOI: 10.33920/sel-09-2307-03. (In Russ.).
 20. Vorob'eva L.V., Borisov R.R., Kovacheva N.P., Pyatikopova O.V. Food spectrum of the australian red claw crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) (decapoda, parastacidae) in the ponds of the Astrakhan region// Russian Journal of Biological Invasions. 2024. № 1. Pp.8–22. (In Russ.).
 21. The list of fishery standards: level of concern (LOC) and approximately safe levels of exposure to impact substances for water of water bodies of agricultural importance // M: VNIRO, 1999. – 304 p. (In Russ.).
 22. Zhigin A.V., Zagorskaya D.S., Zagorskiy I.A., Arys-tangaliyeva V.A. Usage of larvae of the housefly for feeding of juveniles australian red claw crayfish // Fish farming and fisheries. 2016. № 12. Pp. 33–37. (In Russ.).
 23. Curtis M.C., Jones C.M. (1995). Observations on monosex culture of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* von Martens (Decapoda: Parastacidae) in earthen ponds // J. World Aquacult. Soc. V.26, №2. P.154-159. DOI:10.1111/j.1749-7345.1995.tb00238.x
 24. Manor R., Segev R., Leibovitz M.P., Aflalo E.D., Sagi A. (2002). Intensification of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* culture II. Growout in a separate cell system // Aquacultural Engineering. V. 26. P. 263-276. DOI:10.1016/S0144-8609(02)00035-3
 25. Thompson K.R., Muzinic L.A., Yancey D.H., Webster C.D., Rouse D.B., Xiong Y. (2004). Growth, processing measurements, tail meat yield, and tail meat proximate composition of male and female Australian redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus*, stocked into earthen ponds // Journal of Applied Aquaculture. V. 16. P. 117 – 129.
 26. Aleksandrova Ye.N. Scientific approaches to domestication of russian river crayfish // Vestnik of the Russia agricultural science. 2014. №1. Pp. 57–61.
 27. Jones C.M. (1995). Production of juvenile redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (von Martens) (Decapoda, Parastacidae) I. Development of hatchery and nursery procedures. // Aquaculture. V. 138. P. 221–238. DOI:10.1016/0044-8486(95)00069-0
 28. Masser M.P., Rouse D.B. (1997). Australian Red Claw Crayfish // SRAC Publication, № 244. P. 1-8.
 29. Lawrence C., Jones C. (2002). Chapter 17. *Cherax*. In: Biology of Freshwater Crayfish. Holdich D.M. (Ed.) – UK, Oxford: Blackwell Science. P. 635-670.

30. Hofstatter K.V. Shrimps and crayfish in the aquarium // М.: Aqua-print, 2008. 118 P. (In Russ.).
31. Borisov R. R., Kovatcheva N. P., Akimova M. Y., Parshin-Chudin A. V. Biology and cultivation of Australian red claw crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868).-М.: Izd-vo VNIRO, 2013. 48 p. (In Russ.).
32. King C.R. (1994). Growth and survival of redclaw hatchlings (*Cherax quadricarinatus* (von Martens)) in relation to temperature, with comments on the relative suitability of *Cherax quadricarinatus* and *Cherax destructor* for culture in Queensland // Aquaculture. V. 122. P. 75–80.
33. Semple G., Rouse D., McLain K. (1995). *Cherax destructor*, *C. tenuimanus* and *C. quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae): a comparative review of biological traits relating to aquaculture potential // Freshwater Crayfish. V. 8. P. 495–503. DOI10.5869/fc.1995.v8.495
34. Veselý L., Buřič M., Kouba A. (2015). Hardy exotics species in temperate zone: Can “warm water” crayfish invaders establish regardless of low temperatures?. Scientific Reports. 5:16340. P. 1-7. DOI:10.1038/srep16340
35. King C.R. (1993). Egg development time and storage for redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* von Martens // Aquaculture. V. 109. P. 275-280. doi:10.1016/0044-8486(93)90169-y
36. Jones C.M., Grady J-A. (2000). Redclaw from Harvest to Market. A Manual of Handling Procedures // Freshwater Fisheries and Aquaculture Centre Walkamin Q 4872 Australia. 32 p.
37. Larson E.R., Olden J.D. (2012). Using avatar species to model the potential distribution of emerging invaders // Global Ecology and Biogeography. V. 21, № 11. P. 1114–1125. DOI10.1111/j.1466-8238.2012.00758.x
38. Holdich D.M., Reynolds J.D., Souty-Grosset C., Sibley P.J. (2009). A review of the ever increasing threat to European crayfish from non-indigenous crayfish species // Knowl. Managt. Aquatic Ecosyst. V. 11. P. 394–395. DOI:10.1051/kmae/2009025
39. Jaklič M., Vrezec A. (2011). The first tropical alien crayfish species in European Waters: the redclaw *Cherax quadricarinatus* (Von Martens, 1868) (Decapoda, Parastacidae) // Crustaceana. V. 84. P. 651–665. DOI:10.1163/001121611X577936
40. Bláha M., Weiperth A., Patoka J., Szajbert B., Balogh E.R., Staszny Á., Ferincz Á., Lente V., Maciaszek R., Kouba A. (2022). The pet trade as a source of non-native decapods: the case of crayfish and shrimps in a thermal waterbody in Hungary // Environmental Monitoring and Assessment, V. 194. P. 1–12. DOI:10.1007/s10661-022-10361-9
41. Medley P.B., Rouse D.B., Brady Y.J. (1993). Interactions and disease relationships between Australian red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) and red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) in communal culture ponds // Freshwater Crayfish. V. 9. P. 50-56.
42. Jones C.M. (2000). Redclaw Crayfish Aquaculture. Recommended Practices for Redclaw Crayfish Aquaculture based on Research and Development Activities, 1998 through 2000. Cairns, Australia. Queensland Government, Department of Primary Industries and Fisheries. 61 p.
43. Pjatikopova O.V., Akisheva B.M., Tangatarova R.R., Bedritskaya I.N. Hydrochemical conditions of cultivation of the Australian red-clawed crayfish (*Cherax quadricarinatus*) in the Astrakhan region // Aquatic bioresources and habitat. 2022. Vol. 5, No. 3. Pp. 32-47. DOI: 10.47921/2619-1024_2022_5_3_32. (In Russ.).
44. Lagutkina L. J., Ponomarev S.V., Pakhomov M. M. Feedstuff for tropical crayfish and freshwater shrimps // Patent RU 2437566 C1, Int. Cl. A23K 1/18,A23K 1/16 / Application: 2010126498/13, 28.06.2010; Date of publication: 27.12.2011 Bull. 36. (In Russ.).
45. Antonov A.M., Pastukhova N. O., Kiseleva N.A. High-protein compound feed for Australian red claws // Patent RU2780538C1 CPC A23K 50/80 (2022.05) Application: 2022100082, 10.01.2022, Date of publication: 27.09.2022 Bull. № 27. (In Russ.).
46. Nikonova I.N., Borisov R.R., Baskakova J.A., Artyomov A.V. Selection of compound feeds for the cultivation of juvenile crayfish // Mat. the Second International scientific and practical Conference “The fisheries complex of Russia: 300 years of Russian academic science”. – М.: Publishing VNIRO 2024. Pp. 230–236. (In Russ.).
47. Rodgers L.J., Saoud P.I., Rouse D.B. (2006). The effects of monosex culture and stocking density on survival, growth and yield of redclaw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) in earthen ponds // Aquaculture. V. 259. P. 164–168. DOI:10.1016/j.aquaculture.2005.11.056.
48. Karplus I., Harpaz S., Hulata, Segev, Barki A. (2001). Culture of the Australian red-claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) in Israel IV. Crayfish incorporation into intensive tilapia production units // Isr. J. Aquacult. Bamidgeh. V. 53, № 1. P. 23–33. DOI:10.46989/001c.20294
49. Safitri A. D., Mujtahidah T., Sari N. (2022). The effect of stocking density of freshwater lobster (*Cherax quadricarinatus*) the growth of gouramy (*Osphronemus gouramy*) in polyculture system // Asian Journal of Aquatic Sciences. V. 5, № 2. 200-208. DOI: https://doi.org/10.31258/ajoa.5.2.200-208.
50. Liu B., Zhang K., Wang G., He X. (2023). A Study on Nitrogen and Phosphorus Budgets in a Polyculture System of *Oreochromis niloticus*, *Aristichthys nobilis*, and *Cherax quadricarinatus* // Water. V. 15, № 15. 2699. DOI:10.3390/w15152699.
51. Egorova V. I., Kryuchkov V. N., Volkova I. V., Tomokala B. P. Development of phyto- and zooplankton in greenhouse ponds for cultivating tropical Decapoda // Vestnik of Astrakhan state technical university. Series: Fishing industry. 2023. № 2. Pp. 7–14. (In Russ.).
52. Zhigin A.V. Recirculating aquaculture systems – М.: Izd-vo Russian State Agrarian University-Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2011. 644p. (In Russ.).
53. Kalajda, M.L., Ibragimova, G.D., Stepanova, V.P. Evaluation of the effectiveness of colonization of artificial tubular shelters by juvenile redclawed crayfish (*Cherax quadricarinatus*). In: Tinchurinsk- ie chtenija — 2021. “Energy and digital transformation”. Materials of the International Youth Scientific Conference. Kazan’, 2021, Pp. 426-429 (in Russ.). (In Russ.).

Материал поступил в редакцию / Received 15.05.2024
 Принят к публикации / Accepted for publication 28.05.2024



Особенности распределения антиоксидантных свойств воды в установке замкнутого цикла

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

Научная статья
УДК 574.2

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

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

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

Адреса:

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

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

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

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

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

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

Addresses:

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

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

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

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

Рисунки – авторские / The drawings was made by the author

ВВЕДЕНИЕ

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

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

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

Развитие промышленных форм производства аквакультурной продукции позволяет

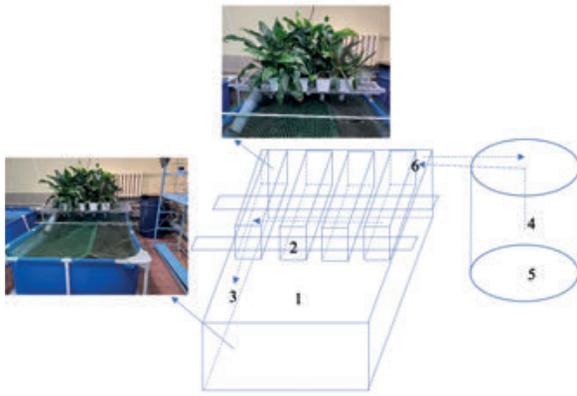


Рисунок 1. Схема точек отбора (1-6) проб на малой экспериментальной УЗВ с аквапоникой
Figure 1. Scheme of sampling points (1-6) on the small experimental water supply system with aquaponic

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

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

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

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

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

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

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

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

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

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

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

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

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

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

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

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

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

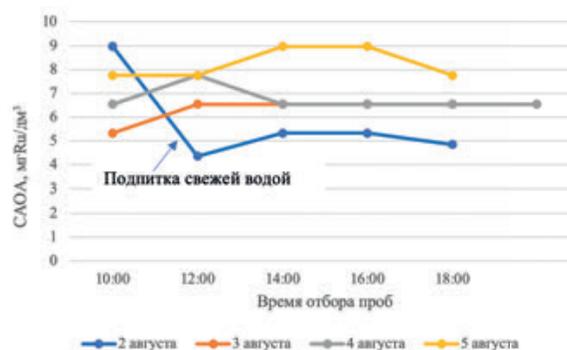


Рисунок 2. Дневные изменения САОА (мгRu/дм³) в бассейне с клариевыми сомами

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

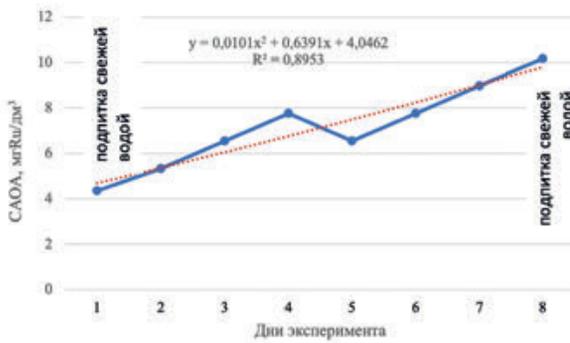


Рисунок 3. Суточная динамика САОА воды с клариевыми сомами

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

ность посадки клариевых сомов составляла 10 кг/м³.

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

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

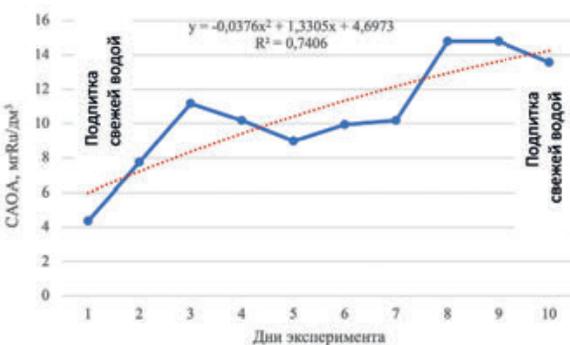


Рисунок 4. Изменения значений САОА в воде с клариевыми сомами в течение 9 дней эксперимента

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

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

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

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

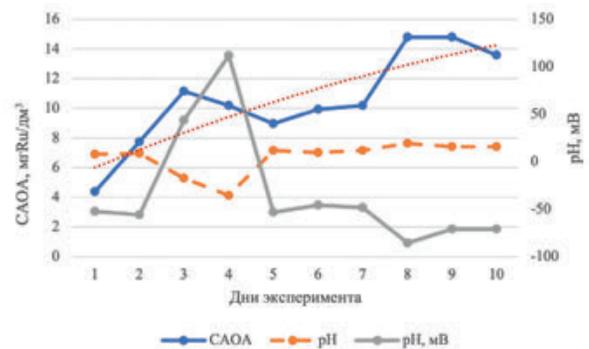


Рисунок 5. Изменения значений САОА, рН и ЭДС в воде с клариевыми сомами

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

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

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

The tab in the authors' work:

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

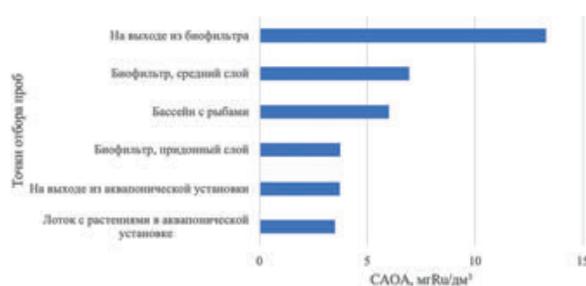


Рисунок 6. Изменения значений САОА в УЗВ с клариевыми сомами

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

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

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

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

LITERATURE AND SOURCES

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

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



Оптимизация подходов при выращивании молоди дальневосточного трепанга индустриальным способом

Научная статья
УДК 639.3/.6+574.5(07)

DOI: 10.37663/0131-6184-2024-3-100-103

Политаева Анастасия Андреевна – ассистент кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура»,
руководитель Научно-производственного департамента марикультуры, Владивосток, Россия
E-mail: ordinary.n.p@gmail.com

Матросова Инга Владимировна – кандидат биологических наук, доцент, заведующая кафедрой
Кафедра «Водные биоресурсы и аквакультура», Владивосток, Россия
E-mail: matrosova.iv@dgtru.ru

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет
(«Дальрыбвтуз»)

Смирнов Андрей Анатольевич – доктор биологических наук, доцент, главный научный сотрудник
отдела морских рыб Дальнего Востока, Всероссийский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии» (ФГБНУ «ВНИРО»); профессор кафедры точных и естественных
наук, Северо-Восточный государственный университет (СВГУ); профессор кафедры ихтиологии,
Дагестанский государственный университет (ДГУ), Москва, Россия
E-mail: andrsmir@mail.ru

Адрес:

1. Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет
(«Дальрыбвтуз») – Россия, 690087, Владивосток, ул. Луговая, д. 52 Б
2. Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
(ФГБНУ «ВНИРО») – Россия, 105187, Москва, Окружной проезд, д. 19,
3. Северо-Восточный государственный университет – Россия, 685000, Магадан, ул. Портовая, д. 13
4. Дагестанский государственный университет – Россия, 367025, Махачкала, ул. Гаджиева, д. 43а

Аннотация. В работе представлены результаты оптимизации технологии получения жизнестойкой молоди дальневосточного трепанга индустриальным способом в условиях морских бассейнов. Общее количество осевшей молоди составило 8,4 млн экз., жизнестойкой молоди – 1,5 млн экз. По достижении молоди средней массы 0,5 г, была произведена их высадка на акватории бух. Троицы (залив Посьета, Японское море) для пастбищного доращивания до товарных размеров.

Ключевые слова: аквакультура, оптимизация, морские бассейны, культивирование, молодь

Для цитирования: Политаева А.А., Матросова И.В., Смирнов А.А. Оптимизация подходов при выращивании молоди дальневосточного трепанга промышленным способом // Рыбное хозяйство. 2024. № 3. С. 100-103. DOI: 10.37663/0131-6184-2024-3-100-103

OPTIMIZATION OF APPROACHES TO GROWING JUVENILE FAR EASTERN SEA CUCUMBERS USING AN INDUSTRIAL METHOD

Anastasia A. Politaeva – Assistant of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture, Head of the Scientific and Production Department of Mariculture, Vladivostok, Russia

Inga V. Matrosova – Head of the Department «Aquatic Bioresources and Aquaculture», Vladivostok, Russia

Andrey A. Smirnov – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Chief Researcher of the Department of Marine Fishes of the Far East, All-Russian Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO); Professor of the Department of Exact and Natural Sciences, Northeastern State University (SVSU); Professor of the Department of Ichthyology, Dagestan State University (DSU), Moscow, Russia

Addresses:

1. Far Eastern State Technical Fisheries University (FESTFU) – Russia, 690087, Vladivostok, Lugovaya Str., 52 B
2. Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FGBNU VNIRO) – Russia, 105187, Moscow, Okruzhnoy proezd, 19,
3. Northeastern State University – Russia, 685000, Magadan, Portovaya str., 13
4. Dagestan State University – Russia, 367025, Makhachkala, Gadzhieva str., 43a

Annotation. The paper presents the results of optimization of the technology for obtaining viable juveniles of the Far Eastern sea cucumber using an industrial method in the conditions of marine pools. The total number of settled juveniles was 8,4 million specimens, viable juveniles – 1,5 million specimens. When the juveniles reached an average weight of 0,5 g, they were landed in the water area of the Troicy Bay (Posieta Bay, Sea of Japan) for pasture growing to commercial sizes.

Keywords: aquaculture, optimization, marine pools, cultivation, juveniles

For citation: Politaeva A.A., Matrosova I.V., Smirnov A.A. (2024). Optimization of approaches to growing juvenile Far Eastern sea cucumbers using an industrial method // Fisheries. No. 3. Pp. 100-103. DOI: 10.37663/0131-6184-2024-3-100-103

Рисунки и таблицы – авторские / The drawings and tables were made by the author

В настоящее время, увеличение объемов продукции марикультуры невозможно без развития научных исследований в данной области. Одной из проблем устойчивого развития марикультуры является ее тесная связь с окружающей средой, экологической безопасностью и экономической выгодой [1; 2].

Существующие технологии культивирования трепанга дальневосточного заключаются в получении жизнестойкой молоди и ее расселении для доращивания на донные плантации до товарных размеров. Первая – технология по сбору молоди на коллектор, в условиях природных морских акваторий [3]. Вторая – технология получения жизнестойкой молоди в заводских условиях [4].

При коллекторном способе осадения молоди особую роль играют биологические, экологические, а также – гидробиологические факторы, кото-

рые оказывают воздействие на состояние воспроизводства трепанга в естественной среде обитания. Природные популяции трепанга, в свою очередь, определяются численностью половозрелых особей и благоприятными или неблагоприятными для воспроизводства циклами. В благоприятные годы оседание молоди на коллектор может исчисляться тысячами экземпляров [3]. Наиболее эффективным является выставление коллекторов на акваториях закрытых и полужакрытых бухт. На побережье Приморья, в среднем, количество осевшей молоди может составлять до 500 экз. Согласно расчетам, для сбора 1 млн жизнестойкой молоди, при среднем показателе оседания [3], необходимо установить 2 тыс. гирлянд (20 тыс. коллекторов), что займет достаточно большую часть акватории. Оптимальное решение – модульные морские бассейны, которые, благодаря своей конструкции, обеспечивают



Рисунок. Конструкция промышленных морских бассейнов

Figure. Construction of industrial marine pools

повышение выживаемости выращиваемых особей на ранних стадиях онтогенеза, обладают повышенной прочностью рамы и устойчивы к волнению на открытых участках акваторий.

Цель настоящего исследования – оптимизация технологии получения жизнестойкой молоди дальневосточного трепанга с использованием промышленных морских бассейнов из сетного полотна.

Обработка, предложенной нами, технологии по получению жизнестойкой молоди дальневосточного трепанга проводилась с 04.05.2020 по 30.09.2020 г. на акватории бух. Троицы (северо-восточная часть залива Посыета, Японское море), в границах рыбоводного участка, находящегося в пользовании действующего предприятия марикультуры. Гидробиотехническое сооружение для культивирования молоди трепанга представляет собой модульные пластиковые плавучие понтоны, образующие бассейны, находящиеся на расстоянии 250 м от берега. Устойчивость конструкции обеспечивается при помощи пиксельных грузов, расположенных на глубине 10 метров. По периметру бассейнов установлен отбойник, предотвращающий возможные повреждения при волнении. Морские бассейны

сформированы шитым сетным полотном (газ) с размером ячеей 75 мкм и 100 мкм. Дополнительно была установлена сеть из многонитчатой безузловой дели с ячейей 3 см, также защищающая конструкцию от механических повреждений [5].

Производительность морских бассейнов рассчитывалась исходя из возможной плотности посадки молоди по нормативу [3; 4]. Для оседания молоди было изготовлено 72 коллектора из сетных пластин ПВХ (с ячейей менее 1 мм). Количество пластин в коллекторе составило 12 шт. При переходе личинок на стадию долиолярия, в каждый бассейн устанавливались по 8 канатов с прикрепленными коллекторами (рис.).

Ежедневно контролировались температура и соленость воды в бухте портативными измерителями ProfiLine Oxi 3205 и 30-10 FT. Измерения проводились на глубине 1 м на расстоянии 1,5 м от береговой линии и непосредственно у морских бассейнов на расстоянии 250 м от берега.

С третьей декады мая по вторую декаду июля регулярно отбирались особи трепанга для расчета гонадосоматического индекса. Средняя масса тела в выборках составила 178,5 граммов. Соотношение полов производителей характеризовалось преобладанием самцов – 55%.

С первой декады июля гонадосоматический индекс производителей трепанга соответствовал 15,7%, что говорит о готовности животных к нерестовому периоду [3; 4]. Для получения плотности посадки икры 3-5 кл./мл, в морском бассейне объемом 50 м³ необходимо 30-40 половозрелых особей дальневосточного трепанга со средней массой тела 170 граммов.

Дополнительная адаптация производителей к условиям морских бассейнов не требовалась. Особи изымались с глубин 10-12 м при температуре в придонном слое 10-12 °С. Разница в температуре при посадке в бассейны составляла 3-4 °С. После помещения особей в пределы сетного бассейна выпуск половых продуктов начинался в течение 0,5-1 часов. Спустя 1-2 часа при отборе проб в поле зрения микроскопа наблюдалось деление оплодотворенных яйцеклеток.

Таблица. Продолжительность развития стадии, плотность посадки и размеры личинок в условиях морских бассейнов в бух. Троицы / **Table.** Duration of stage development, stocking density and size of larvae in marine pools in Troicy Bay

Стадия	Продолжительность стадии развития, сут.	Средняя плотность личинок, экз./мл	Средний размер, мкм
Бластула	1	2,5	100
Гастрюла	2	1,7	158×208
Диплеврула	1	2,4	225×350
Ранняя - поздняя аурикулярия	16	3,2	450×663
Долиолярия	1	2,9	265×400
Пентактула	2	2,2	237×530

На ранних стадиях онтогенеза сбор личинок осуществлялся в верхних слоях воды в пластиковую тару, которая доставлялась на берег для подсчета плотности посадки в камере Богорова, с помощью световой микроскопии. Начиная со стадии средняя аурикулярия (6-7 день развития), сбор проб производился при помощи пластиковой трубки длиной 2 м в средних слоях воды в пределах бассейнов. С наступлением стадий долиолярия и пентакула пробы отбирались со дна бассейнов пластиковой трубкой (из-за наибольшей концентрации личинок на дне бассейнов). С появлением в пробах первых экземпляров личинок на стадии долиолярия в бассейны устанавливались коллекторы с субстратами из ПВХ пластин. Размерные характеристики молоди определялись методом фотографирования. Количество молоди в бассейнах рассчитывалось исходя из плотности посадки особей на ПВХ пластинах.

Даты нереста и скорость метаморфоза личинок в бассейнах были различны (табл.). В период наблюдения за плотностью личинок на разных стадиях развития, в условиях морских бассейнов, было установлено, что на стадиях раннего онтогенеза личинки концентрировались в верхних слоях воды. С переходом на стадию развития средняя аурикулярия основная масса личинок находилась в средних слоях воды, на глубине 1-2 метра. С переходом личинок на стадию долиолярия основные скопления отмечались в донных слоях сетного бассейна. Количество личинок в пробах, взятых в один и тот же день, сильно варьировалось. Вероятнее всего это связано с характером водообмена в пределах бассейнов, пропускной способностью и обрастанием сетного материала, волнением.

Первые экземпляры осевшей молоди были обнаружены в бассейнах уже в июле. Анализируя данные планктонных проб, было установлено, что общее количество осевшей молоди в условиях промышленных бассейнов составило 8,4 млн экз. С появлением молоди со средней массой 0,05 г, был произведен подсчет общего количества особей, выращенных в условиях морских бассейнов. В первой декаде сентября 2020 г. количество молоди составило 1,5 млн экз. или 20% от общего числа осевших особей.

По достижении жизнестойкой молоди средней массы 0,5 г была произведена высадка жизнестойких особей, в границах рыбоводного участка, для пастбищного доращивания до товарных размеров.

Полученные данные о разработанных морских бассейнах для выращивания дальневосточного трепанга и количестве полученной жизнестойкой молоди показывают эффективность предлагаемой нами технологии, дополняют имеющуюся информацию и могут быть использованы для оптимизации подходов при культивировании объектов аквакультуры промышленным способом.

Вклад в работу авторов: Политаева А.А. – идея и реализация новых технологических решений, подготовка

статьи; Матросова И.В. – идея статьи, подготовка статьи; Смирнов А.А. – подготовка обзора литературы, подготовка статьи и ее окончательная проверка.

The authors advertise the rejection of the conflict of interests.

Contribution to the work of the authors: Politaeva A.A. – the idea and implementation of new technological solutions, preparation of the article; Matrosova I.V. – the idea of the article, preparation of the article; Smirnov A.A. – preparation of a literature review, preparation of the article and its final verification.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

1. Гайко Л.А. Изменчивость температуры воды и воздуха вдоль побережья восточного Приморья и Хабаровского края по данным наблюдений на гидрометеорологических станциях // Морской гидрофизический журнал. 2022. Т. 38. № 4. С. 389-404
2. Черкашин С.А., Даниленко С.А., Прызжевская Т.С. Оценка качества вод прибрежной зоны Японского моря на различных уровнях биологической организации // Гидрометеорология и экология: достижения и перспективы развития. Авиационная и спутниковая метеорология 2021 // Материалы V Юбилейной Всероссийской конференции имени Л. Н. Карлина. Тез. докладов. Москва: Издательство «Перо». 2021. С. 411-421.
3. Кучерявенко А.В., Гаврилова Г.С., Бирюлина М.Г. Справочник по культивированию беспозвоночных в южном Приморье. Владивосток: ТИНРО-Центр. 2002. 83 с.
4. Мокрецова Н.Д., Викторовская Г.И., Сухин И.Ю. и др. Инструкция по технологии получения жизнестойкой молоди трепанга в заводских условиях. Владивосток: ТИНРО-Центр. 2012. 81 с.
5. Юркин С.С., Политаева А.А. Морской бассейн для выращивания дальневосточного трепанга. МПК А01К 61/30. Российская Федерация. № 2765245 С1. заявл. 14.02.2021, опубл. 27.01.2022. Бюл. № 3. 13 с.

LITERATURE AND SOURCES

1. Gaiko L.A. (2022). Variability of water and air temperature along the coast of Eastern Primorye and Khabarovsk Territory according to observations at hydrometeorological stations // Marine Hydrophysical Journal. vol. 38. No. 4. Pp. 389-404. (In Russ)
2. Cherkashin S.A., Danilenko S.A., Pryazhevskaya T.S. (2021). Assessment of the water quality of the coastal zone of the Sea of Japan at various levels of biological organization // Hydrometeorology and ecology: achievements and development prospects. Aviation and satellite meteorology 2021 // Proceedings of the V Anniversary All-Russian Conference named after L. N. Karlin. Table of reports. Moscow: Pero Publishing House. Pp. 411-421. (In Russ)
3. Kucheryavenko A.V., Gavrilova G.S., Biryulina M.G. (2002). Handbook of invertebrate cultivation in southern Primorye. Vladivostok: TINRO-Center. 83 p. (In Russ)
4. Mokretsova N.D., Viktorovskaya G.I., Sukhin I.Yu., etc. (2012). Instructions on the technology of obtaining resilient trepang juveniles in factory conditions. Vladivostok: TINRO Center. 81 p. (In Russ)
5. Yurkin S.S., Politaeva A.A. A marine basin for growing Far Eastern trepang. IPC A01K 61/30. Russian Federation. No. 2765245 C1. application. 02/14/2021, publ. 01/27/2022. Byul. No. 3. 13 p. (In Russ)

Материал поступил в редакцию/ Received 27.02.2024
Принят к публикации / Accepted for publication 05.04.2024



Получение математической модели сетного орудия лова или его участка

DOI: 10.36038/0131-6184-2024-3-104-109

Научная статья
УДК 639.2.061

Симкин Леонид Михайлович – директор рыболовной компании, соискатель, Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), Москва, Россия
E-mail: simkinleonid@mail.ru

Адрес: Россия, 105187, г. Москва, Окружной проезд, 19

Аннотация. В статье рассматривается возможность определения различных конструктивных параметров орудий лова, выполненных в виде сетных цилиндров, конусов и других пространственных фигур. На основе данных, снятых с чертежей, сделан анализ их конструкции, предложен ряд их характеристик, определен перечень конструктивных величин для исследования и построения графиков. В качестве примера приведен расчет шага ячеи, сплошности, раскрытия ячеи, радиуса и разрывной прочности жгута сетных конусов донного трала 29,2/33М для лова головоногих и мелкочейистой сетной части разноглубинного трала 70/370М. По данным, полученным с раскроечных чертежей, построены графики изменения конструктивных величин по длине рассматриваемого участка орудия лова.

Ключевые слова: сетные орудия лова, конструктивная величина, график изменения конструктивной величины, сетная пластина

Для цитирования: Симкин Л.М. Получение математической модели сетного орудия лова или его участка // Рыбное хозяйство. 2024. № 3. С. 104-109. DOI: 10.36038/0131-6184-2024-3-104-109

OBTAINING A MATHEMATICAL MODEL OF A NET FISHING GEAR OR ITS SECTION

Leonid M. Simkin – Director of a fishing company, applicant, Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO), Moscow, Russia

Address: Russia, 105187, Moscow, Okruzhnoy proezd, 19

Annotation. The article discusses the possibility of obtaining various design parameters of fishing gears in the form of cylinders, cones and other space figures. On the basis of data from drawings, the analysis of the construction of net fishing gears was made, a number of their construction features suggested, a list of design values for research and graphs presented. This was illustrated by the calculation of mesh bar size, density, opening of mesh, radius and tensile strength of bundles of mesh cones of the 29.2/33M bottom trawl for cephalopod fishing and fine-mesh part of 70/370M mid-water trawl. Based on the data from the cut drawings, diagrams were constructed and the functional changes of the parameters along the length of the area under consideration were obtained.

Keywords: mid-water trawls, net plate, rope plate, design characteristics of a mid-water trawl

For citation: Simkin L.M. (2024). Obtaining a mathematical model of a net fishing gear or its section // Fisheries. No. 3. Pp. 104-109. DOI: 10.36038/0131-6184-2024-3-104-109

Рисунки – авторские / The drawings were made by the author



В рыболовстве большую роль играют орудия лова, у которых направляющие и удерживающие части выполнены из объемных сетных конструкций различной конфигурации и из разных материалов. Моделей и видов таких орудий лова довольно много. К ним относятся: тралирующие, обхватывающие и пассивные орудия лова. Каждая конструкция сетной секции современного орудия лова прошла путь адаптации (проверки) на промысле и сегодня используются те, которые считаются лучшими. За последние десятилетия дизайн орудий лова изменился незначительно. В основном развитие идет за счет применения усовершенствованных и адаптированных для рыболовства сетематериалов, поэтому чем глубже мы будем знать особенности существующих конструкций орудия лова, тем эффективнее сможем спроектировать следующую конструкцию.

В каждом случае сетный конус проектируется с учетом района промысла, видового состава гидробионтов и требований к селективности данного вида лова. Предметом нашего рассмотрения будут сетные секции (рис. 1, 2, 3, 4), из которых состоят различные виды тралов, снюрреводов, ловушек и других орудий лова, в которых содержатся конические, цилиндрические и другие сетные устройства пространственной формы. Каждый вид орудий лова имеет свою конструктивную сложность, их можно поделить на простые и сложные [2].

К простым относятся конструкции сетной секции в виде конуса, цилиндра или параллелепипеда, собранные из сетных пластин с одинаковым шагом ячеи, диаметром нитки и другими конструктивными величинами, пример показан на рисунке 4.

К сложным относятся конструкции сетной секции в виде конуса, цилиндра или параллелепипеда, собранные из сетных пластин с отличающимся шагом ячеи, диаметром нитки и другими параметрами. Для определения числового значения этих конструктивных параметров необходимо рассчитать их средневзвешенные значения, примеры показаны на рисунках 1, 2, 3.

Учитывая все возрастающую актуальность рационального расходования материалов и энергоресурсов, а также – ужесточение требований к селективным свойствам орудий лова, появилась необходимость в расширенном анализе существующих и новых конструкций с целью их оптимизации.

Конструктивные параметры (величины) [2] сетных орудий лова можно разделить на:

- простые – параметры, которые могут быть считаны с раскройного чертежа. Это шаг ячеи, диаметр нитки, цикл кройки;
- производные – параметры, которые возмож-

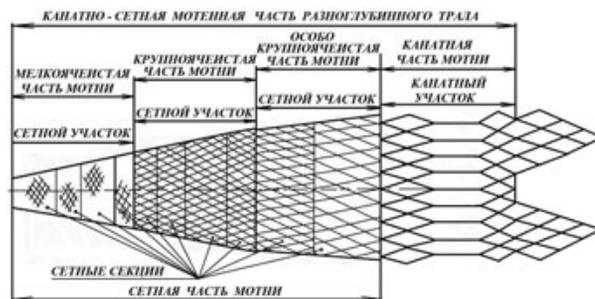


Рисунок 1. Канатно-сетная часть разноглубинного трала

Figure 1. Rope-net part of a mid-water trawl

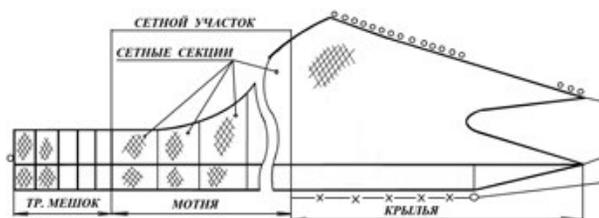


Рисунок 2. Трал донный

Figure 2. Bottom trawl

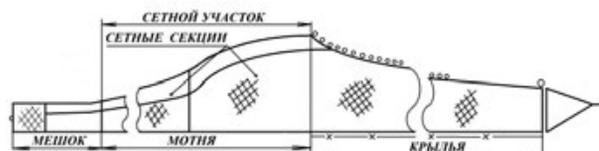


Рисунок 3. Снюрревод

Figure 3. Dragnets

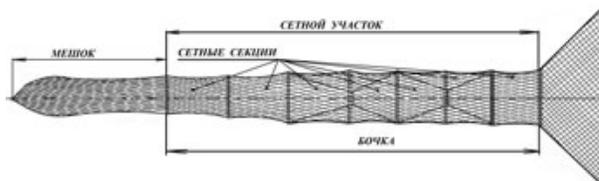


Рисунок 4. Ловушка, мережа, вентерь

Figure 4. Trap nets, hoop net trap, true wind

но рассчитать на основе данных, считанных с чертежа. Это сплошность, габаритные размеры пластин, участков, всей конструкции; эксплуатационные параметры сетематериалов, отличающиеся друг от друга физико-механическими показателями: линейной плотностью, разрывной нагрузкой, удлинением, потерей коэффициента прочности и т. д.;

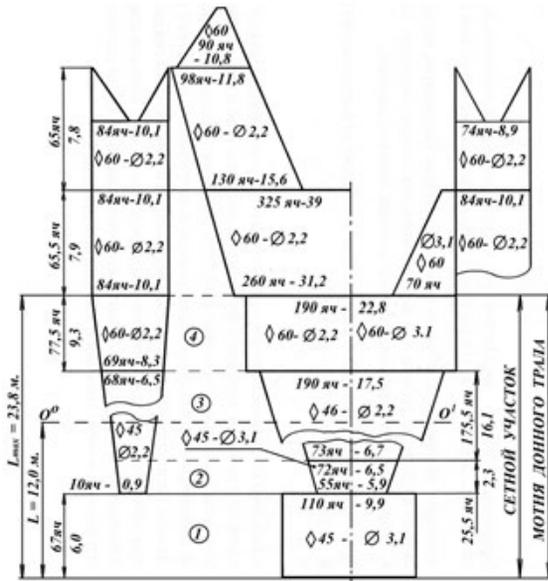


Рисунок 5. Донный трал 29.2/33M для лова головоногих

Figure 5. Bottom trawl 29.2/33M for cephalopod fishing

измеренные – параметры, которые можно получить в процессе работы орудия лова. Это раскрытие ячеи, растяжение нитки или ячеи;

- параметры, влияющие на поведение объекта лова в процессе работы, такие как вибрация и звук, свечение сетного полотна, канатов, веревок;
- экономические – параметры, влияющие на окончательную цену или цену отдельного участка конструкции.

Для каждой сетной конструкции орудия лова или его отдельного участка можно построить диаграмму параметров, на основе которых подобрать функцию изменения любого параметра по длине рассматриваемого участка. В любой точке сетного орудия лова возможно рассчитать ряд числовых значений конструктивных параметров. Полученные числовые значения связаны между собой, отражают конструкцию в этом конкретном месте и будут характерны и уникальны только для данной конструкции.

Рассчитанные по уравнениям числовые значения взаимосвязаны, они характеризуют уникальность данного изделия. Эту взаимосвязь можно выразить системой функций конструктивных величин по длине рассматриваемого участка орудия лова и представить в следующем виде:

$$\begin{cases} F_1(l_i), \\ F_2(l_i), \\ \dots \\ F_n(l_i). \end{cases} \quad (1)$$

С развитием рыболовства вырос как диапазон габаритов орудий лова, так и ассортимент сетематериалов, используемых при постройке сетных орудий лова. Размеры некоторых конструкций увеличились в разы, и провести анализ бывает сложно. Для расширения возможностей по проведению сравнительного анализа конструктивных параметров используем их безразмерные коэффициенты [3], такую взаимосвязь представим в виде системы функций безразмерных коэффициентов конструктивных величин орудия лова или его участка:

$$\begin{cases} F_{diml}^1(L_{diml}), \\ F_{diml}^2(L_{diml}), \\ \dots \\ F_{diml}^n(L_{diml}). \end{cases} \quad (2)$$

Любая канатно-сетная или просто сетная оболочка орудия лова собирается на основе сетных секций, составленных из сетных пластин. Средневзвешенное значение конструктивных величин рассчитывается в случае, если такие секции сшиваются из пластин однородного сетного полотна или сетного полотна с разным шагом ячеи, причем нитки могут быть из различных материалов, разного диаметра и структуры [4]. На основе полученных графиков, с учетом средневзвешенных конструктивных величин, получаем систему уравнений зависимости безразмерных средневзвешенных конструктивных величин от длины рассматриваемого участка орудия лова, и их можно представить как:

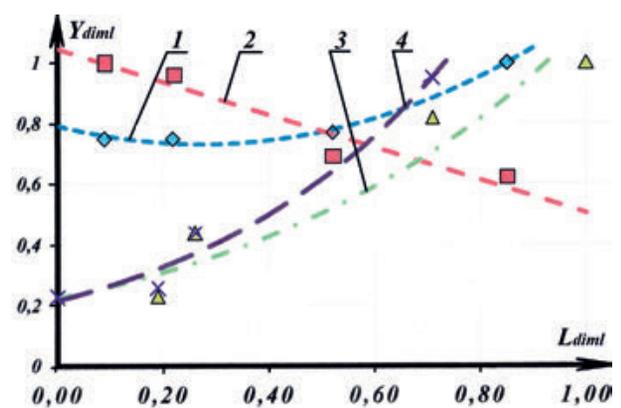


Рисунок 6. Графики изменения безразмерных коэффициентов средневзвешенных конструктивных величин мотенной части траля 29.2/33M по ее длине

Figure 6. Graphs of changes in the dimensionless coefficients of weighted average values of the reeled part of the 29.2/33M trawl along its length

$$\begin{cases} F_{diml}^{1-C,V}(L_{diml}), \\ F_{diml}^{2-C,V}(L_{diml}), \\ \dots \\ F_{diml}^{n-C,V}(L_{diml}). \end{cases} \quad (3)$$

Учитывая, что все конструктивные характеристики влияют на уловистость, селективность, долговечность, стоимость и другие технические и экономические показатели конструкции, они должны быть учтены и рассчитаны.

Классическим примером использования средневзвешенных величин при конструировании является большинство донных тралов, например трал 29,2/33М для лова головоногих [5].

Для наглядности объяснения построим графики изменения конструктивных величин мотенной части трала 29,2/33М, подберем для них функции, характеризующие изменения каждой конструктивной величины по длине рассматриваемого участка трала (рис. 6).

На рисунке 6 показан желательный характер изменения числовых значений безразмерных коэффициентов средневзвешенных конструктивных величин:

- безразмерный коэффициент средневзвешенного шага ячеи – a_{diml}^{CV-i} ;
- безразмерный коэффициент средневзвешенной сплошности – K^{CV-i} ;
- безразмерный коэффициент средневзвешенной разрывной прочности по верхним кромкам сетных секций – P_{diml}^{top-i} ;
- безразмерный коэффициент средневзвешенной разрывной прочности по нижним кромкам сетных секций – P_{diml}^{bot-i} .

$$\begin{cases} 1 - a_{diml}^{1-CV} = 0 \cdot L_{diml}^2 - 0,5422 \cdot L_{diml} + 1,0452; \\ 2 - K_{diml}^{2-CV} = 0,8087 \cdot L_{diml}^2 - 0,4469 \cdot L_{diml} + 0,793; \\ 3 - P_{diml}^{3-CV} = 0,225e^{1,6097L_{diml}}; \\ 4 - P_{diml}^{4-CV} = 0,225e^{2,078L_{diml}}; \end{cases}$$

Полученная система уравнений позволяет смоделировать и получить численные значения конструктивных величин для любой точки мотенной части данного трала.

Для демонстрации возможности получения числовых значений, на основании системы уравнений (4), рассчитаем их на произвольно выбранном удалении от нижней кромки мотни, равном $L = 12,0$ метров.

1. По полученным безразмерным, средневзвешенным коэффициентам конструктивных величин определяем средневзвешенные значения шага ячеи, сплошности, разрывной прочности жгута по верхней и нижней кромке в точке $L = 12,0$ метрам.

2. Находим безразмерную длину до расчетной точки – $L_{diml}^{i-12} = 12/23,8 = 0,504$.

3. Проведем расчеты на компьютере, получим числовые значения рассматриваемых средневзвешенных конструктивных величин:

Y = A·L ² + B·L + C					Y = Ae ^{BL}			
A	B	C	L	Y	A	B	L	Y
0	-0,5422	1,045	0,504	0,771731	0,225	1,6097	0,504	0,506432
0,8087	-0,4469	0,793	0,504	0,773185	0,217	2,078	0,504	0,618446

На основании полученных числовых значений определим для мотни донного трала 29,3/33М расчетные значения по линии $O^0 - O^1$ (см. рис. 5), средневзвешенные значения шага ячеи, сплошности, диаметра нитки и разрывные прочности жгутов по верхней и нижней кромке:

А. Средневзвешенный шаг ячеи будет – $a_{diml}^{CV-12} = 0,771931 \times 60 = 46,32$ мм.

Б. Средневзвешенный коэффициент сплошности – $K^{CV-12} = 0,7732$.

Средневзвешенный диаметр определяем из

$$K^{CV-12} = \frac{a^{12}/a^{12}}{a^0/a^0} = \frac{d^{12}/46,32}{0,069} = 0,7732, \text{ тогда}$$

$$d^{CV-12} = 0,7732 \cdot 0,069 \cdot 46,32 = 2,47116 \text{ мм.}$$

В. Разрывная прочность по верхним кромкам – $P_{diml}^{top-i} = 0,703 \times 54,26 = 38,145$ т.

Г. Разрывная прочность по нижним кромкам – $P_{diml}^{bot-i} = 0,701 \times 54,26 = 38,04$ т.

Большинство сетных секций в орудиях лова собираются из однородных пластин, изготовленных из дели с равным шагом ячеи из нитки одного диаметра, того же материала и структуры, поэтому все конструктивные величины их соответствуют той дели, из которой выкраивают пластины. В этом случае система уравнений безразмерных коэффициентов конструктивных величин рассматриваемого участка орудия лова будет соответствовать системе уравнений безразмерных коэффициентов конструктивных величин орудия лова или его участка (2).

Для демонстрации возможности получения числовых значений конструктивных величин возьмем конструкцию мелкоячеистой части трала 70/370М [6], который прошел промышленные испытания и исследован в процессе буксировки на промысле (рис. 7). На основании раскроечного чертежа и данных испытания построим диаграмму и получим графики изменения числовых значений безразмерных коэффициентов конструктивных параметров.

На основании рассчитанных данных построим графики (рис. 8) и получим уравнения.

На рисунке 8 показан желательный характер изменения числовых значений безразмерных коэффициентов конструктивных величин с разноглубинного трала 70/370М:

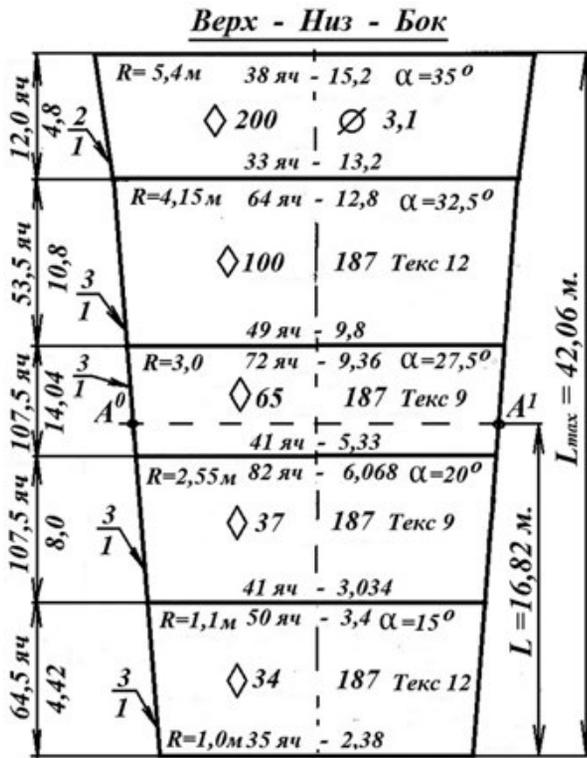


Рисунок 7. Чертеж мелкоячейистой части оболочки трала 70/370М

Figure 7. Drawing of the fine-mesh part of the trawl shell 70/370M

- шаг ячеи однородных сетных конусов a_{diml} ,
- сплошность однородных сетных конусов K_{diml} ,

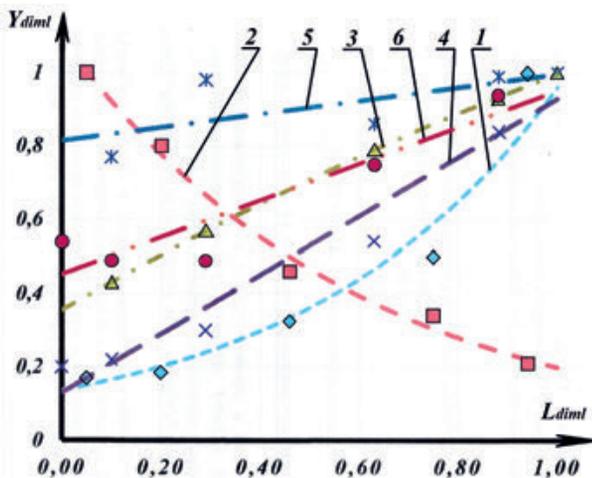


Рисунок 8. Графики параметров мелкоячейистой оболочки разноглубинного трала 70/370М

Figure 8. Trend lines dependence of design values for the small-mesh net part of the 70/370M mid-water trawl

- угол раскрытия в центре сетной пластины α_{diml} ,
- радиус сетного конуса по верхней кромке R_{diml} ,
- разрывная прочность жгута по верхним кромкам P_{diml}^{top} ,
- разрывная прочность жгута по нижним кромкам P_{diml}^{bot} .

Система соответствующих уравнений:

$$\begin{cases} a_{diml} = 1,404 \cdot L_{diml}^2 - 0,542 \cdot L_{diml} + 0,2187; \\ K_{diml} = 0,75 \cdot L_{diml}^2 - 1,6073 \cdot L_{diml} + 1,0785; \\ \alpha_{diml} = 0,6287 \cdot L_{diml} + 0,3793; \\ R_{diml} = 0,6783 \cdot L_{diml}^2 + 0,122 \cdot L_{diml} + 0,2016; \\ P_{diml}^{top} = -0,1058 \cdot L_{diml}^2 + 0,2986 \cdot L_{diml} + 0,87947; \\ P_{diml}^{bot} = 0,899 \cdot L_{diml}^2 - 0,2101 \cdot L_{diml} + 0,5171; \end{cases}$$

Полученная система уравнений позволяет численно смоделировать и получить численные значения конструктивных величин для любой точки мотенной части данного трала.

Для демонстрации возможности получения числовых значений, на основании полученной системы уравнений (5), рассчитаем их численные значения на произвольно выбранном удалении от нижней кромки мотни, равном $L = 16,82$ метра.

1. По полученным безразмерным средневзвешенным коэффициентам конструктивных величин определяем средневзвешенные значения шага ячеи, сплошности, разрывной прочности жгута по верхней и нижней кромке линии $A^0 - A^1$ на расстоянии $L = 16,82$ м

2. Находим безразмерную длину до расчетной точки $- L_{diml}^{i-16,82} = 16,82/42,06 = 0,4$.

Проведем расчеты, получим числовые значения рассматриваемых конструктивных величин:

$$Y = A \cdot L^2 + B \cdot L + C$$

A	B	C	L	Y
1,404	-0,542	0,2187	0,4	0,22654
0,75	-1,6073	1,0785	0,4	0,55558
0	0,6287	0,3793	0,4	0,63078
0,6783	0,122	0,2016	0,4	0,358928
-0,1058	0,2986	0,8794	0,4	0,981912
0,899	-0,2986	0,5171	0,4	0,5415

На основании полученных числовых значений определим для мелкоячейистой части разноглубинного трала 70/370М расчетные значения по линии $A^0 - A^1$. Желательная величина шага ячеи, сплошность, диаметр нитки и разрывная прочность по верхней и нижней кромке будут:

- шаг ячеи $a^{16,82} = 0,22654 \times 200 = 45,31$ мм;
 - коэффициент сплошности $-K^{16,82} = 0,55558$, следовательно при
- $$K^{16,82} = \frac{a^{16,82}/a^{16,82}}{a^0/a^0} = 0,55558$$

диаметр нитки

$$d^{16,82} = 0,55558 \cdot 45,31 \cdot 0,0735 = 1,85 \text{ мм}$$

- угол раскрытия сетного полотна $\alpha_{diml} = 0,63078 \times 35^\circ = 22,1^\circ$;
- радиус конуса $R_{diml} = 3589 \times 5,4 = 1,94$ м;
- разрывная прочность по верхним кромкам $-P_{diml}^{top-i} = 0,9819 \times 60,16 = 59,071$ т;
- разрывная прочность по нижним кромкам $-P_{diml}^{bot-i} = 0,5415 \times 60,16 = 32,577$ т.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Получение системы графиков для средневзвешенных безразмерных конструктивных величин по уравнению (4) и безразмерных конструктивных величин по уравнению (5) идентично. Анализ полученных графиков и определение рекомендуемых величин конструктивных параметров для корректировки имеющейся или будущей сетной конструкции описаны в работах [2] и [7]. Приведенная математическая модель облегчает и ускоряет расчеты сетных конструкций орудий лова.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

1. Татарников В. А., Акишин В. В., Истомин И. Г., Астафьев С. Э. Способы и орудия лова промышленного и прибрежного рыболовства Северного рыболовства. Справочное пособие. – М.: Изд-во ВНИРО. 2016. 286 с.
2. Симкин Л.М. Методика определения характера изменения параметров канатно-сетной оболочки разноглубинного трала по его длине // Изв. ТИНРО. 2023. Т. 203. вып. 1. С. 223-233.
3. Симкин Л.М. Исследование возможности получения функциональной зависимости коэффициентов сплошности канатно-сетных частей разноглубинных тралов // Изв. ТИНРО. 2020. Т. 200. вып. 3. С. 656-670.
4. Симкин Л.М. Зависимости средних взвешенных значений характеристик сетных частей донных тралов от места расположения пластин // Известия КГТУ. 2014 № 34. – Калининград: КГТУ. 2014. С. 103-110.

5. Тралы донные для головоногих в водах Мавритании. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. 153.00.000 ТО // ЦПКТБ Клайпедский филиал. 1981. С. 3-15.
6. Рейсовый отчет 2347 РО РТМ 7168 «Астероид», с июля по ноябрь 1987 г. // Научно-производственное объединение по технике промышленного рыболовства. – Калининград. 1987. С. 86-89.
7. Симкин Л.М. Рекомендация по построению обобщенного графика для нескольких сетных частей пелагических тралов // Материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 125-летию со дня рождения заслуженного деятеля науки и техники РСФСР Баранова Федора Ильича. – Калининград: КГТУ. 2011. С. 391-397.

LITERATURE AND SOURCES

1. Tatarnikov V. A., Akishin V. V., Istomin I. G., Astafiev S. E. (2016). Methods and Fishing Gear of Industrial and Coastal Fishing of the Northern Fishery. Reference manual. – M.: VNIRO. 286 p. (In Russ.).
2. Simkin L.M. (2023). A method to determine patterns for changing parameters of the rope-net shell of mid-water trawl along its length. Izvestiya TINRO.: 203 (1). Pp.223-233. (In Russ.).
3. Simkin L.M. (2020). A study of approach to assessing a functional relationship between density ratios for the rope/net part of midwater trawl. // Izvestiya TINRO. 200(3). Pp. 656-670. (In Russ.).
4. Simkin L.M. Dependences of the average weighed values of characteristics of ground trawl nets parts from the location of plates. Izvestiya KSTU. 2014; № 34: Kaliningrad KSTU – Pp. 103–110.
5. Bottom trawls for cephalopods in the waters of Mauritania. Technical description and instruction manual. 153.00.000 ТО// TsPKTB Klaipėda branch. 1981. Pp. 3-15. (Central Design and Technical Bureau). (In Russ.).
6. Voyage report 2347 PO RTM 7168 “Asteroid”, July to November 1987 // Scientific and production association for industrial fishing technology. Kaliningrad: 1987. Pp. 86-89. (In Russ.).
7. Simkin L.M. (2011). Recommendation for the construction of a generalized schedule for several net parts of pelagic trawls // Proc. Int. Sci. Pract. Conf. Commem. 125th Anniv. of Birth of Honored Worker of Science and Technology RSFSR Baranov Fedor Ilyich, Kaliningrad: KGTU. Pp. 391-397. (In Russ.).

Материал поступил в редакцию/ Received 07.12.2023

Принят к публикации / Accepted for publication 31.05.2024





Криоконсервация спермы осетрообразных рыб: современное состояние и перспективы. Часть 2.

DOI: 10.36038/0131-6184-2024-3-110-121

Обзорная статья
УДК 57.086.13:639.3.034:597.423

Докина Ольга Борисовна – кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории криобиологии, Филиал по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ»), Московская область, Дмитровский городской округ, пос. Рыбное, Россия
E-mail: olgadokina@mail.ru

Ковалев Константин Викторович – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией криобиологии, Филиал по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ»), Россия, Московская область, Дмитровский городской округ, пос. Рыбное
E-mail: silur5@mail.ru

Пронина Наталья Дмитриевна – главный специалист лаборатории криобиологии, Филиал по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ»), Россия, Московская область, Дмитровский городской округ, пос. Рыбное
E-mail: proninatasha@rambler.ru

Адрес:

Филиал по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ») –
Россия, 141821, Московская область, Дмитровский городской округ, пос. Рыбное, дом 40А

Аннотация. Проведен анализ опубликованной информации в области криоконсервации спермы осетрообразных рыб. В представленном обзоре кратко прослеживается исторический опыт разработки способов криоконсервации и детально рассматривается современное состояние исследований за последние два десятилетия. Систематизированы технологические подходы, выявлены наиболее перспективные тенденции развития и существующие проблемы.

Ключевые слова: криоконсервация, криопротектор, криоконсервированная сперма, осетровые рыбы, осетрообразные рыбы

Для цитирования: Докина О.Б., Ковалев К.В., Пронина Н.Д. Криоконсервация спермы осетрообразных рыб: современное состояние и перспективы. Часть 2. // Рыбное хозяйство. 2024. № 3. С. 110-121.
DOI: 10.36038/0131-6184-2024-3-110-121

CRYOPRESERVATION OF ACIPENSERIFORMES SPERM: CURRENT STATUS AND PERSPECTIVES. PART 2.

Olga B. Dokina – Candidate of Chemical Sciences, Leading Researcher at the Laboratory of Cryobiology, Branch of Freshwater Fisheries of the VNIRO (VNIIPRH), Moscow region, Dmitrovsky city district, village Rybnoye, Russia

Konstantin V. Kovalev – Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Cryobiology Laboratory, Freshwater Fisheries Branch of VNIRO (VNIIPRH), Russia, Moscow region, Dmitrov city district, village Rybnoye

Natalia D. Pronina – chief Specialist of the Cryobiology Laboratory, Freshwater Fisheries Branch of the VNIRO (VNIIPRH), Russia, Moscow region, Dmitrov city district, village Rybnoye

Address:

Freshwater Fisheries Branch of VNIRO («VNIIPRH») – Russia, Moscow region, Dmitrovsky city district, 141821, village Rybnoye, house 40A

Annotation. An analysis of published information in the field of cryopreservation of acipenseriformes sperm was carried out. The presented review briefly traces the historical experience in the development of cryopreservation methods and examines in detail the current state of research over the past two decades. Technological approaches are systematized, the most promising development trends and existing problems are identified.

Keywords: cryopreservation, cryoprotectant, cryopreserved sperm, sturgeons, acipenseriformes

For citation: Dokina O.B., Kovalev K.V., Pronina N.D. (2024). Cryopreservation of acipenseriformes sperm: current state and perspectives. Part 2. // Fisheries. No. 3. Pp. 110-121. DOI: 10.36038/0131-6184-2024-3-110-121

На современном этапе применялись и другие протоколы криоконсервации спермы осетрообразных рыб с использованием трис-буферных и водно-солевых разбавителей.

Для оценки качества образцов спермы, полученных после стимуляции созревания различными гормональными препаратами, украинскими криобиологами проводилась их криоконсервация по традиционной, разработанной в 80-х годах XX в., технологии в среде на основе трис-буфера с ДМСО и желтком. Подвижность размороженной спермы веслоноса составляла 80-90% [81], стерляди – 68-79% [82].

Использование оригинального разбавителя Цветковой (oT), дополненного пенициллином, и программируемого замораживания с поэтапным увеличением скорости позволило получить для оттаявшей спермы персидского осетра 32,2% подвижных клеток и 31% оплодотворения икры, а для спермы севрюги, соответственно – 37,5 и 34,6% [83]. Была также подтверждена непригодность коммерческого разбавителя BioCipher для криоконсервации спермы осетровых рыб, о чем сообщалось ранее [17].

Дополнение разбавителя oT с желтком и 15% ДМСО, pH 7,8, антиоксидантами: аскорбиновой кислотой или лизином (в конечных концентрациях, соответственно, 0,01 M и 0,05 M) при криоконсервации спермы русского осетра в 2 мл пробирках, охлаждаемых поэтапно в парах LN₂ до –70 °C и погружаемых в LN₂ через 8 мин, повышало подвижность и оплодотворяющую способность размороженной спермы. Лучшие результаты по этим показателям, в варианте опыта с аскорбиновой кислотой, были соответственно ~ 45 и ~ 75%, по сравнению с вариантом без добавок – 30 и 55%. Отмечалось, что добавление этих веществ снижало уровень аберраций хромосом [84; 85].

Сообщалось о повышении подвижности размороженной спермы стерляди, русского и си-

бирского осетров при снижении pH трис-буферного раствора в криозащитной среде до 6,5-7,0 и введении в нее антиоксиданта бутилокситолуола в концентрациях 0,04 и 0,06 мг/мл. Применение оригинальной синтетической среды С-2 и замораживания спермы в гранулах по 0,1 мл на фторопластовой пластине при –80 °C с дальнейшим погружением в LN₂ позволяло получать после оттаивания более 40% подвижных клеток и достигать оплодотворяемости икры 76-81% [86]. Выращивание рыбопосадочного материала, полученного с использованием криоконсервированной (в средах С-3 и С-4) спермы сибирского осетра, показало преимущество в темпе роста «крио-осетров» по сравнению с контролем, полученным из нативной спермы [87; 88], однако в «крио-потомстве» наблюдалось увеличение доли самок [88].

Использование среды на основе трис-буфера с добавлением сахарозы, KCl и ~10% метанола при криоконсервации спермы русского осетра позволило получить после оттаивания 2-35% подвижных клеток, 18-90% – оплодотворения икры и 12-86% – выклева личинок [89]. Обнаружено, что использование для оплодотворения икры криоконсервированной таким способом спермы, по сравнению с нативной, приводит к пониженному выходу личинок, прежде всего, за счет повышенной смертности на ранних эмбриональных стадиях, т.е. идет отбор жизнеспособных «криоэмбрионов». Выявлено увеличение доли некоторых гетерозигот и гетерозиготности по исследованным локусам. Поскольку отклонение этого показателя от исторического оптимума вызывает сокращение численности популяций и их деградацию в последующих поколениях, авторы считают целесообразным ограничить применение криоконсервированной спермы при искусственном воспроизводстве товарными хозяйствами, а также отмечают необходимость поиска щадящих методик крио-

консервации и изучения их влияния на генофонд [90-92].

В образцах спермы персидского осетра, разбавленной 100 мМ трис-НСl буферным раствором, рН 8 с 10% ДМСО и гидроксипропил-β-циклодекстрином, как дополнительным криопротектором, в оптимальной концентрации 10 мМ, после замораживания в 0,5 мл соломинках (в 4 см над LN₂ в течение 3 мин) и хранения в течение 2 и 8 недель наблюдалось 16-17% подвижных клеток [93].

Сравнение трех криозащитных сред: 1) мТ с 10% метанола, 2) оТ с 15% ДМСО и 20% желтка и 3) раствора 80 мМ сахарозы, 5,5 мМ восстановленного глутатиона с 10% ДМСО при замораживании спермы русского осетра в 0,5 мл соломинках в 3 см над LN₂ в течение 20 мин показало практическую равнозначность первых двух сред (подвижность после оттаивания составляла, соответственно, 28 ± 15 и 30 ± 12%) и меньшую эффективность третьей (11 ± 6%) [94].

С использованием такого же способа замораживания проводилось сравнение действия различных дисахаридов и их комбинаций, а также разных концентраций хлорида калия в среде на основе 0,02 М трис-буфера, рН 8.1 с 10% метанола при криоконсервации спермы китайского и корейского осетров. Лучшая среда, с добавлением 2-5 мМ КCl, 15 мМ лактозы и 15 мМ трегалозы, обеспечила сохранение в оттаявшей сперме китайского осетра ~ 85% подвижных клеток, в сперме корейского осетра ~75%. Оплодотворяющая способность составляла, соответственно, 32 и 23% [95].

Американские исследователи замораживали сперму лопатоносов в 0,5 мл соломинках, опускаемых в стаканах на дно алюминиевого сосуда, помещаемого в переносной сосуд Дьюара с LN₂ (скорость охлаждения 22-24 °С/мин). Сравнение модифицированного HBSS и оТ (разбавление 1:4) в сочетании с 5 и 10% метанола или ДМСО при криоконсервации спермы обыкновенного лопатоноса (*S. platorhynchus*) не обнаружило значимых различий между криопротекторами, но разбавитель оТ обеспечивал более высокую подвижность размороженной спермы (42-50% по сравнению с 23-28% для HBSS) [96]. Сравнение метанола и ДМСО в концентрациях 5, 10 и 15% при замораживании спермы белого лопатоноса (*S. albus*), разбавленной в соотношении 1:4 mHBSS с осмоляльностью 100 мОсмоль/кг, не показало значимых различий между криопротекторами по подвижности оттаявшей спермы, однако значительно более высокий выклев (77%) был получен при использовании 5 и 10% метанола. Отмечалось, что перед началом эксперимента каждый криопротектор смешивался с mHBSS в соотношении 1:1 для снижения токсических эффектов [97].

Впоследствии было представлено детальное описание последнего опыта с использованием метанола и приведены лучшие показатели криоконсервированной спермы, полученные в вариантах с 5 и 10% метанола: соответственно подвижность – 28 и 25%, оплодотворяющая способность на стадии 4-8 бластомеров – 91 и 92 %, выклев – 77 и 77% (в контроле 69%) [98].

Выбранная, по результатам испытаний нескольких солевых разбавителей и разных концентраций ДМСО и глицерина, лучшая среда, представляющая собой водный раствор 8,85 г/л NaCl, 0,2 г/л KCl, 0,4 г/л NaHCO₃ с 12% ДМСО, обеспечила после криоконсервации спермы китайского осетра 83,8% оплодотворения икры и 68% выклева личинок. Разбавленная в соотношении 1:3 сперма, после эквilibрации в течение 0,5-2 час, замораживалась в 2,5 мл пробирках со скоростью 2 °С/мин от 4 до –6 °С и после 10 мин выдерживания погружалась в LN₂ [99].

Биологами Астраханского государственного университета (АГУ) [100] исследовались цитоморфологические и функциональные изменения сперматозоидов русского осетра после криоконсервации в различных вариантах среды Штайна [31; 101] и водном растворе глицерина, ДМСО и гепарина. Использование этого раствора, в отличие от других сред, не вызывало существенных морфологических нарушений, но клетки теряли способность поступательного движения.

Среде Штайна также было отдано предпочтение, при сравнении ее с трис-НСl буферными растворами, с ДМСО или метанолом, при замораживании спермы двух самцов русского осетра в 0,5 мл соломинках на металлической плите в 5 см над LN₂, на основании наблюдения наиболее высокой подвижности клеток (25 и 30%) после оттаивания [102].

Российскими исследователями из Южного научного центра (ЮНЦ) РАН и Астраханского государственного технического университета (АГТУ), при совершенствовании технологии криоконсервации спермы осетровых рыб, использовались различные модификации среды Штайна и технологические приемы, изложенные в методическом пособии, разработанном во ВНИИПРХ [22]. Сообщалось о повышении выживаемости сперматозоидов в результате добавления в среду цианокобаламина [103]. Замена глюкозы в среде Штайна на сахарозу и маннит и уменьшение концентраций желтка и ДМСО до 10% привели к повышению количества подвижных клеток в размороженной сперме русского осетра с 10 до 60% и снижению скорости пероксидного окис-

ления липидов на всех этапах криоконсервации [104]. С целью увеличения проницаемости мембран сперматозоидов для применяемого криопротектора предлагалась электростимуляция разбавленной средой спермы в течение 1 мин перед эквilibрацией. При оптимальной частоте сигнала 20 Гц сохранность клеток увеличивалась на 30%, а время жизни – в 2,2 раза. Для вымывания криопротектора из клеток размороженная сперма разбавлялась в соотношении 1:1 раствором 6,5 г/л NaCl и выдерживалась в течение 7 мин [105-108]. Для ускорения проникновения криопротектора через клеточные мембраны предложено также ультразвуковое воздействие на разбавленную средой сперму, позволяющее снизить период эквilibрации и уменьшить время воздействия токсичных веществ на клетки [109; 110]. Сообщалось о получении высоких процентов оплодотворения икры криоконсервированной спермой (80-96% – у русского осетра, 64-84% – у севрюги, 75% – у белуги) [111-115] и формировании коллекции спермы осетровых рыб в созданном в ЮНЦ РАН криобанке [114; 116]. Показана целесообразность использования криоконсервированной спермы при искусственном воспроизводстве осетровых рыб в установках замкнутого водообеспечения [112]. Предложен способ создания репродуктивных маточных стад осетровых рыб с их частичным обновлением за счет генетического материала из криобанка [113; 117]. Показано, что потомство, полученное с использованием криоконсервированной спермы, имело нормальное эмбриональное и постэмбриональное развитие [117-119].

Показана предпочтительность использования пробирок Эппендорфа объемом 0,5 мл по сравнению с 0,75, 1,5 и 2 мл пробирками. В образцах меньшего объема за счет более равномерных режимов охлаждения и оттаивания наблюдалось наибольшее время жизни сперматозоидов [120; 121]. Показана перспективность скоростного замораживания на тефлоновой пластине [122]. Предложен альтернативный метод замораживания суспензии сперма-среда на пластиковых или металлических сетках в виде тонких пленок, а также – в виде высушенных в термостате мазков, для предотвращения криоповреждений клеток за счет сверхвысоких скоростей замораживания. Лучший результат достигнут при использовании пластиковых сеток: после оттаивания продолжительность жизни спермиев русского осетра составила 20 мин, сибирского осетра – 26 мин [123-125]. Снижение концентрации ДМСО в применяемой среде с 10 до 3% с целью уменьшения ее токсического действия привело к увеличе-

нию времени жизни размороженных спермиев белуги с 26 до 31 мин, а подвижности – с 75 до 82%. Аналогичные показатели у русского осетра (при снижении ДМСО до 4%) увеличились соответственно с 6 до 9 мин и с 70 до 78% [126-128]. По оценке влияния на подвижность и время жизни спермиев после оттаивания, определены лучшие скорости замораживания (3 °С/мин для русского осетра и 10 °С/мин для севрюги и стерляди) по сравнению со ступенчатым режимом: 6 °С/мин – в течение 6 мин, 10 °С/мин – в течение 4 мин, погружение в LN₂ [129-131].

С использованием вышеупомянутой методики криоконсервации [22] специалистами ЮНЦ РАН исследовалось влияние добавок 0,1 мМ антиоксидантов из ряда стерически-затрудненных фенолов к модифицированной среде Штайна, содержащей в водном растворе 130 мМ NaCl, 5 мМ KCl, 20 мМ NaHCO₃, 5,5 мМ глюкозы, 12,5% желтка и 12,5 % ДМСО. Наиболее эффективно снижала уровень пероксидного окисления липидов мембран добавка 3,5-ди-трет-бутил-4-гидроксибензилметилдифосфоновой кислоты, превосходя по активности известные антиоксиданты ионол (2,6-ди-трет-бутил-4-метилфенол) и тролокс (водорастворимый аналог витамина E), и обеспечив повышение оплодотворения икры криоконсервированной спермой с 30 до 60% у белуги, с 84 до 91% – у русского осетра и с 71 до 79% – у севрюги [132-134]. Снижение уровня пероксидации липидов и увеличение продолжительности подвижности спермиев наблюдалось также при добавлении фенольных соединений, содержащих фрагменты пирролидина [135; 136], тиацетамида [136; 137] или диимина [138], и производных индолина [139]. Предполагается криопротекторное действие L-1-(2-((1-гидрокси-нафталин-2-ил)тио)ацетил)пирролидин-2-карбоновой кислоты, добавление которой к нативной сперме белуги увеличило время поступательного движения сперматозоидов в 2,2 раза, а проценты оплодотворения и выклева примерно в 1,5 раза [140]. В качестве потенциальных криопротекторов рассматриваются новые фенол- и нафтолпроизводные L- и D-пролина с мультифункциональной активностью [141-143]. Установлена видоспецифичность повышения уровня пероксидации липидов спермы осетровых при криоконсервации в модифицированной среде Штайна [144]. Уровень липидного перекисления возрастал и в нативной, и в криоконсервированной сперме русского осетра в присутствии органических соединений олова [145].

Наряду с рассмотренными технологиями, с начала XXI в. стали разрабатываться принципиально иные протоколы с использовани-

ем низкоосмотических криозащитных сред на водной основе и метанола в качестве основного криопротектора.

Специалистами лаборатории криобиологии ВНИИ пресноводного рыбного хозяйства (ВНИИПРХ) в результате экспериментов, проведенных в 2001-2003 гг. на белуге, стерляди, севрюге, сибирском и русском осетрах, разработана базовая криозащитная среда для замораживания спермы осетровых рыб, содержащая в водном растворе 0,1% сахарозы, 0,08% KCl и 8% метанола (в массовых долях), применение которой, при сохранении прежнего трехэтапного режима замораживания в 1,5 мл пробирках [146], позволило повысить оплодотворяющую способность размороженной спермы в 2-2,5 раза по сравнению с используемой ранее средой от [147-155]. Показано отсутствие необходимости в использовании трис-буферных разбавителей и сложных солевых составов, а также в раздельном смешивании спермы сначала с разбавителем, а затем с криопротектором, и в периоде эквilibрации. Выявлена определяющая роль и оптимальная концентрация хлорида калия в среде. Некоторое повышение протективного действия базовой среды наблюдалось при добавлении к ней ряда аминокислот, антиоксидантов, антифризных белков, глицерина [148; 149; 156; 157]. Добавление антифризных гликопротеинов (АФГП), полученных из крови баренцевоморской трески (*Gadus morhua*), в концентрациях 5-25 мг/мл обеспечило трехкратное и более увеличение оплодотворяющей способности размороженной спермы сибирского осетра [158-160]. Обнаружено положительное влияние добавок таурина на сохранность криоконсервированной спермы [161], а также – на продление жизнеспособности нативной спермы при хранении и транспортировке перед криоконсервацией [162]. Разработанный базовый протокол обеспечивал получение высоких уровней оплодотворения икры криоконсервированной спермой сибирского осетра (62-75%), русского осетра (62-68%), стерляди (62-73%), севрюги (72-82%), белуги (81%), калуги (87%) в промышленных условиях [146; 153; 163-166]. Отмечалось, что полученная таким способом молодь осетров имеет повышенные физиологические и рыболовные показатели. Фенотипическая адаптация личинок к изменениям экологических условий (температура воды 37 и 4 °С, содержание без кормления, соленость 1-5‰) оказалась значительно выше, чем у полученных традиционным способом [163; 164; 167].

С применением данной технологии, в сотрудничестве исследователей из МГУ и ВНИИПРХ, разработан метод оценки степени повреж-

дения клеток в криоконсервированной сперме, основанный на интенсивности свободнорадикальных реакций [168; 169]. С использованием спермы, криоконсервированной в лаборатории криобиологии ВНИИПРХ, генетиками из Института биологии развития РАН и ВНИИПРХ осуществлен диспермный андрогенез у осетровых рыб, открывающий, в сочетании с криоконсервацией, новые возможности для восстановления исчезающих видов. Получено андрогенетическое потомство сибирского и русского осетров, севрюги, белуги, гибридов севрюга×белуга, русский осетр×сибирский осетр [170], сибирский осетр×русский осетр [171; 172]. Впервые на осетровых рыбах применен гаплоидный андрогенез, как метод оценки повреждений генетического аппарата спермиев, вызванных различными факторами криоконсервации. Повреждения хромосом у размороженных сперматозоидов белуги и сибирского осетра, не выявленные у обычных диплоидных зародышей, четко проявились у гаплоидных эмбрионов. Положительный эффект добавки АФГП в криозащитную среду, при замораживании спермы стерляди, доказан равной выживаемостью гаплоидных эмбрионов, развившихся из нативной и криоконсервированной спермы [173].

При дальнейшем совершенствовании данной технологии криоконсервации, вызванном необходимостью замораживания спермы разного качества, обнаружено повышение протективного действия базовой среды при дополнении ее вторым проникающим криопротектором, формамидом, в концентрациях 0,5-1%, что может быть связано с проявлением эффекта синергизма. Эффективность усовершенствованной криозащитной среды подтверждена испытаниями 40 экспериментальных сред, а также при замораживании образцов спермы калуги, стерляди, сибирского и русского осетров для пополнения коллекции криобанка. Усовершенствованный протокол криоконсервации спермы осетровых рыб обеспечивал, в случае использования половых продуктов хорошего качества, сохранение оплодотворяющей способности замороженной спермы на уровне нативной [155; 174]. Коллекция спермы осетрообразных рыб в крупнейшем в России криобанке ВНИИПРХ представлена 700 образцами, общий объем которых составляет более 15 литров. Мониторинг сохранности образцов криоконсервированной спермы, проводимый в течение 30 лет, показывал, что продолжительность хранения не влияла на их качество [149-151; 165; 175-177].

Украинские исследователи, в опытах на спермостерляди, при модифицировании разработанного ВНИИПРХ способа криоконсервирования спермы осетровых рыб [153; 156], комбинируя

в водных средах различные концентрации сахарозы, фруктозы, KCl, KHCO_3 , глицина, глицерина, креатина, метанола и ДМСО, добавляя плазму крови карася, а также сравнивая способы замораживания суспензии сперма-среда в гранулах по 100 мкл на фторопластовой пластине и в пробирках объемом 0,5 и 1,5 мл, согласно методическому пособию ВНИИПРХ [146], подтвердили предпочтительность метанола в сравнении с ДМСО, заметили положительный эффект от использования в средах креатина и фруктозы, замены KCl на KHCO_3 , а также от уменьшения объема замораживаемого образца. Применение лучшей среды, содержащей в водном растворе 8,9 мМ KHCO_3 , 3,8 мМ креатина, 11,7 мМ сахарозы, 5,6 мМ фруктозы и 3,75 М метанола, и замораживания, разбавленной в соотношении 1:1 спермы в гранулах, обеспечило достижение 85,6% оплодотворения икры оттаявшей спермой по сравнению с 87,6% в контроле. Отмечалось, что прирост массы и длины тела трехмесячных особей, полученных с использованием криоконсервированной спермы, был больше, чем в контроле [178-180].

При использовании вышеупомянутого способа криоконсервации спермы осетровых рыб для воспроизводства стерляди дунайской и днепровской популяций, украинскими специалистами установлено, что криозащитная среда, содержащая сахарозу, KCl и метанол, является технологически оптимальной. Размороженная сперма с 48-55% подвижных клеток оплодотворяла 80-85% икры по сравнению с 90-95% в нативном контроле. Полученные личинки от двух популяций стерляди были использованы для воспроизводства ремонтно-маточных стад в рыбководческом хозяйстве [181]. Сравнение в другом исследовании характеристик спермы стерляди из дунайской, днепровской и волжской популяций после криоконсервации в среде, содержащей 14,6 мМ сахарозы, 13,4 мМ KCl и 3,73 М метанола, с трехэтапным режимом замораживания в стеклянных ампулах, показало снижение ее подвижности в среднем до 50% (от нативной, близкой к 100%) и снижение содержания в ней пяти липидных фракций (фосфолипидов, холестерина, свободных жирных кислот, триацилглицерола, эфиров холестерина), свидетельствующее о повреждении фосфолипидного бислоя мембран [182].

Польские криобиологи исследовали возможность применения для криоконсервации спермы сибирского осетра глюкозо-метанольной среды, подобной той, которая ранее была ими разработана для спермы лососеобразных рыб, в протоколе замораживания в 0,25 мл соломинках на рамке в 3 см над LN_2 в течение

5 мин с последующим погружением. Лучший, по результатам оценки подвижности размороженной спермы, состав (водный раствор 0,1 М глюкозы и 15% метанола), выбранный при сравнении сред с разными концентрациями глюкозы (0, 0.1, 0.15, 0.2 и 0.3 М), в сочетании с 15% метанола, при соотношении разбавления 1:1, обеспечивал около 30% выклева после оплодотворения икры криоконсервированной спермой, близкого к выклеву в контроле (около 33%). При этом ни эквilibрация перед замораживанием до 30 мин, ни хранение после оттаивания до 30 мин не влияли на подвижность и оплодотворяющую способность размороженной спермы, что важно для выполнения крупномасштабных хозяйственных операций. Сравнение раствора 0,1 М глюкозы с разбавителем mT в данном протоколе практически не показало различия: соответственно ~ 28% и ~ 25% выклева [183]. При сравнении 0,05 и 0,1 М растворов глюкозы в том же протоколе при замораживании спермы стерляди предпочтение было отдано раствору с меньшей концентрацией по оценке подвижности после оттаивания: 68,3 и 65,1%, соответственно [184]. При криоконсервации спермы остроногого осетра (*A. oxyrhynchus*) по данному протоколу лучшую подвижность после оттаивания (81-84%) обеспечивали финальные (после разбавления) концентрации: 0,05 М глюкозы, 7,5 % метанола и 1.109 сперматозоидов/мл [185].

При аналогичном сравнении растворов глюкозы того же набора концентраций с разбавителем mT в сочетании с 10% метанола при криоконсервации спермы белуги в подобном протоколе замораживания (в 0,5 мл соломинках в 3 см над LN_2 в течение 5 мин) лучший результат был получен при использовании 0,2 М раствора глюкозы (50% выклева по сравнению с 40% для mT). При этом эквilibрация суспензии сперма-среда в течение 0 или 15 мин не влияла на выклев, но он резко падал при эквilibрации в течение 30 мин [186]. При сравнении 0,2 М растворов мальтозы, лактозы и трегалозы в сочетании с 9% метанола в том же протоколе при криоконсервации спермы белуги и персидского осетра не выявлено влияния типа дисахарида на подвижность размороженной спермы. Этот показатель не менялся в течение 30 мин хранения после оттаивания, но резко падал после 60 мин хранения [187].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как показывает представленный обзор публикаций двух последних десятилетий, технологии криоконсервации спермы разрабатывались для большинства видов осетрообразных рыб, обитающих в Европе, Азии и Северной Америки.

ке. Наиболее распространены были протоколы с использованием модифицированного разбавителя Цветковой (30 мМ трис-буферного раствора с 23,4 мМ сахарозы и 0,25 мМ KCl, pH 8.0) с ДМСО или метанолом и быстрого замораживания разбавленной в обычном соотношении 1:1 спермы в соломинках объемом 0,25 или 0,5 мл на полистироловой рамке толщиной 3-4 см, плавающей на поверхности LN₂ в течение 3-10 мин с последующим погружением. Среди известных проникающих криопротекторов метанол был наиболее эффективен для криозащиты клеток и сохранения ими высокой оплодотворяющей способности после оттаивания. Показано, что все еще применяющийся ДМСО обеспечивает меньшую сохранность сперматозоидов, более токсичен и способен вызывать преждевременную акросомную реакцию при оплодотворении икры криоконсервированной спермой. Отмечалось, что сперма, замороженная с метанолом, была наиболее устойчива к окислительному стрессу и не обнаруживала различия в повреждении ДНК со свежей спермой. На современном этапе применялись и другие протоколы криоконсервации спермы осетрообразных рыб с использованием трис-буферных и водно-солевых разбавителей (в частности, различных вариантов среды Штайна) и трехэтапных режимов замораживания спермы в пробирках объемом 0,5-2 мл. Перспективными представляются протоколы с использованием простых по составу криозащитных сред на основе водных растворов сахаров с метанолом, обеспечивающие сохранение оплодотворяющей способности криоконсервированной спермы на уровне нативной. Полезным было добавление в такие среды солей калия, некоторых аминокислот, амидов, антиоксидантов и антифризных белков. Рекомендовано применение сред, изотоничных семенной плазме конкретных видов рыб. При необходимости криоконсервирования больших объемов спермы для последующего использования в аквакультуре целесообразным представляется ее замораживание в пробирках объемом 1,5 мл с поэтапным регулированием скорости охлаждения. Для оценки качества нативной и криоконсервированной спермы, а также эффективности протокола в целом, наиболее часто использовался анализ параметров подвижности клеток с помощью CASA (computer-assisted semen analysis). Отмечалось, что подвижность нативной спермы имеет ограниченную пригодность для прогнозирования успеха криоконсервации, поэтому необходим поиск новых маркеров. Для прогнозирования успеха оплодотворения икры также не пригодны ни подвижность, ни выживаемость разморо-

женной спермы. Часто наблюдаемое отсутствие корреляции между подвижностью, процентом оплодотворения икры и выклевом личинок указывало на необходимость оценки эффективности криоконсервации только по выклеву. Для успешного оплодотворения рекомендовалось увеличение количества размороженной спермы по сравнению со свежей и снижение степени ее разбавления водой. Активно исследовались причины снижения подвижности и оплодотворяющей способности клеток после криоконсервации. Пониженная подвижность сперматозоидов после оттаивания может вызываться механическими повреждениями мембран и хвоста, снижением содержания АТФ, окислительным стрессом. Индикаторами повреждений могут служить ферменты, вытекающие из клеток после замораживания и оттаивания. Лактатдегидрогеназа и кислая фосфатаза могут быть маркерами повреждений плазмалеммы и средней части. Повреждения акросомы могут оцениваться путем мониторинга активности акрозина, арилсульфатазы и β-N-ацетилглюкозаминидазы. Начато активное изучение изменений протеома криоконсервированной спермы. Разработан метод оценки степени повреждения клеток в криоконсервированной сперме, основанный на интенсивности свободнорадикальных реакций. Осуществлен дисперсный и гаплоидный андрогенез у осетровых рыб, открывающий, в сочетании с криоконсервацией, новые возможности для восстановления исчезающих видов. Показана возможность криоконсервации тестикулярной спермы, которая может быть получена из семенников погибших самцов. Проводилось успешное получение промышленных партий эмбрионов с использованием криоконсервированной спермы. Показано, что полученное потомство имело нормальное эмбриональное и постэмбриональное развитие. Однако обнаружена опасность отбора жизнеспособных «криоэмбрионов» и увеличения доли некоторых гетерозигот у потомства, что указывает на необходимость изучения влияния методик криоконсервации на генофонд. Сформированы коллекции спермы осетрообразных рыб в криобанках.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Вклад в работу авторов: О. Б. Докина – идея работы, поиск источников, написание статьи, К. В. Ковалев – участие в поиске источников, окончательная проверка статьи, Н. Д. Пронина – участие в поиске источников.

The authors declare that there is no conflict of interest. Contribution to the work of the authors: O. B. Dokina – the idea of the work, search for sources, writing an article, K. V. Kovalev – participation in the search for sources, final verification of the article, N. D. Pronina – participation in the search for sources.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

81. Копейка Е.Ф., Дрокин С.И., Черепнин В.А. [и др.]. Опыт получения качественной спермы веслоноса (*Polyodon spathula* Walbaum 1792) и ее криоконсервация // Криоконсервация как способ сохранения биологического разнообразия: материалы конференции (Пушино, 28-30 октября 2008). – Биофизика живой клетки. 2008. Т. 9. С. 65-66.
82. Буцкий К.И., Пуговкин А.Ю., Копейка Е.Ф. Криоконсервирование спермы стерляди (*Acipenser ruthenus*) с использованием криозащитной среды на основе ДМСО // Проблемы криобиологии и криомедицины. 2017. Т. 27. № 2. <https://doi.org/10.15407/cryo27.02.174>
83. Alipour A., Baradaran Noveiri S., Nowruzfashkhami M.R. [et al.]. Fertilizing ability of cryopreserved spermatozoa in the Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) and stellate sturgeon (*A. stellatus*) // Iranian J. Fish. Sci. 2009. V. 8 (1). Pp. 1-12.
84. Мирзоян А.В., Небесихина Н.А., Войнова Н.В. [и др.] Аскорбиновая кислота и лизин подавляют генотоксический эффект глубокой заморозки спермы русского осетра // Сохранение генетических ресурсов: материалы международной конференции (Санкт-Петербург, 19-22 октября 2004). Цитология. 2004. Т. 46. № 9. С. 821-822.
85. Mirzoyan A.V., Nebesikhina N.A., Voynova N.V. [et al.] Preliminary results on ascorbic acid and lysine suppression of clastogenic effect of deep-frozen sperm of the Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedti*) // Int. J. Refrigeration. 2006. V. 29. No 3. Pp. 374-378. doi:10.1016/j.ijrefrig.2005.07.008.
86. Савушкина С. И. Методические аспекты биотехнологии криоконсервации половых продуктов пресноводных рыб // Аквакультура и интегрированные технологии: проблемы и возможности: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 60-летию Московской рыбоводно-мелиоративной опытной станции и 25-летию её реорганизации в ГНУ ВНИИР (Москва, 11-13 апреля 2005). М., 2005. Т. 2. С. 217-227.
87. Савушкина С. И. Выращивание рыбопосадочного материала, полученного с использованием криоконсервированной спермы // Рациональное использование пресноводных экосистем – перспективное направление реализации национального проекта «Развитие АПК»: материалы научно-практической конференции (Москва, 17-19 декабря 2007). – М.: Россельхозакадемия. 2007. С. 303-305.
88. Савушкина С. И. Искусственное воспроизводство осетровых рыб с использованием криотехнологий // Состояние и перспективы развития пресноводной аквакультуры: доклады международной научно-практической конференции (Москва, ВВЦ, 5-6 февраля 2013). – Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева. 2013. С. 429-440.
89. Лунев Г.Е., Тренклер И.В. Криоконсервация спермы русского осетра с использованием метилового спирта // Воспроизводство естественных популяций ценных видов рыб: тезисы докладов международной научной конференции (Санкт-Петербург, 20-22 апреля 2010). – Санкт-Петербург, 2010. С. 107-108.
90. Тренклер И.В., Лунев Г.Е. Оценка жизнеспособности эмбрионов и личинок русского осетра при использовании дефростированной спермы // Современное состояние биоресурсов: материалы конференции (Новосибирск, 7-9 октября 2010). – Новосибирск: Изд-во ИИЦ ГНУ СибН-СХБ Россельхозакадемии. п. Краснообск. 2010. С. 171-173.
91. Shishanova E.I., Trenkler I.V. The influence of sperm cryopreservation on progeny of Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedti* Brandt) // Diversification in inland finfish aquaculture, Workshop (Pisek, Czech Republic, 16-18 May 2011): Abstr. Book. P. 114.
92. Шишанова Е.И., Тренклер И.В., Мамонова А.С. Влияние криоконсервации спермы на выживаемость и генетический полиморфизм личинок русского осетра // Вестник АГТУ. Сер.: Рыбное хозяйство. 2012. № 2. С. 105-111.
93. Rahimi R., Farahmand H., Mirvaghefi A. [et al.] Improvement in wild endangered Persian sturgeon, *Acipenser persicus* (Borodin, 1897), semen cryopreservation by 2-hydroxypropyl-beta-cyclodextrin (H β CD) // Aquacult. Res. 2015. V. 46. No 10. P. 2452-2456. doi:10.1111/are.12403.
94. Yamaner G., Memis D., Baran A. Sperm quality and effects of different cryomedia on spermatozoa motility in first-time spawning of cultured Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii* Bandt & Ratzeburg, 1833) // J. Appl. Ichthyol. 2015. V. 31. S1. Pp. 71-74. doi: 10.1111/jai.12744.
95. Xi M.D., Wei Q.W., Li P. [et al.] Disaccharide combinations and the expression of enolase3 and plasma membrane Ca $_2^+$ ATPase isoform in sturgeon sperm cryopreservation // Reprod. Dom. Anim. 2018. V. 53. No 2. Pp. 472-483. DOI: 10.1111/rda.13134.
96. Wayman W.R., Holm R.L., Tiersch T.R. Cryopreservation of sperm from shovelnose sturgeon *Scaphirhynchus platyrhynchus* // Aquaculture America 2002, World Aquaculture Society (San Diego, California, USA, 27-30 January 2002): Book Abstr. 2002. P. 356.
97. Wayman W.R., Looney G.L., Holm R.L. [et al.] Cryopreservation of sperm of pallid sturgeon *Scaphirhynchus albus* // Aquaculture America 2002, World Aquaculture Society (San Diego, California, USA, 27-30 January 2002): Book Abstr. 2002. P. 687.
98. Wayman W.R., Looney G.L., Holm R.L. [et al.] Cryopreservation of sperm from endangered pallid sturgeon // North American Journal of Fisheries Management. 2008. V. 28. Pp. 740-744. DOI: 10.1577/M06-161.1.
99. Liu L., Wei Q., Guo F. [et al.] Cryopreservation of Chinese sturgeon (*Acipenser sinensis*) sperm // J. Appl. Ichthyol. 2006. V. 22. Suppl. 1. Pp. 384-388.
100. Земков Г.В., Акимочкина Т.И. Цитоморфологические и функциональные изменения спермиев русского осетра *Acipenser guldenshtadti* после криоконсервации // Цитология. 2009. Т. 51. № 11. С. 945-952.
101. Stein H., Bayrle H. Cryopreservation of the sperm of some freshwater teleosts // Ann. Biol. Anim. Biochim. Biophys. 1978. V. 18. Pp. 1073-1076.
102. Чипинов В.Г., Джаригазов Е.С., Болонина Н.В. Оценка качества спермы осетровых рыб различными методами и опыт ее низкотемпературной консер-

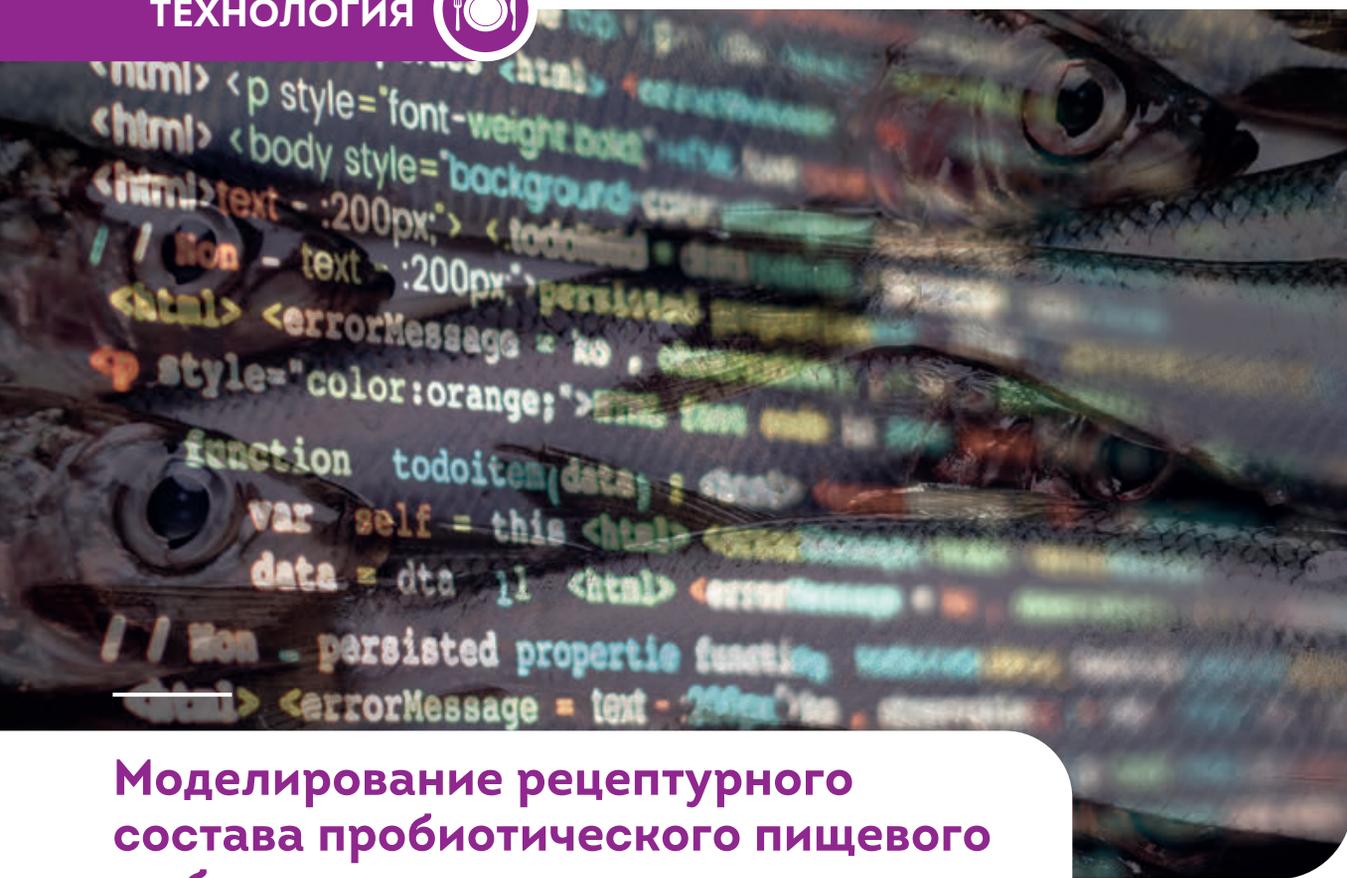
- ваши // Вестник АГТУ. Сер.: Рыбное хозяйство. 2010. № 1. С. 140-143.
103. Храмова А.В., Богатырева М.М., Болонина Н.В. Криопротекторный эффект цианкобаламина при замораживании спермы осетровых рыб // Материалы 2 ежегодной научной конференции студентов и аспирантов базовых кафедр Южного научного центра РАН (Ростов-на-Дону, 5-26 апреля 2006). С. 44-45.
 104. Пономарева Е.Н., Богатырева М.М., Антонова Н.А. [и др.] Оптимизация процесса криоконсервации спермы осетровых рыб при использовании различных сред // Известия Самарского научного центра РАН. 2009. Т. 11. № 1 (2). С. 132-134.
 105. Тихомиров А.М., Пономарева Е.Н. Электростимуляция мембран спермиев русского осетра облегчает проникновение криопротекторов внутрь клеток // Биофизика живой клетки. 2008. Т. 9. С. 129-130.
 106. Пономарева Е.Н., Богатырева М.М., Болонина Н.В. [и др.] Повышение эффективности криоконсервации половых клеток севрюги с помощью электростимуляции // Вестник АГТУ. Сер.: Рыбное хозяйство. 2009. № 1. С. 100-103.
 107. Патент № 2399201 Российская Федерация, С1. Способ повышения выживаемости половых клеток осетровых рыб при криоконсервации: опубл. 20.09.2010 / Е.Н. Пономарева, А.М. Тихомиров, М.М. Богатырева, Н.В. Болонина, Е.С. Джаригазов.
 108. Пономарева Е.Н., Богатырева М.М., Тихомиров А.М. Повышение выживаемости половых клеток в процессе криоконсервации с использованием электростимуляции // Доклады Академии наук. 2010. Т. 431. № 2. С. 264-265.
 109. Пономарева Е.Н., Белая М.М., Фирсова А.В. [и др.] Влияние акустико-механического воздействия на репродуктивные качества спермы осетровых рыб при криоконсервации // Доклады РАН. Науки о жизни. 2022. Т. 505. № 1. С. 314-317. DOI: 10.31857/S2686738922040126
 110. Фирсова А.В., Григорьев В.А. Применение пьезоактуаторов при криоконсервации спермы рыб // Состояние и пути развития аквакультуры в Российской Федерации: материалы VII национальной научно-практической конференции – Саратов. 2022. С. 188-190.
 111. Богатырева М.М., Болонина Н.В., Пономарева Е.Н. [и др.] Результаты хранения образцов спермы севрюги // Вестник АГТУ. Сер.: Рыбное хозяйство. 2008. № 3. С. 22-25.
 112. Пономарева Е.Н., Богатырева М.М., Тихомиров А.М. Использование криоконсервированной спермы при искусственном воспроизводстве осетровых рыб в установках замкнутого водообеспечения // Актуальные проблемы обеспечения продовольственной безопасности юга России: инновационные технологии для сохранения биоресурсов, плодородия почв, мелиорации и водообеспечения: материалы международной научной конференции (Ростов-на-Дону, 27-30 сент. 2011). – Ростов-на-Дону: ЮНЦ РАН, 2011. С. 100-101.
 113. Патент № 2518442 Российская Федерация, С1. Способ создания репродуктивных маточных стад осетровых рыб: опубл. 10.06.2014 / Е.Н. Пономарева, М.Н. Сорокина, В.А. Григорьев, А.В. Ковалева, М.М. Белая.
 114. Пономарева Е.Н., Красильникова А.А., Белая М.М. [и др.] Сохранение биологического разнообразия методами криоконсервации: опыт Южного научного центра РАН // Морской биологический журнал. 2022. Т. 7. № 3. С. 80-87.
 115. Фирсова А.В., Корчунов А.А. Оценка оплодотворяющей способности криоконсервированных репродуктивных клеток осетровых рыб // Ресурсы дичи и рыбы: использование и воспроизводство: материалы всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной 70-летию Красноярского государственного аграрного университета. – Красноярск. 2023. С. 325-327.
 116. Матишов Г.Г., Пономарева Е.Н., Белая М.М. Сохранение генетического разнообразия рыб методами низкотемпературного консервирования // Рыбное хозяйство. 2012. № 3. С. 59-62.
 117. Пономарева Е.Н., Неваленный А.Н., Белая М.М. [и др.] Использование криоконсервированной спермы для формирования маточного стада стерляди // Вестник АГТУ. Сер.: Рыбное хозяйство. 2017. № 4. С. 118-127. doi 10.24143/2073-5529-2017-4-118-127
 118. Красильникова А.А., Тихомиров А.М. Получение жизнеспособной молоди русского осетра (*Acipenser gueldenstaedtii*) при использовании криоконсервированной спермы и оценка поведенческих реакций у криопотомства // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. № 4. С. 762-768. doi 10.15389/agrobiology.2018.4.762rus
 119. Белая М.М. Сохранение биоразнообразия ценных видов рыб методами низкотемпературного консервирования // Современные рыбные ресурсы и аквакультура в Азово-Черноморском бассейне: сборник совместных публикаций сотрудников ЮНЦ РАН и ДГТУ / под общей редакцией Г.Г. Матишова, Б.Ч. Месхи, И.В. Карманова (отв. ред.). – Ростов-на-Дону. 2020. С. 250-253.
 120. Красильникова А.А., Тихомиров А.М. Объем замораживаемого образца как один из факторов выживаемости сперматозоидов осетровых видов рыб при криоконсервации // Естественные науки. 2014. № 2 (47). С. 62-69.
 121. Krasilnikova A., Ponomareva E., Shvedova S. [et al.] The volume of the sample as a factor of survival of sturgeon spermatozoa after cryopreservation // E3S Web Conf. 2020. Vol. 210. P. 07010. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021007010>
 122. Стамгазиева А.Ш., Тихомиров А.М. Влияние скоростного замораживания на качество спермы осетровых рыб при криоконсервации // Рациональное использование и сохранение водных биоресурсов: материалы международной научной конференции, приуроченной к открытию базовой кафедры ЮНЦ РАН «Технические средства аквакультуры в ДГТУ» (Ростов-на-Дону, 17-18 февраля 2014). – Ростов-на-Дону. 2014. С. 152-153.
 123. Krasilnikova A.A., Tikhomirov A.M. Alternative methods of preparation of fish sperm to freeze at ultra-high values of cooling rate // Вестник АГТУ. Сер.: Рыбное хозяйство. 2014. № 2. С. 72-78.
 124. Красильникова А.А. Оптимизация процесса подготовки репродуктивных клеток самцов рыб к крио-

- консервации // Вестник рыбохозяйственной науки. 2019. Т. 6. № 4 (24). С. 63-69.
125. Красильникова А.А. Кримоконсервация репродуктивных клеток рыб при сверхвысоких скоростях охлаждения // Труды ЮНЦ РАН. 2021. Т. 9. С. 44-51. doi 10.23885/1993-6621-2021-9-44-51
 126. Красильникова А.А., Тихомиров А.М. Корреляция объемов внутриклеточной жидкости сперматозоидов и эндоцеллюлярного протектора в криозащитных средах для осетровых рыб // Естественные науки. 2015. № 3 (52). С. 96-102.
 127. Пономарева Е.Н., Красильникова А.А., Тихомиров А.М. [и др.] Новые биотехнологические методы кримоконсервации репродуктивных клеток осетровых видов рыб // Юг России: экология, развитие. 2016. Т. 11. № 1. С. 59-68. doi 10.18470/1992-1098-2016-1-59-68.
 128. Krasilnikova A.A. Quantity dosing of endocellular cryoprotectants during cryopreservation of fish sperm // 7th International Workshop on the Biology of Fish Gametes (Rennes, France, 3-6 sept. 2019): Book of abstracts. Rennes. 2019. P. 145.
 129. Тихомиров А.М., Богатырёва М.М., Джаригазов Е.С. Влияние объемов, режимов замораживания и оттаивания на качество спермы русского осетра при кримоконсервации // Рациональное использование пресноводных экосистем – перспективное направление реализации национального проекта «Развитие АПК»: материалы научно-практической конференции (Москва, 17–19 декабря 2007). – М.: Россельхозакадемия. 2007. С. 311-313.
 130. Красильникова А.А. Кримоконсервация сперматозоидов осетровых рыб при различных скоростях замораживания // Состояние и пути развития аквакультуры в Российской Федерации в свете импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности страны: материалы III национальной научно-практической конференции (Казань, 3-5 октября 2018). – Саратов: Амрит. 2018. С. 179-183.
 131. Белая М.М., Красильникова А.А. Влияние скорости замораживания на рыбоводные качества спермы осетровых рыб // Вестник АГТУ. Сер.: Рыбное хозяйство. 2019. № 1. С. 83-90. doi 10.24143/2073-5529-2019-1-83-90
 132. Осипова В.П., Коляда М.Н., Антонова Н.А. [и др.] Использование фенольных антиоксидантов для повышения криоустойчивости спермы русского осетра // Вестник Южного научного центра РАН. 2010. Т. 6. № 3. С. 68-72.
 133. Osipova V.P., Kolyada M.N., Berberova N.T. [et al.] Cryoprotective effect of phosphorous-containing phenolic antioxidant for the cryopreservation of beluga sperm // Cryobiology. 2014. V. 69. Pp. 467-472. http://dx.doi.org/10.1016/j.cryobiol.2014.10.007
 134. Kolyada M.N., Osipova V.P., Berberova N.T. [et al.] Cryoprotective activity of phosphorus-containing phenol // Cryobiology. 2020. V. 96. Pp. 61-67. https://doi.org/10.1016/j.cryobiol.2020.08.002
 135. Osipova V.P., Berberova N.T., Gazzaeva R.A. [et al.] Application of new phenolic antioxidants for cryopreservation of sturgeon sperm // Cryobiology. 2016. V. 72. Pp. 112-118. doi 10.1016/j.cryobiol.2016.02.006
 136. Осипова В.П., Коляда М.Н. Применение антиоксидантов нового поколения в качестве криопротекторов при низкотемпературном консервировании репродуктивных клеток осетровых рыб // Развитие и современные проблемы аквакультуры (Конференция «Аквакультура 2022»): сборник научных трудов II международной научно-практической конференции. – Ростов-на-Дону. 2022. С. 103-105.
 137. Осипова В.П., Антонова Н.А., Кудрявцев К.В. [и др.] Исследование амидов 2-(2-гидроксифенилтио)уксусной кислоты в качестве протекторов базовых сред кримоконсервации спермы осетровых рыб // Биологически активные вещества и материалы: фундаментальные и прикладные вопросы получения и применения: материалы международной междисциплинарной научной конференции. 2013. С. 35-36.
 138. Осипова В.П., Кудрявцев К.В., Берберова Н.Т. Новый протектор базовых сред кримоконсервации спермы осетровых рыб // Сборник тезисов докладов четвертого междисциплинарного симпозиума по медицинской, органической и биологической химии и фармацевтике. – 2018. - С. 169.
 139. Осипова А.Д., Осипова В.П., Половинкина М.А. [и др.] Новые производные индолина в процессе кримоконсервации спермы белуги // Изучение водных и наземных экосистем: история и современность: тезисы докладов II международной научно-практической конференции (Севастополь. 2022). С. 289-290.
 140. Фирсова А.В., Половинкина М.А., Григорьев В.А. [и др.] Влияние новых производных фенола с пирролидиновым фрагментом на репродуктивные свойства половых клеток осетровых // Развитие и современные проблемы аквакультуры (Конференция «Аквакультура 2022»): сборник научных трудов II международной научно-практической конференции. – Ростов-на-Дону. 2022. С. 154-156.
 141. Осипова В.П., Колумбет А.Д., Половинкина М.А. [и др.] Антиоксидантные свойства фенольных производных пролина // Фундаментальные исследования, инновационные технологии и передовые разработки в интересах долгосрочного развития Юга России: материалы международного научного форума, посвященного 20-летию ЮНЦ РАН. – Ростов-на-Дону. 2023. С. 232-236.
 142. Половинкина М.А., Осипова В.П., Колумбет А.Д. [и др.] Активность фенольных производных пирролидина в отношении супероксидного анион-радикала // Фундаментальные исследования, инновационные технологии и передовые разработки в интересах долгосрочного развития Юга России: материалы международного научного форума, посвященного 20-летию ЮНЦ РАН. – Ростов-на-Дону. 2023. С. 237-241.
 143. Коляда М.Н., Половинкина М.А., Колумбет А.Д. [и др.] Исследование влияния новых производных пролина на H₂O₂-утилизирующую активность спермы русского осетра // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса: сборник научных трудов XVI международной научно-практической конференции в рамках XXVI Агропромышленного форума юга России и выставки «Интерагромаш» и «Агротехнологии». Донской государственный технический университет. – Ростов-на-Дону. 2023. С. 162-164. doi 10.23947/interagro.2023.162-164

144. Коляда М.Н., Осипова В.П., Берберова Н.Т. [и др.] Влияние криоконсервации на уровень перекисидации липидов спермы осетровых рыб в условиях спонтанного и индуцированного окисления // Актуальные проблемы освоения водных биологических ресурсов Российской Федерации: материалы всероссийской конференции ученых и специалистов, посвященной 160-летию Н.М. Книповича. – Мурманск. 2023. С. 262-267.
145. Kolyada M.N., Osipova V.P., Berberova N.T. [et al.] The effect of tin compounds on the lipid peroxidation level of Russian sturgeon fresh and cryopreserved sperm // Environmental Research, Engineering and Management. 2020. V. 76. No 2. Pp. 34-42. <http://dx.doi.org/10.5755/j01.ere.m.76.2.23407>
146. Цветкова Л.И., Докина О.Б., Пронина Н.Д. [и др.] Технология криоконсервации и хранения в низкотемпературном банке спермы рыб // Сборник научно-технологической и методической документации по аквакультуре. – М.: Изд-во ВНИРО. 2001. С. 152-158.
147. Цветкова Л.И., Докина О.Б., Пронина Н.Д. [и др.] Исследование низкотемпературной консервации спермы рыб // Доклады Первой Всероссийской конференции по генетике, селекции и воспроизводству рыб (Ропша, Ленинградская обл., 29-30 октября 2002). – СПб. 2002. С. 49-50.
148. Цветкова Л.И., Докина О.Б., Пронина Н.Д. [и др.] Криоконсервация спермы осетровых рыб - объектов аквакультуры // Аквакультура осетровых рыб: достижения и перспективы: материалы III международной научно-практической конференции (Астрахань, 22-25 марта 2004). – Астрахань. 2004. С. 213-214.
149. Цветкова Л.И., Докина О.Б., Пронина Н.Д. [и др.] Криотехнологии для сохранения генофонда рыб - объектов аквакультуры // Актуальные вопросы пресноводной аквакультуры: сборник научных трудов ВНИИПРХ. – М.: Спутник+. 2005. Вып. 80. С. 140-144.
150. Цветкова Л.И., Докина О.Б., Пронина Н.Д. [и др.] Перспектива использования криоконсервированной спермы рыб для нужд аквакультуры // Биофизика живой клетки. 2006. Т.8. С. 163-166.
151. Цветкова Л.И., Пронина Н.Д., Докина О.Б. [и др.] Формирование низкотемпературного генного банка спермы рыб (состояние, развитие, перспективы) // Вопросы рыболовства. 2012. Т. 13. № 3 (51). С. 538-545.
152. Докина О.Б., Цветкова Л.И., Пронина Н.Д. [и др.] Исследование криоконсервации спермы как метода сохранения и восстановления генофонда рыб // Проблемы естественного и искусственного воспроизводства рыб в морских и пресноводных водоемах: тезисы докладов международной научной конференции (Ростов-на-Дону, 9-10 июня 2004). – Ростов-на-Дону: ООО «ЦВВР». 2004. С. 39-40.
153. Докина О.Б., Цветкова Л.И., Пронина Н.Д. [и др.] Метод криоконсервации спермы осетровых рыб – объектов аквакультуры // Аквакультура осетровых рыб: достижения и перспективы развития: материалы докладов международной научно-практической конференции (Астрахань, 13-15 марта 2006). – М.: Изд-во ВНИРО. 2006. С. 76-79.
154. Докина О.Б., Цветкова Л.И., Пронина Н.Д. [и др.] Использование метода низкотемпературной консервации спермы для сохранения генофонда осетровых рыб // Тепловодная аквакультура и биологическая продуктивность водоемов аридного климата: материалы и доклады международного симпозиума (Астрахань, 16-18 апреля 2007). – Астрахань. 2007. С. 306-308.
155. Докина О.Б., Ковалев К.В., Пронина Н.Д. [и др.] Эффективные технологии криоконсервации спермы карповых и осетровых рыб // Новейшие генетические технологии для аквакультуры: материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Москва, МВЦ «Крокус Экспо», 29-31 января 2020). – М.: «Перо». 2020. С. 119-134.
156. Патент № 2317703 Российская Федерация, А 01 К 61/00, А 01 N 1/02. Способ криоконсервирования спермы осетровых рыб: опубл. 27.02.2008 / О.Б. Докина, Л.И. Цветкова, Н.Д. Пронина, В.А. Миленко
157. Kovalev K.V., Dokina O.B., Pronina N.D. Influence of the serine amino acid on the viability and sperm fertility of the beluga (*Huso huso*) // CRYO 2020 : Abstracts of the 57th annual meeting of the society for cryobiology (21-23 July 2020). Pp. 55-56.
158. Цветкова Л.И., Каранова М.В., Пронина Н.Д. [и др.] Репродуктивная способность спермиев осетровых и карповых рыб, замороженных в присутствии антифризных гликопротеинов // Актуальные вопросы пресноводной аквакультуры: сборник научных трудов ВНИИПРХ. – Дмитров: ИД «Вести». 2007. Вып. 83. С. 68-71.
159. Цветкова Л.И., Пронина Н.Д., Докина О.Б. [и др.] Использование антифризных гликопротеинов при криоконсервации спермы рыб // Вестник РАСХН. 2009. № 2. С. 57-59.
160. Tsvetkova L.I., Karanova M.V., Pronina N.D. [et al.] Reproductive capacity of sturgeon and carp sperm frozen in the presence of antifreezing glycoproteins // The 1st International Workshop on the Biology of Fish Sperm (Vodnany, Czech Republic, 29-31 August 2007): Abstract Book. Pp. 93-95.
161. Цветкова Л.И., Пронина Н.Д., Докина О.Б. [и др.] Влияние 2-аминоэтансульфоновой кислоты (таурина) на жизнеспособность спермиев осетровых (*Acipenseridae*) рыб после криоконсервации // Рыбное хозяйство. 2012. № 4. С. 77-81.
162. Kovalev K., Dokina O., Pronina N. [et al.] Use of 2-aminoethanesulfonic acid (taurine) for cryopreservation and storage of Siberian sturgeon sperm (*Acipenser baerii*). // E3S Web Conf. 2021. Vol. 273. P. 03010. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127303010>
163. Цветкова Л.И., Докина О.Б., Пронина Н.Д. [и др.] Низкотемпературные генные банки // Рыбоводство и рыболовство. 2001. № 1. С. 79.
164. Цветкова Л.И., Докина О.Б., Пронина Н.Д. [и др.] Генетические криобанки для сохранения генофонда рыб // Аквакультура начала XXI века: истоки, состояние, стратегия развития: материалы международной научно-практической конференции (п. Рыбное, Моск. обл., 3-6 сентября 2002). – М.: Изд-во ВНИРО. 2002. С. 203-207.
165. Цветкова Л.И., Докина О.Б., Пронина Н.Д. [и др.] Роль низкотемпературных генных банков для раз-

- вития аквакультуры // Повышение эффективности использования водных биологических ресурсов: материалы докладов первой научно-практической конференции (Москва, ВВЦ, 1-2 ноября 2006). – М.: Изд-во ВНИРО. 2006. С.130-131.
166. Kovalev K., Pronina N., Dokina O. [et al.] Method for large-scale production of sturgeon embryos using cryopreserved sperm // 7th International Workshop on the Biology of Fish Gametes (Rennes, France, 3-6 sept. 2019): Book of abstracts. – Rennes. 2019. Pp. 124-125.
 167. Цветкова Л.И., Докина О.Б., Пронина Н.Д. [и др.] Криоконсервация спермы рыб: состояние, развитие, перспективы // Избранные труды ВНИИПРХ. – Дмитров: «Север Подмосковья». 2002. Книга 1. Т. II. Ч. 2. С. 358-365.
 168. Патент № 2233142 Российская Федерация, 7 А 61 D 19/02, А 01 К 61/00. Способ определения жизнеспособности спермы рыб после криоконсервации: опубл. 27.07.2004 / Мелехова О.П., Цветкова Л.И., Докина О.Б., Коссова Г.В., Падалка С.М., Пронина Н.Д., Миленко В.А.
 169. Мелехова О.П., Цветкова Л.И., Коссова Г.В. [и др.] Метаболический критерий для оценки жизнеспособности репродуктивного материала ценных видов рыб после криоконсервации // Биотехнология - охране окружающей среды: труды международного биотехнологического центра МГУ им. М.В.Ломоносова. – М.: «Спорт и Культура». 2004. Ч. 1. С. 124-126.
 170. Grunina A.S., Barmintsev V.A., Rekoubratsky A.V. [et al.] Investigation on dispermic androgenesis in sturgeon fish. The first successful production of androgenetic sturgeons with cryopreserved sperm // Int. J. Refrigeration. 2006. V. 29. No 3. Pp. 379-386. doi:10.1016/j.ijrefrig.2005.07.009
 171. Грунина А.С., Рекубрятский А.В., Цветкова Л.И., [и др.] Диспермный андрогенез у осетровых рыб с использованием криоконсервированной спермы: Получение андрогенетического потомства сибирского осетра и андрогенетических гибридов между сибирским и русским осетрами // Онтогенез. 2011. Т. 42. № 2. С. 133-145.
 172. Grunina A.S., Rekoubratsky A.V., Tsvetkova L.I. [et al.] Dispermic androgenesis in sturgeons with the use of cryopreserved sperm: Production of androgenetic Siberian sturgeon and androgenetic hybrids between Siberian and Russian sturgeons // Russian Journal of Developmental Biology. 2011. V. 42. No 2. Pp. 108-119. doi 10.1134/S1062360411020056
 173. Грунина А.С., Рекубрятский А.В., Цветкова Л.И. Методика оценки генетических последствий криоконсервации спермы рыб с использованием гаплоидного андрогенеза: опыты на осетрах // Академику Л.С. Бергу – 140 лет: сборник научных статей. – Бендеры: Есо-TIRAS. 2016. С. 336-338.
 174. Патент № 2683682 Российская Федерация, МПК А 01 N 1/02 (2006.01). Защитная среда для криоконсервации спермы осетровых рыб: опубл. 01.04.2019 / О.Б. Докина, К.В. Ковалев, Н.Д. Пронина, В.А. Миленко.
 175. Kovalev K.V., Pronina N.D., Dokina O.B. [et al.] Opportunities of the largest fish sperm cryobank in Russia // Cryobiology. 2018. V. 85. P. 176. doi:10.1016/j.cryobiol.2018.10.213
 176. Ковалев К.В., Докина О.Б., Пронина Н.Д. [и др.] Об итогах и перспективах работы крупнейшего в России криобанка спермы рыб // Новейшие генетические технологии для аквакультуры: материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Москва, МВЦ «Крокус Экспо», 29-31 января 2020). – М.: «Перо». 2020. С. 243-246.
 177. Ковалев К.В., Пронина Н.Д., Докина О.Б. [и др.] Крупнейший в России криобанк генетического материала рыб // Рыбоводство. 2020. № 3-4. С. 38-39.
 178. Пуговкин А.Ю., Кононенко И.С., Кононенко Р.В. [и др.] Криоконсервирование спермы стерляди: оптимизация состава криозащитной среды // Проблемы криобиологии и криомедицины. 2016. Т. 26. № 2. С. 160.
 179. Kononenko I. Development of cryoprotective media for low-temperature freezing of sterlet (*Acipenser ruthenus*) sperm // Рибогосподарська наука України. 2017. №. 2. Pp. 99-113. <https://doi.org/10.15407/fsu2017.02.099>
 180. Кононенко И.С., Пуговкин А.Ю., Кононенко Р.В. [и др.] Оптимизация условий криоконсервирования спермы стерляди (*Acipenser ruthenus* L. 1758) для оплодотворения икры в условиях рыбных хозяйств // Рибогосподарська наука України. 2017. №. 3. С. 83-97. <https://doi.org/10.15407/fsu2017.03.083>
 181. Dragan L.P., Mruk A.I., Golian V.M. [et al.] Technology of sterlet reproduction by means of cryopreserved sperm // Biotechnologia Acta. 2017. V. 10. No 5. Pp. 30-35. <https://doi.org/10.15407/biotech10.05.030>
 182. Drahan L.P., Veselsky S.P., Rud Yu.P. [et al.] Impact of cryopreservation on lipid composition of sperm cells of male sterlets (*Acipenser ruthenus* L.) // Agricult. Sci. Pract. 2018. V. 5. No 1. Pp. 75-80. doi 10.15407/agrisp5.01.075
 183. Judycka S., Szczepkowski M., Ciereszko A. [et al.] New extender for cryopreservation of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) semen // Cryobiology. 2015. V. 70. No 2. Pp. 184-189. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cryobiol.2015.02.005>
 184. Judycka S., Szczepkowski M., Ciereszko A. [et al.] Optimal glucose concentration in extender is crucial for successful cryopreservation of sterlet (*Acipenser ruthenus* L.) sperm // 5th Int. Workshop Biol. Fish Gametes (Ancona, Italy, 7-11 Sept. 2015): Book Abstr. 2015 Pp. 151-152.
 185. Judycka S., Szczepkowski M., Liszewska E. [et al.] First attempt on standardization of cryopreservation procedure of Atlantic sturgeon (*Acipenser oxyrinchus*) semen // 8th Int. Workshop Biol. Fish Gametes (20-23 Sept. 2022, Gdansk, Poland): Book Abstr. 2022. P. 109.
 186. Aramli M.S., Golshahi K., Nazari R.M. [et al.] Effectiveness of glucose-methanol extender for cryopreservation of *Huso huso* spermatozoa // Anim. Reprod. Sci. 2015. V. 162. Pp. 37-42. DOI: 10.1016/j.anireprosci.2015.09.005.
 187. Golshahi K., Aramli M.S., Nazari R.M. [et al.] Disaccharide supplementation of extenders is an effective means of improving the cryopreservation of semen in sturgeon // Aquaculture. 2018. V. 486. Pp. 261-265. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.12.045>.

Материал поступил в редакцию/ Received 10.10.2023
Принят к публикации / Accepted for publication 31.05.2024



Моделирование рецептурного состава пробиотического пищевого рыбного продукта с применением высокоуровневого языка программирования Python

Научная статья
УДК 664.953:004.432

DOI: 10.36038/0131-6184-2024-3-122-129

Лаврухина Елизавета Васильевна – старший специалист
E-mail: efrolenkova13@gmail.com

Зарубин Никита Юрьевич – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник
E-mail: zar.nickita@yandex.ru

Бредихина Ольга Валентиновна – доктор технических наук, ведущий научный сотрудник
E-mail: bredihinaov@rambler.ru

Гриневич Александра Ивановна – кандидат технических наук, старший научный сотрудник
E-mail: grinevich@vniro.ru

Адрес: Отдел инновационных технологий Департамента технического регулирования Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), Москва, Россия – Россия, 105187, г. Москва, Окружной проезд, 19

Аннотация. Среди элементов здорового питания, улучшающих работоспособность организма человека, выделяют пробиотики или пробиотические пищевые продукты, которые способствуют корректированию состава внутренней индигенной микрофлоры кишечной микробиоты. В соответствии с этим, в статье приведены исследования, посвящённые проектированию моделей рецептурного состава пробиотического пищевого рыбного продукта с применением высокоуровневого языка программирования Python, а также – разработке технологии полу-

чения данного вида продукции. Язык программирования Python с применением популярных библиотек, таких как SciPy и PuLP, позволяет реализовать метод линейного программирования, решающий подобные задачи, связанные с проектированием рецептурных составов многокомпонентных пищевых систем. В результате чего спроектировано 8 рецептурных составов пробиотического пищевого рыбного продукта группы полуконсервов рыбных, в частности, паштетов на основе биотрансформированного бактериальными заквасочными культурами (*L. acidophilus* и *S. thermophilus*) филе рыб (минтай (*Theragra chalcogramma*), треска (*Gadus macrocephalus*), макрурус малоглазый (*Albatrossia pectoralis*), полчешуйник Гилберта «Бычок» (*Hemilepidotus gilberti*)) с последующей разработкой технологической схемы получения данного вида продукта. Спроектированные рецептурные составы и разработанная технология способствуют получению рыбного продукта с наличием живых форм пробиотиков в количестве 10^6 - 10^9 КОЕ/г.

Ключевые слова: рецептурный состав, моделирование, пробиотический пищевой рыбный продукт, язык программирования Python, полуконсервы рыбные

Для цитирования: Лаврухина Е.В., Зарубин Н.Ю., Бредихина О.В., Гриневич А.И.

Моделирование рецептурного состава пробиотического пищевого рыбного продукта с применением высокоуровневого языка программирования Python // Рыбное хозяйство. 2024. № 3. С. 122-129. DOI: 10.36038/0131-6184-2024-3-122-129

MODELING OF THE COMPOSITION OF A PROBIOTIC FISH PRODUCT USING THE PYTHON

Elizaveta V. Lavrukhina – Senior Specialist

Nikita Yu. Zarubin – Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher

Olga V. Bredikhina – Doctor of Technical Sciences, Leading Researcher

Alexandra I. Grinevich – Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher

Address: Department of Innovative Technologies of the Department of Technical Regulation of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO), Moscow, Russia – Russia, 105187, Moscow, Okruzhnoy proezd, 19

Annotation. Among the elements of a healthy diet that improve the performance of the human body, probiotics or probiotic foods are isolated, which contribute to correcting the composition of the internal indigenous microflora of the intestinal microbiota. In accordance with this, the article presents research on the design of models of the composition of a probiotic food fish product using the high-level Python programming language, as well as the development of technology for obtaining this type of product. The Python programming language using popular libraries such as SciPy and PuLP allows you to implement a linear programming method that solves similar problems related to the design of formulations of multicomponent food systems. As a result, 8 formulations of probiotic edible fish product of the group of semi-canned fish, in particular pates based on biotransformed bacterial starter cultures (*L. acidophilus* and *S. thermophilus*) fish fillets (pollock (*Theragra chalcogramma*), cod (*Gadus macrocephalus*), small-eyed macrurus (*Albatrossia pectoralis*), Gilbert's half-shelled Goby (*Hemilepidotus gilberti*)) with the subsequent development of a technological scheme for obtaining this type of product. The designed formulations and the developed technology contribute to the production of a fish product with the presence of live forms of probiotics in the amount of 10^6 - 10^9 CFU/g.

Keywords: composition, modeling, probiotic fish food product, Python programming language, semi-canned fish

For citation: Lavrukhina E.V., Zarubin N.Yu., Bredikhina O.V., Grinevich A.I. (2024). Modeling of the composition of a probiotic fish product using the Python // Fisheries. No. 3. Pp. 122-129. DOI: 10.36038/0131-6184-2024-3-122-129

Рисунки и таблицы – авторские / The drawings and tables were made by the author

ВВЕДЕНИЕ

У населения РФ наблюдается интерес к пробиотическим пищевым продуктам, как к элементу здорового питания. Интегрированные в пищевую продукцию, в частности рыбную, живые формы пробиотических микроорганизмов будут способствовать корректированию состава внутренней индигенной микрофлоры кишечной микробиоты организма человека, и, как следствие, повышать иммунную защиту в частности и улучшать работоспособность в целом.

Кроме этого, инокуляция живых форм пробиотических микроорганизмов (бактериальных заквасочных культур) в рыбное сырье способна оказать положительное воздействие на органолептические, структурные свойства (коррекция консистенции и минимизация рыбного вкуса и запаха за счет мягкой деструкции белковых компонентов и снижения уровня образования азотистых летучих оснований в мышечной ткани рыб), питательную ценность (за счет накопления белковых и эссенциальных веществ) и сроки годности (защитные культуры, проявляющие антиоксидантные и антагонистические свойства, эффект био-консервирования за счет образования метаболитов (кислоты, бактериоцины)) [1].

В свою очередь следует отметить, что современное общество отличается ускоренным ритмом жизни. В связи с чем необходимо акцентироваться на разработке рецептурных составов и технологий пробиотических продуктов «быстрого питания» на основе гомогенизированных, фаршевых комбинированных пищевых матриц. В первую очередь рыбным пищевым матрицам можно придавать разнообразную структуру, вкус, запах, пищевую, в частности, биологическую ценность и создать различные вариации рецептурных составов с применением физиологически функциональных ингредиентов животного, растительного, микробиологического происхождения.

Для проектирования и оптимизации рецептурных составов пробиотических пищевых рыбных продуктов можно использовать методы линейного программирования, представляющее собой набор математических методов, используемых для решения задач математической оптимизации. Эти задачи включают в себя систему уравнений и/или неравенств, с приоритетом минимизации или максимизации определенной целевой функции [2].

Решение задач линейного программирования требует значительных ресурсов и обычно включает в себя использование автоматизированных вычислительных систем. Основные методы, применяемые в области

линейного программирования, включают в себя метод внутренней точки и симплекс-метод. Эти методы широко используются для решения разнообразных задач, связанных с оптимизацией.

Существует также множество других методов, например, метод ветвей и границ, которые решают более узкие и сложные модели. Однако метод внутренней точки и симплекс-метод охватывают основную долю задач в области линейного программирования [2].

Один из эффективных способов реализации таких решений предоставляется высокоуровневым языком программирования Python, обладающим развитой экосистемой инструментов для линейного программирования [3]. В языке программирования Python существуют популярные библиотеки, такие как SciPy и PuLP [4], которые предоставляют реализацию этих методов линейного программирования и облегчают решение подобных задач.

В результате чего, основываясь на теоретической и ранее полученной практической базе [5], целью исследований являлась разработка моделей рецептурного состава пробиотического пищевого рыбного продукта с применением высокоуровневого языка программирования Python, а также технологической схемы их производства.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для разработки рецептурных составов использовалось обработанное бактериальными заквасочными культурами (*L. acidophilus* и *S. thermophilus*) филе промысловых видов рыб – минтай (*Theragra chalcogramma*), треска (*Gadus macrocephalus*), макрорус малоглазый (*Albatrossia pectoralis*) и филе потенциально промысловый вид рыб – получешуйник Гилберта «Бычок» (*Hemilepidotus gilberti*).

На основе ранее полученных результатов исследований по биотрансформации филе рыб [6] и данных по обоснованию и подбору протекторов и технологических параметров для сохранения жизнедеятельности бактериальных заквасочных культур в процессе термической обработки, были спроектированы рецептурные составы и разработана технологическая схема получения пробиотического пищевого рыбного продукта. В качестве модельной группы продукта выбрана группа полуконсервов рыбных – паштеты из рыбы, обогащенные пробиотическими микроорганизмами.

Моделирование рецептурных составов, на основе практических данных, и формирование графиков производилось на языке программирования «Python» с применением библиотек «NumPy», «Matplotlib», «SciPy» и «Plotly».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЯ

Классическая система оптимизации рецептур основана на использовании электронных таблиц, таких как Excel (с функцией «поиск решения»). Эта система построена на минимизации и максимизации рецептурного состава таким образом, чтобы он соответствовал требуемым условиям, при этом показывал минимальную и максимальную стоимость разработанного продукта [7].

Несмотря на множество преимуществ, система оптимизации рецептур продуктов питания с использованием электронных таблиц также имеет свои минусы [7; 8]:

- ограниченность функционала. (Электронные таблицы, такие как Excel, могут быть ограничены в функционале по сравнению со специализированным программным обеспечением для управления рецептурами. Некоторые сложные процессы могут потребовать дополнительных инструментов);
- сложность анализа данных. (В случае больших объемов данных, анализ и интерпретация результатов может быть более сложным в электронных таблицах по сравнению со специализированным программным обеспечением);
- ограниченные возможности коллаборации. (Работа с рецептурами в электронных таблицах может ограничивать возможности совместной работы, особенно если несколько людей должны вносить изменения в один и тот же файл);
- неэффективность при сложных расчетах. (При выполнении сложных математических расчетов, особенно если требуется множество шагов, электронные таблицы могут быть не наилучшим инструментом);
- неудобство для крупных проектов. (В случае если у вас множество рецептов или проектов, сложность управления данными в электронных таблицах может затруднить общий контроль).

Использование программ на основе Python для расчетов рецептурных составов вместо электронных таблиц может минимизировать вышеописанные минусы и обоснованно по нескольким причинам [3]:

- Автоматизация. Python позволяет автоматизировать процессы расчета и анализа данных. Вы можете написать скрипты, которые выполнят расчеты автоматически, освобождая вас от необходимости ручного ввода данных в электронные таблицы.
- Гибкость и масштабируемость. Программы на Python предоставляют большую гибкость для реализации сложных расчетов и алгоритмов. Вы можете легко адаптировать

свой код под конкретные требования и масштабировать его при необходимости.

- Работа с базами данных. Python легко интегрируется с базами данных, что может быть полезным для хранения и управления рецептурами в более организованном формате, особенно при больших объемах данных.
- Контроль версий. Используя Python, вы можете реализовать систему контроля версий для отслеживания изменений в рецептурах и их истории.
- Совместная работа. Python также предоставляет инструменты для более эффективной совместной работы, особенно при использовании систем контроля версий и облачных хранилищ.
- Легкость тестирования. Программы на Python легко поддаются тестированию, что обеспечивает большую уверенность в правильности и надежности расчетов.
- Управление исключениями и обработка ошибок. Python предоставляет мощные средства для обработки исключений и управления ошибками, что помогает предотвратить возможные проблемы в данных или коде.
- Работа с API и внешними сервисами. Если у вас есть необходимость интегрировать ваши рецептуры с внешними сервисами или API, Python может быть более гибким и удобным средством для таких задач.

В связи с этим для проектирования рецептурных составов была разработана программа оптимизации на языке программирования Python с использованием различных библиотек, таких как SciPy и PuLP [4]. Общий вид написания программы для проектирования рецептурного состава через Python представлен на рисунке 1.

При разработке рецептурных составов было принято решение использовать морковь и тыкву в качестве дополнительных ингредиентов. Добавление моркови и тыквы, при разработке пищевых рыбных продуктов, представляет собой стратегически обоснованный подход, объединяя как визуальные, так и функциональные преимущества обоих ингредиентов. Технологические плюсы, которые обеспечивают морковь и тыква заключаются в том что [9; 10]:

- морковь содержит пектин, который может служить естественным стабилизатором и добавлять вязкость продукту;
- морковь и тыква обладают ярким оранжевым цветом, что может значительно улучшить внешний вид рыбных продуктов (эстетически приятный цвет создает положительное визуальное восприятие и может повысить привлекательность продукта для потребителей);

Таблица 1. Информационная матрица данных для проведения оптимизации рецептуры для полуконсервов рыбных «Паштет из минтая, обогащённый пробиотическими микроорганизмами» (*L. acidophilus*) / **Table 1.** Information matrix of data for optimizing the formulation for semi-canned fish «Pollock paste enriched with probiotic microorganisms» (*L. acidophilus*)

Ингредиенты	X _i	Массовая доля, %				Цена, руб.кг
		Белок	Жир	Углеводы	Вода	
Минтай	X ₁	17,66	0,04	0,09	81,34	120,00
Тыква	X ₂	1,00	0,10	6,40	91,80	20,00
Морковь	X ₃	1,30	0,10	8,30	88,00	18,00
Вода	X ₄	-	-	-	100	2,00
Соль (1,5 %)	X ₅	-	-	-	-	10,50
Альгинат натрия (1,6%)	X ₆	-	-	-	-	1871,45
Каппа-каррагинан (1,6%)	X ₇	-	-	-	-	1250,00
Глюкоза (1,5%)	X ₈	-	-	-	-	120,00
Специи (1%)	X ₉	-	-	-	-	1000,00
Желаемое количество		12,00			78,30	

```
import pulp
# Создаем задачу оптимизации
prob = pulp.LpProblem("Optimal_Recipe", pulp.LpMinimize)
# Определяем переменные рецептуры
x1 = pulp.LpVariable("Ingredient1", lowBound=0)
x2 = pulp.LpVariable("Ingredient2", lowBound=0)
# Определяем целевую функцию (минимизация стоимости)
cost_per_unit1 = 2.0 # Стоимость ингредиента 1 за единицу
cost_per_unit2 = 3.0 # Стоимость ингредиента 2 за единицу
prob += cost_per_unit1 * x1 + cost_per_unit2 * x2, "Total Cost"
# Определяем ограничения
# - Сумма ингредиентов должна быть равна 100 единицам
prob += x1 + x2 == 100, "Total Quantity"
# - Содержание ингредиента 1 не должно превышать 60%
prob += x1 <= 0.6 * (x1 + x2), "Ingredient1 Constraint"
# - Содержание ингредиента 2 не должно превышать 40%
prob += x2 <= 0.4 * (x1 + x2), "Ingredient2 Constraint"
# Решаем задачу оптимизации
prob.solve()
# Выводим результаты
print("Status:", pulp.LpStatus[prob.status])
print("Recipe type:")
for v in prob.variables():
    print(v.name, "=", v.varValue)
print("Общая стоимость производства =", pulp.value(prob.objective))
Status: Optimal
Recipe type:
Ingredient1 = 60.0
Ingredient2 = 40.0
Общая стоимость производства = 240.0
```

Рисунок 1. Общий вид программы для оптимизации рецептурных составов на базе Python

Figure 1. General view of the program for optimizing prescription formulations based on Python

- овощи содержат естественные сахара, придающие продукту легкую сладость (это может помочь смягчить вкус рыбы и добавить баланс к более интенсивным ароматам и вкусам);
- они считаются безопасными и биосовместимыми ингредиентами, что поддерживает высокую степень переносимости среди различных потребителей.

Дополнительно было принято решение внести в рецептуру 1,6% каппа-карагинан. Каппа-карагинан и альгинат натрия часто ис-

пользуют в совместном применении из-за их синергетического эффекта и способности улучшать текстурные и структурные характеристики продуктов [11]. Комбинация этих двух ингредиентов связана с тем, что:

- каппа-карагинан и альгинат натрия могут взаимодействовать таким образом, что улучшают текстурные свойства продукта. Каппа-карагинан создает устойчивые гели с хорошей эластичностью, в то время как альгинат натрия может добавить вязкость и улучшить структуру [12];
- оба ингредиента могут дополнять друг друга в стабилизации продукта, предотвращая разделение фаз и сохраняя единообразную структуру [12];
- в совместном использовании каппа-карагинан и альгинат натрия могут дать более сложные реологические характеристики продукта, такие как более точное управление вязкостью и текучестью [12];
- каппа-карагинан и альгинат натрия можно использовать в различных пропорциях и комбинациях, что позволяет создавать разнообразные текстурные характеристики – от мягких и кремообразных до более упругих и желеобразных [12];
- оба ингредиента обладают разной чувствительностью к условиям производства, таким как pH и наличие ионов, что позволяет легче адаптировать их применение к различным видам продукции [13].

Далее было рассмотрено формирование и проектирование рецептурных составов пробиотического пищевого продукта с по-

мощью написанной программы через язык программирования Python. В качестве примера описан один из вариантов рецептурного состава паштета из минтая, обогащённого пробиотическими микроорганизмами» (*L. acidophilus*) (табл. 1-2). По аналогичной схеме проводилось моделирование и оптимизация остальных рецептов, разрабатываемого пищевого рыбного продукта, с различными видами филе рыб и бактериальных заквасочных культур.

На основании таблицы 1 составляется система линейных балансовых уравнений по белку и воде, соответственно:

$$\begin{cases} 0,1766 \times X_1 + 0,01 \times X_2 + 0,013 \times X_3 = 12 \\ 0,8134 \times X_1 + 0,918 \times X_2 + 0,88 \times X_3 + X_4 = 78,30 \\ X_1 + X_2 + X_3 + X_4 = 92,8 \end{cases}$$

Условия ограничения в рецептуре имеют вид: $X_1 \geq 0$; $X_2 \geq 3$; $X_2 \leq 6$; $X_3 \geq 0$; $X_4 \geq 0$

Функция цели – получение минимальной себестоимости продукции, которая записывается как сумма произведения единицы стоимости ингредиента на его рецептурную массу:

$$F = \min(120 \cdot X_1 + 20 \cdot X_2 + 18 \cdot X_3 + 2 \cdot X_4)$$

Варианты рецептов пробиотической рыбной пищевой продукции с минтаем, биотрансформированным *L. acidophilus* при минимальной и максимальной себестоимости, представлены в таблице 2.

С использованием языка программирования Python было спроектированное 8 рецептурных составов пробиотического пищевого рыбного продукта на основе биотрансформированного бактериальными заквасочными культурами (*L. acidophilus* и *S. thermophilus*) филе минтая, трески, макруруса и бычка в виде полуконсервов рыбных «Паштеты из рыбы, обогащённые пробиотическими микроорганизмами» (табл. 3).

Исходя из полученных данных по количественному составу в рецептурных составах, было принято решение использовать среднее значение между \max и \min , так как их себестоимости отличаются незначительно.

Разница в себестоимости между максимальным и минимальным значениями невелика, что делает использование среднего значения более экономически эффективным.

Среднее значение в данных рецептурных составах может обеспечивать оптимальное соотношение ингредиентов, которое соответствует целям и требованиям качества продукции.

На следующем этапе исследований была разработана технологическая схема получения Полуконсервов рыбных «Паштеты из рыбы, обогащённые пробиотическими микроорганизмами» с использованием бактерий *L. acidophilus* и *St. thermophilus* (рис. 2).

Разработанная технология полуконсервов рыбных «Паштеты из рыбы, обогащённые пробиотическими микроорганизмами» основана на гомогенизации компонентов рецептурно-

Таблица 2. Сводная таблица рецептурного состава полуконсервов рыбных «Паштет из минтая, обогащённый пробиотическими микроорганизмами» (*L. acidophilus*) при минимальной и максимальной себестоимости /

Table 2. Summary table of the formulation of semi-canned fish «Pollock paste enriched with probiotic microorganisms» (*L. acidophilus*) at minimum and maximum cost

Ингредиенты продукта), кг	Индексы, X_i	Рецептурный состав, при минимальной и максимальной себестоимости (без учета потерь)		Средние значения
Минтай	X_1	67,01	66,99	67,00
Тыква	X_2	3,00	6,00	4,50
Морковь	X_3	10,41	8,39	9,40
Вода	X_4	11,88	10,91	11,40
Массовая доля белка, %		12,00	11,99	11,99
Массовая доля жира, %		0,04	0,04	0,04
Массовая доля углеводов, %		1,11	1,13	1,12
Массовая доля влаги, %		78,30	78,29	78,29
Масса (без альгината натрия, каппа каррагинана, глюкозы и специй), кг		92,30	92,29	92,29
Себестоимость, руб. (без альгината натрия, каппа каррагинана, глюкозы и специй)		8312,81	8332,01	8322,41

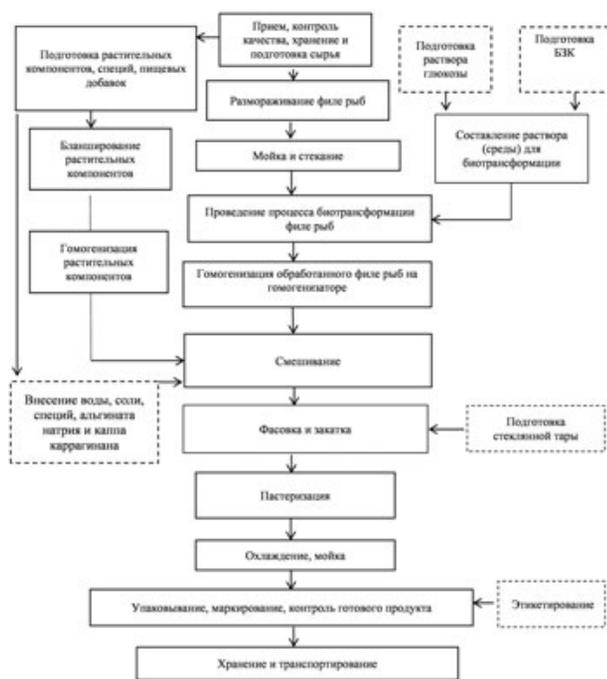


Рисунок 2. Технологическая схема получения полуконсервов рыбных «Паштеты из рыбы, обогащённые пробиотическими микроорганизмами»

Figure 2. Technological scheme for the production of semi-canned fish «Fish pates enriched with probiotic microorganisms»

го состава и пастеризации, при выбранных на основе исследований технологических режимов [6; 14]. Важным блоком технологической схемы является «проведение процесса биотрансформации филе рыб». Для этой цели, перед составлением раствора (среды) для биотрансформации, подготавливают 3,5%-й раствор глюкозы и концентрат бактериальных заквасочных культур. Для подготовки 3,5%-го раствора глюкозы, в дистиллированной воде растворяют глюкозу кристаллическую (из расчета 3,5 г на 100 мл воды). Сухие лиофилизированные бактериальные заквасочные культуры растворяют в дистиллированной воде в соотношении БЗК к воде 1:10 и выдерживают в течение 12 часов, при температуре 37 °С до достижения живых клеток в количестве $4,5 \times 10^{10}$ КОЕ/г. Далее в 3,5%-й раствор глюкозы вносят подготовленный концентрат БЗК в соотношении концентрата к раствору 1:100. Параметры данного процесса подобраны на основе ранее проведенных исследований, посвященных биотрансформации филе рыб бактериальными заквасочными культурами [6].

Также немаловажным блоком технологической схемы является пастеризация путем выдерживания (подогревания) укупоренных банок продукта в закрытой емкости – пастеризаторе с паровым или электрическим обогревом при температуре 90 °С в течение 90 мин.

Таблица 3. Спроектированные с применением языка программирования Python рецептурные составы полуконсервов рыбных «Паштеты из рыбы, обогащённые пробиотическими микроорганизмами», на порцию 100 г / **Table 3.** Prescription formulations of semi-canned fish «Fish pates enriched with probiotic microorganisms», designed using the Python programming language, per 100 g serving

Компоненты рецептурного состава	Содержание компонентов, г/100 г							
	<i>L. acidophilus</i>				<i>St. thermophilus</i>			
	No 1	No 2	No 3	No 4	No 5	No 6	No 7	No 8
минтай	67,00	-	-	-	65,29	-	-	-
треска	-	63,62	-	-	-	62,47	-	-
макрурус	-	-	77,77	-	-	-	67,65	-
бычок	-	-	-	63,73	-	-	-	60,13
вода	11,4	9,89	0,16	19,33	12,35	5,00	3,31	19,68
морковь	9,40	14,30	10,87	5,99	10,15	20,18	18,34	9,49
тыква	5,00	5,00	4,00	3,50	5,00	5,00	3,50	3,50
соль	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
альгинат натрия	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
каппа каррагинан (E407)	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
глюкоза мелкокристаллическая	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
специи	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Температурный режим и продолжительность процесса подобраны экспериментально. На основе ранее проведенных исследований было установлено, что при данном соотношении рецептурных компонентов, с использованием выбранного защитного протектора (альгинат натрия), бактериальные заквасочные культуры способны выживать на уровне 10^6 – 10^9 КОЕ/г, что соответствует пробиотическим пищевым продуктам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С помощью линейного программирования через высокоуровневый язык Python спроектированы рецептурные составы пробиотических пищевых продуктов на основе филе минтая, трески, макруруса и бычка, обработанного в процессоре биотрансформации бактериальными заквасочными культурами – *L. acidophilus* и *St. thermophilus*. В рецептурные составы также включены растительные компоненты (морковь, тыква), протектор (альгинат натрия), глюкоза и специи с солью. Данные рецептурные составы предназначены для полукопченых рыбных паштетной группы с мажущей консистенцией. Также разработана техническая схема получения Полукопченых рыбных «Паштеты из рыбы, обогащённые пробиотическими микроорганизмами», основными процессами которой являются биотрансформация бактериальными заквасочными культурами и пастеризация при режимах, которые полностью не угнетают выживаемость клеток бактерий и позволяют их сохранить на уровне 10^6 – 10^9 КОЕ/г.

На данный момент проводятся исследования по изучению показателей качества и безопасности полученного пробиотического пищевого рыбного продукта для подтверждения положительной тенденции улучшения качества и эффективности использования, смоделированных через высокоуровневый язык Python, рецептурных составов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов
Вклад в работу авторов: **Е.В. Лаврухина** – идея работы, сбор, подготовка и анализ данных, подготовка статьи; **Н.Ю. Зарубин** – идея работы, анализ данных, подготовка введения, заключения, окончательная проверка статьи; **О.В. Бредихина** – окончательная проверка статьи; **А.И. Гриневиц** – сбор данных, подготовка статьи.

The authors declare that there is no conflict of interest.
Contribution to the work of the authors: **E.V. Lavrukina** – the idea of the work, collection, preparation and analysis of data, preparation of the article; **N.Yu. Zarubin** – data analysis, preparation of the introduction, conclusion, final verification of the article; **O.V. Bredikhina** – final verification of the article; **A.I. Grinevich** – data collection, preparation of the article.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ / LITERATURE AND SOURCES

- Rathod N., Phadke G., Tabanelli G., Mane A., Ranveer D., Pagarkar A., Ozogul F. (2021). Recent advances in bio-preservatives impacts of lactic acid bacteria and their metabolites on aquatic food products // Food Biosci. T. 44. P. 101440.
- Giorgi G., Jiménez B., Novo V. (2023). «Linear Programming and Quadratic Programming». Pp. 275-316. doi: 10.1007/978-3-031-30324-1_9.
- Parab J., Lanjewar M., Sequeira M., Naik G., Shaikh A. (2023). Python Programming Recipes for IoT Applications. // Singapore: Springer Nature Singapore.
- Downey A.B. (2015). Think Python: How to Think Like a Computer Scientist. // Published by O'Reilly Media, Inc. Pp 447.
- Lavrukina E., Zarubin N., Bredikhina O., Grinevich A. (2022). Integration of bacterial starter cultures with raw fish: selection and justification // Fisheries (Bethesda). 2022. T. № 6. С. 107-114.
- Lavrukina E., Zarubin N., Bredikhina O., Grinevich A., Mezhonov A. (2023). Optimal conditions and parameters verification of fish fillets muscle tissue biotransformation by bacterial starter cultures // Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing industry. T. 2023. № 4. Pp. 127-138.
- Baranenko D., Lu W., Golovinskaia O., Lepeshkin A., Iliina V. (2020). Optimization of baby food formulations using spreadsheets // IOP Conf Ser Mater Sci Eng. T. 940. № 1. P. 012085.
- Barlow E. (2023). Integer Linear Programming: Spreadsheet Solver Excellence Without Excel // INFORMS Transactions on Education.
- Singh T., Pandey V., Dash K., Zanwar S., Singh R. (2023). Natural bio-colorant and pigments: Sources and applications in food processing // J Agric Food Res. P. 100628.
- Nabi B., Mukhtar K., Ahmed W., Manzoor M., Ranjha M., Kieliszek M., Bhat Z. (2023). Natural pigments: Anthocyanins, carotenoids, chlorophylls, and betalains as colorants in food products // Food Biosci. P. 102403.
- Brenner T., Tuvikene R., Parker A., Matsukawa S., Nishinari K. (2014). Rheology and structure of mixed kappa-carrageenan/iota-carrageenan gels // Food Hydrocoll. T. 39. P. 272-279.
- Phillips G. O., Williams P. A. (2009). Handbook of Hydrocolloids // Woodhead Publishing. P. 924.
- Saryer S., Duranoğlu D., Doğan Ö., Küçük İ. (2020). pH-responsive double network alginate/kappa-carrageenan hydrogel beads for controlled protein release: Effect of pH and crosslinking agent // J Drug Deliv Sci Technol. T. 56. С. 101551.
- Прогнозирование параметров биотрансформации рыбного сырья бактериальными заквасочными культурами с применением математических моделей / Н. Ю. Зарубин, Е. В. Лаврухина, О. В. Бредихина, А. И. Гриневиц // Пищевая промышленность. – 2023. – № 3. – С. 92-96. – DOI 10.52653/PPI.2023.3.3.019.
- Zarubin N.Yu., Lavrukina E.V., Bredikhina O.V., Grinevich A.I. (2023). Prognostirovanie parametrov biotransformatsii rybnogo syr'ya bakterial'nymi zakvasochnymi kul'turami s primeneniem matematicheskikh modelej // Pishchevaya promyshlennost. № 3. Pp. 92-96. DOI 10.52653/PPI.2023.3.3.019. (In Russ.).

Материал поступил в редакцию/ Received 09.02.2024

Принят к публикации / Accepted for publication 31.05.2024

Журнал «Рыбное хозяйство» зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

Свидетельство о регистрации: ПИ № ФС 77-86527 от 19.12.2023
Учредитель – ФГБНУ «ВНИРО»

Подписан в печать 14.06.2024 г.
Печать офсетная. Формат бумаги 60×84 1/8.

16 печ. л.
Тираж 500 экз.

Редакция журнала «Рыбное хозяйство»
Ответственный редактор С.Г. Филиппова
Тел.: +7(499)369-92-86 доб. 3323
e-mail: filippovasg@vniro.ru; markova@vniro.ru

Отпечатано в типографии Book Jet
Россия, 390005, г. Рязань, ул. Пушкина, д. 18
Сайт: <http://bookjet.ru>
E-mail: info@bookjet.ru
Тел.: +7(4912)466-151