

ЕЖЕМЕСЯЧНОЕ ИЗДАНИЕ.
ВХОДИТ В ПЕРЕЧЕНЬ
ИЗДАНИЙ ВАК
WWW.PANOR.RU/FISH



WWW.PANOR.RU Издательский Дом
ПАНОРАМА
WWW.PANOR.RU НАУКА И ПРАКТИКА

Том XVIII,
№ 10 (225) 2024
WWW.PANOR.RU

ИЗДАТЕЛЬСТВО



СЕЛЬХОЗИЗДАТ

РЫБОВОДСТВО И РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО FISH BREEDING AND FISHERIES



ПРЕДСЕДАТЕЛЬ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ:

Сергей Владимирович Пономарев — д-р биол. наук, профессор, заведующий кафедрой «Аквакультура и водные биоресурсы», Астраханский государственный технический университет, Россия, г. Астрахань

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

Елена Витальевна Пищенко — д-р биол. наук, профессор, профессор кафедры биологии, биоресурсов и аквакультуры, Новосибирский государственный аграрный университет, Россия, г. Новосибирск

НАУЧНЫЙ РЕДАКТОР:

Ирина Владимировна Морузи — д-р биол. наук, профессор, заведующая кафедрой биологии, биоресурсов и аквакультуры, Новосибирский государственный аграрный университет, Россия, г. Новосибирск

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Дмитрий Михайлович Безматерных — д-р биол. наук, заместитель директора по научной работе, Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения РАН, Россия, г. Барнаул

Любовь Викторовна Веснина — д-р биол. наук, профессор, ведущий научный сотрудник Института водных и экологических проблем Сибирского отделения РАН, Россия, г. Барнаул

Нина Александровна Головина — д-р биол. наук, профессор, заведующая кафедрой «Аквакультура и экология» Дмитровского рыбохозяйственного технологического института (филиала) Астраханского государственного технического университета (ДРТИ ФГБОУ ВО «АГТУ»), Россия, г. Дмитров

Владимир Анатольевич Задёнов — д-р биол. наук, профессор, ведущий научный сотрудник Красноярского филиала ВНИРО («НИИЭРВ»), Россия, г. Красноярск

Елена Александровна Интересова — д-р биол. наук, ведущий научный сотрудник Новосибирского филиала ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии), Россия, г. Новосибирск

Николай Михайлович Костомахин — д-р биол. наук, профессор, профессор кафедры, Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева, Россия, Москва

Александр Витальевич Крылов — д-р биол. наук, профессор, директор Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук, Россия, пос. Борок

Александр Иванович Литвиненко — д-р биол. наук, профессор, профессор кафедры водных биоресурсов и аквакультуры, Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Россия, г. Тюмень

Людмила Ильинична Литвиненко — д-р биол. наук, заведующая лабораторией промысловых беспозвоночных, Тюменский филиал ВНИРО, Россия, г. Тюмень

Муаммер Орал — PhD, доцент Стамбульского университета, факультет водных наук, кафедра управления морскими и пресноводными ресурсами, кафедра морской биологии, Стамбульский университет, Турция, г. Стамбул

Байрам Озтюрк — PhD, профессор, факультет водных наук, кафедра управления морскими и пресноводными ресурсами, кафедра морской биологии, Стамбульский университет, Турция, г. Стамбул

Елена Николаевна Пономарева — д-р биол. наук, главный научный сотрудник, заведующая отделом, Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук, Россия, Ростов-на-Дону; профессор кафедры «Технические средства аквакультуры», Донской государственный технический университет

Марина Добромировна Панайотова — PhD, доцент, Институт океанологии Фретьофа Нансена Болгарской академии наук, Болгария, г. Варна

Владимир Иванович Романов — д-р биол. наук, профессор, заведующий кафедрой ихтиологии и гидробиологии, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, г. Томск

Григорий Емельянович Серветник — д-р с.-х. наук, профессор, ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт интегрированного рыбоводства — филиал федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста», Россия, пос. Воровского

Аркадий Федорович Соколовский — д-р биол. наук, профессор, профессор кафедры пожарной безопасности и водопользования, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, Россия, г. Астрахань

Евгений Николаевич Шадрин — канд. биол. наук, Федеральное агентство по рыболовству, Россия, г. Москва

Елена Ивановна Шишанова — канд. биол. наук, врио директора, Всероссийский научно-исследовательский институт интегрированного рыбоводства — филиал «Федеральный научный центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста», Россия, пос. Воровского

Мария Христовна Янкова — PhD по гидробиологии, доцент, отдел морской биологии и экологии, Институт океанологии Болгарской академии наук, Болгария, г. София

CHAIRMAN OF THE EDITORIAL BOARD:

Ponomarev S. V. — doctor of biology, Professor, head of the Department "Aquaculture and aquatic bioresources", Astrakhan state technical University, Russia, Astrakhan

EDITOR-IN-CHIEF:

Pishchenko E. V. — doctor of biology, Professor, Professor of the Department of biology, bioresources and aquaculture, Novosibirsk state agrarian University, Russia, Novosibirsk

SCIENCE EDITOR

Moruzi I. V. — doctor of biology, Professor, head of the Department of biology, bioresources and aquaculture Novosibirsk state agrarian University

EDITORIAL BOARD:

D.V. Bezmaternykh — doctor of biology, Deputy Director for research, Institute of water and environmental problems of the Siberian branch of the Russian Academy of Sciences, Russia, Barnaul

L.V. Vesnina — doctor of biology, Professor, leading researcher of the Institute of water and environmental problems of the Siberian branch of the Russian Academy of Sciences, Russia, Barnaul

V.A. Zadelenov — doctor of Biol. Sciences, Professor, leading researcher Krasnoyarsk branch of VNIRO (NIIEVR), Russia, Krasnoyarsk

N.A. Golovina — doctor of biology, Professor, head of the Department "Aquaculture and ecology" of the Dmitrov fisheries technological Institute (branch) of the Federal state budgetary educational institution of higher education "Astrakhan state technical University" (DRTI fgbou VO "AGTU"), Russia, Dmitrov

E.A. Interesova — doctor of biology, leading researcher for science Novosibirsk branch of FGBNU "VNIRO" ("Zapsibniro"), Russia, Novosibirsk

N.M. Kostomakhin — doctor of biology, Professor, Professor of the Department, Russian state agrarian University — Timiryazev Moscow state agricultural Academy, Russia, Moscow

A.V. Krylov — doctor of biology, Professor, Director, I. D. Papanin Institute of biology of inland waters of the Russian Academy of Sciences, Russia, vil. Borok

A.I. Litvinenko — doctor of biology, Professor, Professor of the Department of aquatic bioresources and aquaculture of the STATE agrarian University of the Northern TRANS-Urals, Russia, Tyumen

L.A. Litvinenko — doctor of biological, head of the laboratory of commercial invertebrates, Tyumen branch of the all-Russian research Institute of fisheries and Oceanography, Russia, Tyumen

M.Oral — PhD, Assistant Professor, Istanbul University, Faculty of Aquatic Sciences, Department of Marine and Freshwater Resources Management, Department of Marine Biology, Istanbul University, Turkey, Istanbul

B. Öztürk — PhD, Professor, Faculty of Aquatic Sciences, Department of Marine And Freshwater Resources Management, Department of Marine Biology, Istanbul University, Turkey, Istanbul

M.D. Panayotova — PhD, Associate Professor, Fridtjof Nansen Institute for Oceanology, Bulgarian Academy of Sciences, Bulgaria, Varna

E.N. Ponomareva — Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher, Head of the Department, Federal Research Center Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russia; Professor of the Department "Technical Means of Aquaculture", Don State Technical University, Russia, Astrakhan

V.A. Romanov — doctor of biology, Professor, head of the Department of ichthyology and Hydrobiology, National research Tomsk state University, Russia, Tomsk

A.A. Rostovtsev — doctor of science, Professor, Deputy Director for science Novosibirsk branch of FGBNU "VNIRO" ("Zapsibniro"), Russia, Novosibirsk

G.E. Servetnik — doctor of agricultural Sciences, Professor, leading researcher, ALL-Union research Institute of irrigation fish farming Russia, vil. Vorovskogo

A.F. Sokolsky — doctor of biology, Professor, Professor of the Department of fire safety and water use, Astrakhan state university state University of architecture and civil engineering, Russia, Astrakhan

E.N. Shadrin — Cand. Biol. Sciences, Federal Agency for fisheries, Russia, Moscow

E.I. Shishanova — Cand. Biol. Sciences, acting Director of all-Union scientific research Institute of irrigation fish farming, Russia, vil. Vorovskogo

M.H. Yankova — PhD in Hydrobiology, Associate Professor, Department of marine biology and ecology, Institute of Oceanology Bulgarian Academy of Sciences, Bulgaria, Sofia

ISSN 2074-5990
2712-8083 (online)

«РЫБОВОДСТВО И РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО» Том XVIII, № 10 (225) 2024

Ежемесячный
научно-практический журнал

Журнал зарегистрирован Министерством
Российской Федерации по делам печати,
телерадиовещания и средств
массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС 77-21675 от 25 августа 2005 г.

Входит в Перечень изданий ВАК

Учредитель:

Некоммерческое партнерство
Издательский Дом «ПРОСВЕЩЕНИЕ»,
117042, Москва, ул. Южнобутовская, д. 45

© ИД «Панорама»,
Издательство «Сельхозиздат»
www.panor.ru/fish,
www.selskhozizdat.rf

Президент ИД «Панорама» —
Председатель Некоммерческого фонда
содействия развитию национальной
культуры и искусства
К.А. Москаленко

Генеральный директор
ИД «Панорама» — Г.К. Москаленко

Адрес редакции:

Москва, Бумажный проезд, 14, стр. 2
Для писем: 125040, Москва, а /я 1
Редакция: 8 (495) 274-2222
(многоканальный)
Отдел подписки: 8 (495) 274-2222
(многоканальный)

Подписка на журнал:

1. На нашем сайте panor.ru.
2. Через нашу редакцию по тел.
8 (495) 274-2222
(многоканальный) или
по заявке в произвольной форме
на адрес: rodpriska@panor.ru.
3. По официальному каталогу
Почты России
«Подписные издания»
(индекс — П7066).
4. По «Каталогу периодических
изданий. Газеты и журналы»
агентства «Урал-пресс»
(индекс на полугодие — 37194).

Фото для обложки

предоставлено руководителем
Федерации рыболовного спорта
Новосибирской области
О.В. Чернавиной.

Отпечатано в типографии
ООО «ПРОФПРИНТ», 117437,
Москва, ул. Профсоюзная, д. 104

Установочный тираж 990 экз.

Цена свободная

Подписано в печать 23.10.2024

Статьи публикуются
на безгонорарной основе

ВОДНЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

В.Б. Журавлев, А.Ю. Лукерин,
Г.А. Романенко, И.Ю. Теряева, В.И. Щербаков

Биоресурсы озера Мостовое и пути их рационального использования 674

Ихтиофауна озера Мостовое включает шесть видов, в отношении которых осуществляется промышленное рыболовство: обыкновенная щука, плотва, серебряный карась, речной окунь, сазан (кап), обыкновенный судак. Из промысловых беспозвоночных добывается речной рак. Рассчитаны показатели промыслового запаса и рекомендованного вылова биоресурсов в водоеме.

РЫБОВОДСТВО: ПАСТБИЩНОЕ, ИНДУСТРИАЛЬНОЕ, ПРУДОВОЕ

Г.И. Пронина, С.К. Моргулев, О.В. Алимкина

Физиолого-биохимическая оценка нового трехпородного кросса карпа 689

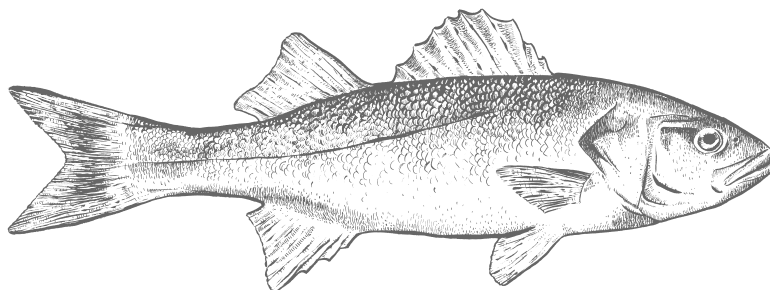
Отмечен эффект гетерозиса по ряду показателей: массе тела, индексу головы, числу тычинок на передней жаберной дуге. Новый кросс характеризуется интенсивным метаболизмом, большей долей зрелых нейтрофилов и высоким уровнем клеточного иммунитета по цитохимическому коэффициенту лизосомального катионного белка.

ИХТИОПАТОЛОГИЯ

А.В. Менькова, С.А. Дьякова, Е.Р. Кирюхина

Микробиота бычковых рыб северной части Каспийского моря 700

Приведены результаты микробиологических исследований бычковых рыб, выловленных в северной части Каспийского моря в 2014–2023 годах. Микробиота органов и тканей бычков по годам на уровне выделяемых семейств изменялась незначительно, летом и осенью микробные ассоциации были схожими.



КОРМА И КОРМЛЕНИЕ РЫБЫ

А.Д. Жандалгарова, А.А. Бахарева, Ю.Н. Грозеску

Влияние пробиотического препарата на энтеросорбенте на изменение функциональной активности гуморальных факторов неспецифического иммунитета русско-ленского осетра (*Acipenser gueldenstadtii* × *Acipenser baeri*) 711

Установлено, что применение пробиотического препарата в экспериментальных дозировках 4–8 г/кг комбикорма оказывает влияние на показатели неспецифического гуморального иммунитета. Кроме того, пробиотик способствовал снижению концентрации неспецифических иммунных комплексов в сыворотке крови и иммунокомпетентных органах русско-ленского осетра, а результаты анализа на СРБ позволили сделать вывод о том, что используемый препарат не вызывает воспалительных реакций в организме осетровых рыб.

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

Д.В. Тырин, А.В. Жигин, Д.С. Загорская

Влияние изменения солености воды на работу системы биологической очистки УЗВ в условиях низких температур 721

Показано, что продолжительность пускового периода биологической очистки как в пресной, так и в морской воде была примерно одинакова и составила 138 и 134 суток соответственно. Биоценоз биофильтра из системы с морской водой адаптировался к работе в условиях резкого опреснения в 1,5 раза быстрее, чем биоценоз из пресной воды при переводе в морскую.

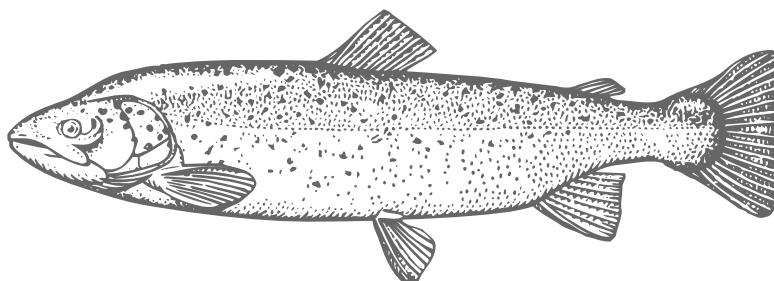
НОВЫЙ ОТКРЫТЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

И.В. Тренклер

Возможности использования заводских ремонтно-маточных стад для поддержания природных популяций.

Часть 2.1. Лососевые. Атлантический лосось 733

В настоящем обзоре рассмотрены внутривидовая структура атлантического лосося и его жизненные стратегии (анадромная, потамодромная и жилая), развитие методов искусственного разведения лососевых рыб и возможности выращивания их до созревания в условиях пресноводного рыбоводного завода.



CONTENT

WATER BIOLOGICAL RESOURCES

*V.B. Zhuravlev, A.Yu. Lukerin, G.A. Romanenko,
I.Yu. Teryaeva, V.I. Shcherbakov*

Bioresources of lake Mostovoye and ways of their rational use674

The ichthyofauna of Mostovoe Lake includes six species that are subject to commercial fishing: common pike, roach, silver carp, river perch, common carp (carp), and common pike perch. Of the commercial invertebrates, crayfish is caught. The indicators of the commercial stock and the recommended catch of bioresources in the reservoir were calculated.

COMMERCIAL AQUACULTURE

G.I. Pronina, S.K. Morgulev, O.V. Alimkina

Physiological and biochemical assessment of a new three-breed carp cross689

The effect of heterosis was noted for a number of indicators: body weight, head index, number of stamens on the anterior gill arch. The new cross is characterized by intensive metabolism of a greater proportion of mature neutrophils and a high level of cellular immunity according to the cytochemical coefficient of lysosomal cationic protein.

ICHTHYOPATOLOGY

A.V. Menkova, S.A. Dyakova, E.R. Kiriukhina

Microbiota of goby fish in the northern part of the Caspian sea.....700

The results of microbiological studies of goby fish caught in the northern part of the Caspian Sea in 2014–2023 are presented. The microbiota of organs and tissues of gobies changed insignificantly over the years at the level of the isolated families; microbial associations were similar in summer and autumn.



FEEDS AND FEEDING OF FISHES

A.D. Zhandalgarova, A.A. Bakhareva, Yu.N. Grozesku

The effect of a probiotic drug on an enterosorbent on the change in the functional activity of humoral factors of nonspecific immunity of the Russian Lena sturgeon

(*Acipenser gueldenstadtii* × *Acipenser baeri*)711

It was found that the use of a probiotic drug in experimental dosages of 4–8 g/kg of compound feed has an effect on the indicators of nonspecific humoral immunity. In addition, the probiotic contributed to a decrease in the concentration of nonspecific immune complexes in the blood serum and immunocompetent organs of the Russian-Lena sturgeon, and the results of the analysis for CRP allowed us to conclude that the drug used does not cause inflammatory reactions in the body of sturgeon fish.

TECHNICS AND TECHNOLOGIE

D.V. Tyrin, A.B. Zhigin, D.S. Zagorskaya

Influence of water saliny changes on the operation of the RAS biological treatment system under

low temperature conditions721

The duration of the start period of biological treatment in both fresh and sea water was approximately the same and amounted to 138 and 134 days, respectively. With the simultaneous change of sea water to fresh or fresh water to sea, the complete destruction of the biofilter activated sludge biocenosis didn't happen, that indicated by the continuing increase of the nitrates concentration. The adaptation of biofilter biocenosis to work under conditions of rapid desalination was 1.5 times faster than the adaptation of biocenosis to rapid salination.

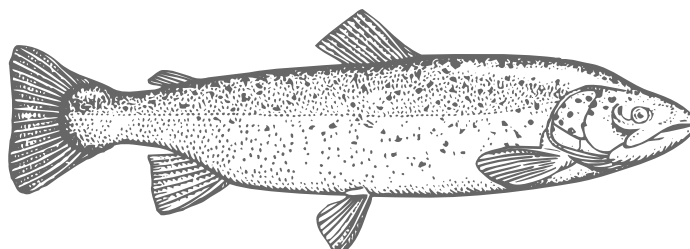
NEW OPEN UNIVERSITY

I.V. Trenkler

The possibilities of using of captive and domestic broodstocks for saving of natural populations.

2. Salmonidae. Atlantic salmon (Part 1) 733

In present article the intraspecific structure of Atlantic salmon and its life strategies (anadromous, potamodromos and riverine/residential), development of methods of artificial propagation of salmonids and possibilities of Atlantic salmon growing in conditions of freshwater farm are considered.



DOI 10.33920/sel-09-2410-01

УДК 639.2/.3

БИОРЕСУРСЫ ОЗЕРА МОСТОВОЕ И ПУТИ ИХ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

В.Б. Журавлев¹, А.Ю. Лукерин², Г.А. Романенко²,
И.Ю. Теряева², В.И. Щербаков²

¹ Алтайский государственный университет, Россия, Барнаул

² Алтайский филиал ФГБНУ «ВНИРО» (АлтайНИРО), Россия, Барнаул

E-mail: teriaeva@altai.vniro.ru

Аннотация. Ихтиофауна большинства водных объектов Алтайского края представлена малоценной и тугорослой рыбой. Рыбопродуктивность во многом определяется степенью эксплуатации водоема и формой организации рыбного хозяйства. Рациональное рыбное хозяйство на естественных водоемах должно обеспечивать эксплуатацию экосистемы водоема как единого целого. Озеро Мостовое расположено в Завьяловском и Баевском районах Алтайского края, является одним из наиболее крупных пресноводных озер Алтайского края, относящихся к пойме реки Кулунды. Вода в водоеме сульфатно-хлоридного класса первого типа, полностью отвечает всем рыбоводным требованиям. Сбор ихтиологического материала проводился методом контрольных обловов. Видовой состав и пространственное распределение рыб изучались с помощью постановки на водоемах набора ставных жаберных сетей. Приведены сведения по размерно-возрастной структуре популяций, уловам основных промысловых рыб и речного рака в озере Мостовое. Оценка величины промыслового усилия и состояния запасов водных биоресурсов (ихтиофауны) в водоеме проведена одним из вариантов экспертной оценки — методом балльных систем. Ихтиофауна озера Мостовое включает шесть видов, в отношении которых осуществляется промышленное рыболовство: обыкновенная щука, плотва, серебряный карась, речной окунь, сазан (каarp), обыкновенный судак. Из промысловых беспозвоночных добывается речной рак. Рассчитаны показатели промыслового запаса и рекомендованного вылова биоресурсов в водоеме. Предложены рекомендации по регулированию рыболовства на основе ихтиологического мониторинга. Определенный эффект для стабилизации структуры ихтиоценоза водоема может внести рыбохозяйственная мелиорация: вселение растительноядных рыб — белого амура (*Ctenopharyngodon idella*) и белого толстолобика (*Hypophthalmichthys molitrix*) для более полного использования кормовой базы озера — фитопланктона и макрофитов. Необходимо продолжать мониторинговые исследования за зимним кислородным режимом озера.

Ключевые слова: озеро Мостовое; водные биоресурсы; ихтиофауна; астакофауна; промысловый запас; биотические факторы; потенциальная рыбопродуктивность; рыбохозяйственная мелиорация.

BIORESOURCES OF LAKE MOSTOVOYE AND WAYS OF THEIR RATIONAL USE

V.B. Zhuravlev¹, A.Yu. Lukerin², G.A. Romanenko²,
I.Yu. Teryaeva², V.I. Shcherbakov²

¹ Federal state budgetary educational institution of higher education "Altai State University", Russia, Barnaul

² Altai branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (AltaiNIRO), Russia, Barnaul
E-mail: teriaeva@altai.vniro.ru

Abstract. The ichthyofauna of most water bodies in the Altai Krai is represented by low-value and slow-growing fish. Fish productivity is largely determined by the degree of exploitation of the reservoir and the form of organization of the fishery. Rational fishery in natural reservoirs should ensure the exploitation of the ecosystem of the reservoir as a single whole. Mostovoe Lake is located in the Zavyalovsky and Baevsky districts of the Altai Krai, is one of the largest freshwater lakes in the Altai Territory, belonging to the floodplain of the Kulunda River. The water in the reservoir is of the sulfate-chloride class of the first type, fully meets all fish farming requirements. The collection of ichthyological material was carried out by the method of control catches. The species composition and spatial distribution of fish were studied by setting a set of fixed gill nets in the reservoirs. Information on the size and age structure of populations, catches of the main commercial fish and crayfish in Mostovoe Lake is provided. The magnitude of the fishing effort and the assessment of the state of aquatic bioresources (ichthyofauna) in the reservoir were carried out using one of the expert assessment options — the point systems method. The ichthyofauna of Mostovoe Lake includes six species that are subject to commercial fishing: common pike, roach, silver carp, river perch, common carp (carp), and common pike perch. Of the commercial invertebrates, crayfish is caught. The indicators of the commercial stock and the recommended catch of bioresources in the reservoir were calculated. Recommendations for regulating fisheries based on ichthyological monitoring are proposed. A certain effect for stabilizing the structure of the ichthyocenosis of the reservoir can be made by fishery melioration: the introduction of herbivorous fish — white amur (*Ctenopharyngodon idella*) and silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) for a more complete use of the food base of the lake — phytoplankton and macrophytes. It is necessary to continue monitoring studies of the lake's winter oxygen regime.

Keywords: Mostovoe Lake; aquatic bioresources; ichthyofauna; astacofauna; commercial stock; biotic factors; potential fish productivity; fishery melioration.

Введение

Повсеместное прекращение рыбоводно-мелиоративных работ в последние 20–30 лет на естественных водоемах явилось причиной того, что ихтиофауна большинства озер Алтайского края представлена малоценными и тугорослыми видами рыб. Рациональное рыбное хозяйство на естественных водоемах должно обеспечивать эксплуатацию водоема как единого целого. Оно предусматривает использование сложившейся в водоеме экосистемы таким образом, чтобы

обеспечить выход наибольшего количества продукции гидробионтов при сохранении воспроизводительной способности облавливаемых популяций. Для решения именно этой задачи выполняется определение рекомендованного вылова индивидуально для каждого водоема.

Непринятие мер по целенаправленному регулированию экологической обстановки в замкнутых и слабопроточных водоемах неизбежно будет вести к деградации ихтиофауны, прогрессирующему снижению рыбопродуктивности озер и полной потере их рыбохозяйственной значимости.

Рыбопродуктивность во многом определяется степенью эксплуатации водоема и формой организации рыбного хозяйства. Для обеспечения высокой и устойчивой рыбопродуктивности водоемов осуществляют рыбохозяйственную мелиорацию. Рыбохозяйственные мелиоративные мероприятия заключаются прежде всего в регулировании численности и культивировании популяции промысловых рыб с помощью зарыбления и целенаправленных охранных мер, а также на основе рационального промысла селективными орудиями лова.

Озеро Мостовое — одно из наиболее крупных пресноводных озер Алтайского края, относящихся к пойме реки Кулунды. Площадь озера — 37,3 км²; наибольшая ширина — 4,5 км; средняя ширина — 3,47 км; длина озера — 10,75 км; длина береговой линии — 29,0 км; коэффициент развития береговой линии — 1,34; средняя глубина — 2,35 м, максимальная — 4,0 м. Расположено в среднем течении реки Кулунды лесостепной зоны Алтайского края на территории двух административных районов — Завьяловского и Баевского (Ш: 53° 04'60.82"С; Д: 80°85'53.79"В (рис. 1).

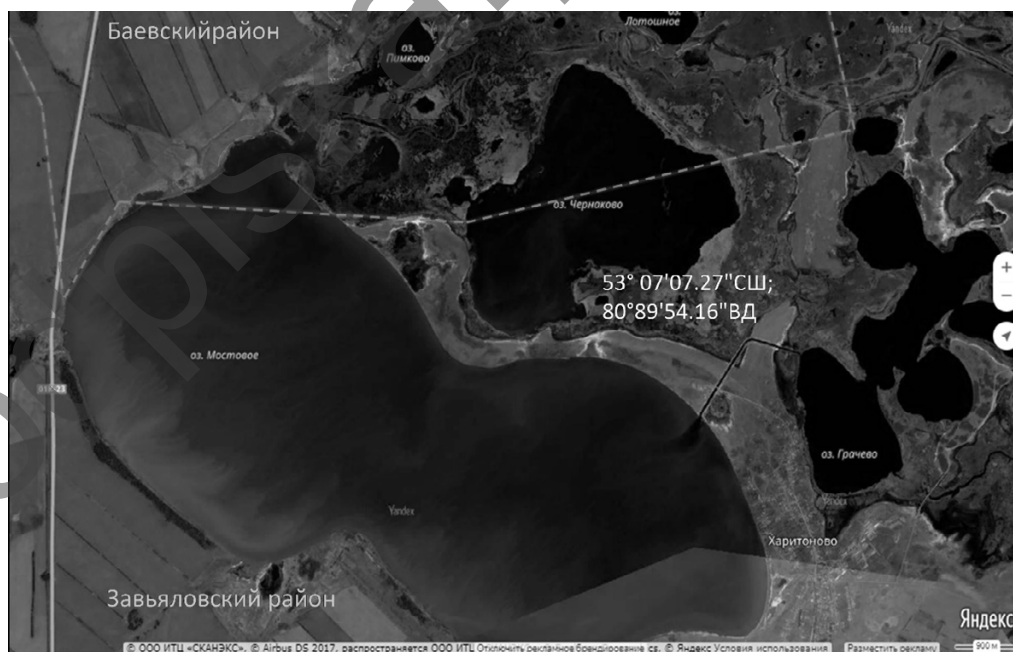


Рис. 1. Карта-схема озера Мостовое в границах Завьяловского и Баевского районов Алтайского края
Fig. 1. Map-scheme of Mostovoye Lake within the boundaries of Zavyalovsky and Baevsky districts of Altai Krai

Вода в озере характеризуется слабощелочной реакцией за счет преобладания в составе растворенных солей сульфат-ионов и катионов калия и натрия. По классификации О.А. Алекина [1], вода в водоеме сульфатно-хлоридного класса первого типа, полностью отвечает всем рыбоводным требованиям. Минерали-

зация воды в зависимости от режима водности колеблется от 420,0 до 1200,0 мг/дм³. В июле 2019 года минерализация воды составляла 664,0,0 мг/дм³.

Развитие высшей водной растительности высокое, характерны бордюры тростника и пояс рдестов вдоль береговой линии. Зарастаемость займищного типа характерна для северо-западной части озера и устьев проток, соединяющих озеро с другими озерами системы реки Кулунды. Высшая водная растительность занимает порядка 30% акватории водоема.

Среднегодовая биомасса зоопланктона составляет $4,47 \pm 2,49$ г/м³ ($C_v = 157,8\%$). Колебания биомассы по станциям были значительными — от 0,01 до 19,86 г/м³. Биомасса зообентоса колебалась в пределах 0,04–0,73 г/м², максимальное значение характерно для биотопа серых илов вблизи границы литорали. Доминантами по численности и биомассе являются представители семейства хирономид (*Chironomidae*) и класс олигохет (*Oligochaeta*) [4].

Цель исследования: определение состояния запасов водных биологических ресурсов и среды их обитания озера Мостовое, оценка рекомендованного вылова водных биоресурсов в водоеме и формирование рекомендаций по регулированию рыболовства на основе ихтиологического мониторинга и проведения рыбохозяйственной мелиорации.

Материал и методика исследования

При сборе, обработке и анализе ихтиологического материала применялись стандартные общепринятые методики [3; 7; 11]. Сбор ихтиологического материала проводился методом контрольных обловов. Видовой состав и пространственное распределение рыб изучались с помощью постановки на водоемах набора ставных жаберных сетей с ячейей 10–70 мм, условная длина каждой сети — 25 м, общая длина набора сетей — 350 м. Длительность экспозиции — 12 часов. Собранный ихтиологический материал подвергался биологическому анализу, включающему отбор регистрирующих структур для определения возраста рыб (чешуя, жаберные крышки), измерение абсолютной и промысловой длины и массы тела, сведения о половой принадлежности, стадии созревания, взяты пробы на определение плодовитости.

В летний период (конец августа 2020 года) сбор материала на озере Мостовое проводился с использованием близнецового трала шириной раскрытия 18,0 м с шагом ячейи в крыльях 40,0 мм, в кутке — 35 мм. Средняя скорость траления составила 5,0 км/ч, продолжительность траления — 3,0 часа. Площадь облова составила 270,0 тыс. м². Коэффициент уловистости для близнецового трала принят 0,66.

Для оценки численности объектов тралового рыболовства использовалась следующая формула:

$$B = \frac{S \times n}{S_0 \times k \times k_1}, \quad (1)$$

где: S — площадь района, в котором проводится учет;

S_0 — площадь, облавливаемая тралом в единицу времени;

n — средний улов в единицу времени;

k — коэффициент горизонтальной уловистости трала;

k_1 — коэффициент вертикальной уловистости.

При практическом применении указанного метода труднее всего определить коэффициенты k и k_1 , которые характеризуются видовой специфичностью

и зависят от возраста и биологического состояния рыбы, времени суток, погоды и других моментов. Кроме того, селективность кутцов тралов зависит от плотности облавливаемой популяции и режима работы, что тоже приходится учитывать при оценке численности разных размерных групп рыб в облавливаемом скоплении. Обычно считается при ловле разноглубинным тралом, что в зону облова попадает $1/3$ численности рыб, находящихся перед орудием лова, то есть произведение $k \times k_1 = 0,33$ [8].

Во многих случаях при оценке абсолютной численности стада методом площадей надежнее пользоваться кошельковыми орудиями лова, в частности близнецовыми неводами. Принцип здесь остается тот же, что и при лове тралом, но точность учета многих рыб возрастает, так как при обработке данных лова на небольших глубинах из формулы можно исключить коэффициент вертикальной уловистости, а коэффициент горизонтальной уловистости в отношении многих видов оказывается близким к 0,66 [8].

По причине отсутствия полноценного ряда данных по характеристике ихтиофауны и сведений о промысловой нагрузке (ежегодная величина фактического изъятия, величина промыслового усилия) оценка состояния запасов водных биоресурсов (ихтиофауны) в водоеме проведена одним из вариантов экспертной оценки — методом балльных систем, который широко применяется для определения потенциальной рыбопродуктивности озер с естественной ихтиофауной и озер товарного рыбоводства. Метод основан на коррелятивной связи динамики вылова с гидрологическим и гидробиологическим состоянием водоема при неизменной или усиливающейся антропогенной нагрузке. Для прогноза потенциальной рыбопродуктивности материковых озер и рек Алтайского края используется один из вариантов этого метода, основанный на составлении 10-балльной шкалы комплексной оценки [5; 6].

В качестве основных показателей, определяющих рыбопродуктивность водного объекта, выбраны морфологические, гидролого-гидрохимические, гидробиологические и антропогенные характеристики (табл. 1).

Для классификационных показателей внутри каждого фактора устанавливается свой коэффициент его значимости (K_z). Величина последнего определена в зависимости от линейного коэффициента корреляции между экологическими составляющими прогноза и выловом рыбы. В каждом конкретном случае водоем оценивается по наибольшей сумме баллов, которая определяется суммой произведений конкретного балла показателя фактора на коэффициент его значимости.

Зависимость «потенциальная рыбопродуктивность — сумма баллов шкалы оценки» описывается уравнением линейной регрессии, который для озер имеет вид (2):

$$Y = -9,147 + 0,356X \quad (r = 0,999; Se = 0,338), \quad (2)$$

где: X — сумма баллов шкалы оценки;

Y — потенциальная рыбопродуктивность.

При увеличении показателя шкалы оценки на 1 балл потенциальная рыбопродуктивность озер в среднем возрастает на 0,356 кг/га.

Таблица 1

Table 1

Шкала комплексной оценки озер Алтайского края
The scale of comprehensive assessment of the lakes of the Altai Territory

Классификационные факторы	Показатель	Баллы										Коэффициент значимости
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Морфологические	Площадь озера, га	100	200	500	700	1000	1500	2000	2500	2800	3000	2
	Средняя глубина, м	0,8	1,0	1,2	1,5	1,7	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3
	Максимальная глубина, м	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	3
Гидролого-гидрохимические	Амплитуда колебаний уровня, м	3,0	2,7	2,5	2,2	2,0	1,7	1,5	1,2	1,0	0,8	3
	Сумма температур, град./дней	2000	2200	2300	2400	2500	2600	2700	2800	2900	3000	2
	Минерализация, г/л	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	1
Гидробиологические	Биомасса зоопланктона, г/м ³	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	7,0	10,0	15,0	20,0	2
	Биомасса зообентоса, г/м ²	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	7,0	10,0	15,0	20,0	3
	Зарастаемость, %	80	70	60	50	45	40	35	30	25	20	2
Антропогенные	Средний улов, т	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	4
	Распаханность водосбора, %	85	75	70	65	60	55	50	45	40	30	2
	Часть забираемого стока, %	20	15	12	10	8	6	4	2	1	–	1
Сумма набранных баллов		28–55	56–83	84–111	112–139	140–167	168–195	196–223	224–251	252–280		
Потенциальная рыбопродуктивность, кг/га		1–10	11–20	21–30	31–40	41–50	51–60	61–70	71–80	81–90		

Произведение потенциальной рыбопродуктивности на площадь озера позволяет ориентировочно оценить промысловый запас рыб в конкретном водоеме. Промысловый запас дифференцируется по видам рыб с учетом видового состава ихтиофауны водоема (в %), определенного по данным контрольных уловов или литературным данным. Величина рекомендованного вылова (РВ) принимается в объеме 50% от промыслового запаса для короткоцикловых рыб (а также видов, характеризующихся затянутыми темпами роста) и 25% — для видов со средней продолжительностью жизни [10].

Для расчета численности улавливаемой части популяции речных раков использована следующая формула (3):

$$N_{\text{улавл.}} = \frac{Y \times S_{\text{пол.}}}{S_l \times K_{\text{улов}}}, \quad (3)$$

где: $N_{\text{улавл.}}$ — численность улавливаемой части популяции раков, экз.;

Y — средний улов на одно промысловое усилие, экз./раколовка*час;

$S_{\text{пол.}}$ — полезная площадь для обитания раков, устанавливаемая с учетом площади распространения плотных грунтов, закоряженности прибрежной полосы, глубины распространения зарослей подводной растительности, других благоприятных для раков абиотических факторов, наиболее значимым из которых является содержание растворенного в воде кислорода;

S_l — площадь облова орудия лова; по литературным данным раки за сутки совершают миграции до 25 м [13], при этом поиск пищи осуществляется на расстоянии преимущественно 1–3 м от укрытия, таким образом, площадь облова раколовки рассчитана как круг радиусом 3,0 м и составляет 28,26 м²;

$K_{\text{улов.}}$ — коэффициент уловистости — показатель части популяции раков, обитающей в водоеме, которая может улавливаться активными или пассивными орудиями лова; коэффициент уловистости стандартных раколовок для промысловых водоемов колеблется от 0,1 до 0,7. В среднем для озер он принят равным 0,504 [12].

Величина промыслового изъятия рака из водоема не должна превышать величину естественного прироста популяции и величину естественной смертности. Поэтому объем рекомендованного вылова составляет не более 40,0% от промыслового запаса [12].

Сбор биологического материала на озере Мостовое осуществлялся в летний период 2020 года, для вылова речного рака использовали круглые раколовки закрытого типа диаметром 1,0 м с одним входным отверстием сверху в количестве 10 штук, установленные в различных частях водоема. В качестве приманки использована освежаванная рыба.

Результаты

Ихтиофауна озера Мостовое включает шесть видов, в отношении которых осуществляется промышленное рыболовство: обыкновенная щука *Esox lucius* (Linnaeus, 1758), плотва *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758), серебряный карась *Carassius auratus* Linnaeus, 1758, речной окунь *Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758; сазан (капр) *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 и обыкновенный судак *Sander lucioperca* Linnaeus, 1758.

Основу промыслового стада, по данным промысловой статистики за 10-летний период, в структуре ихтиоценоза озера Мостовое занимает плотва (48,9%), на втором месте — окунь (24,2%), на третьем — карась (10,2%). Общая доля хищников (щуки и судака) значительна и составляет 12,8%, а доля ценного бентофага сазана — менее 1%. Обилие хищных видов рыб в структуре ихтиофауны обусловлено ориентированием промысла на вылов крупных экземпляров рыб. В результате чего в водоеме присутствует большое количество мелкоразмерных плотвы и окуня, которые и представляют преимущественную кормовую базу как для судака, так и для щуки (рис. 2).

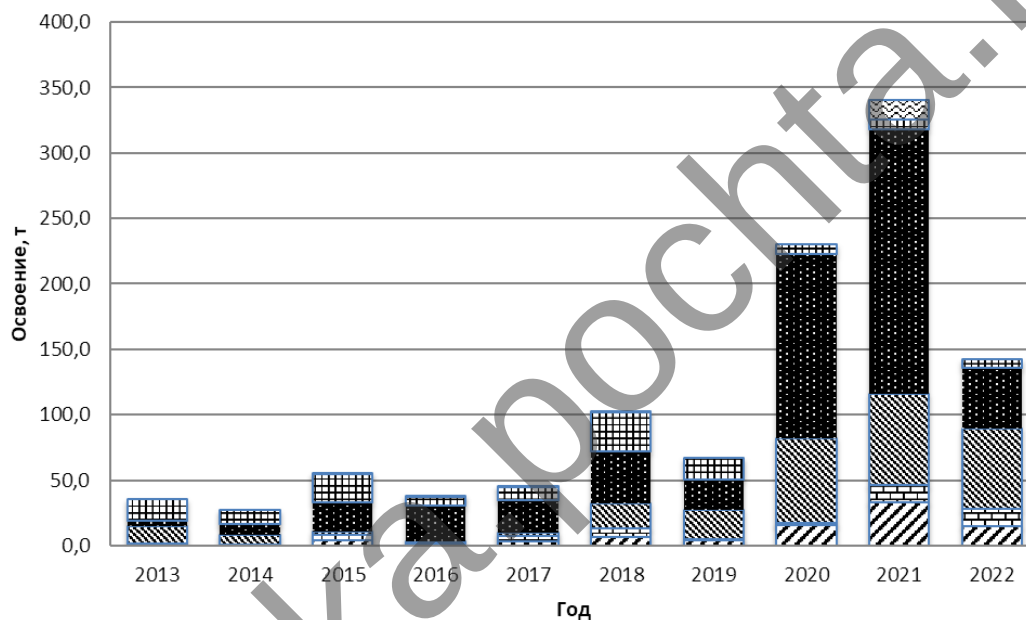


Рис. 2. Динамика уловов рыбы в озере Мостовое

Fig. 2. Dynamics of fish catches in Mostovoe Lake

Плотва. Линейный и весовой рост подвержен значительным вариациям в зависимости от гидрологического режима и состояния кормовой базы водоема. Эврифаг: по частоте встречаемости в пище преобладают макрофиты, личинки хирономид и ручейников. Нерест единовременный, проходит в мае при температуре воды 8,0–13,0 °С. Нерестовые миграции выражены слабо и направлены в устьевые участки впадающих ручьев. Половой зрелости достигает в трех- или четырехлетнем возрасте. Плодовитость колеблется от 2,0 до 10,0 тыс. икринок.

В хозяйственном значении плотва является востребованным промысловым видом в Алтайском крае, при сохранении благоприятных условий способна оставаться доминирующим видом в озере Мостовое. Объект любительского и спортивного лова. В промысловых уловах вид в основном представлен особями пяти-шестилетнего возраста (табл. 2).

Речной окунь. Линейный и весовой рост подвержен значительным вариациям в зависимости от гидрологического режима и состояния кормовой базы водоема. Половой зрелости достигает в возрасте 3+ — 4+ лет, нерест проходит в конце мая — начале июня при температуре воды 8,0–10,0 °С. Плодовитость в среднем составляет 23,0 тыс. икринок. Объект любительского и спортивного лова.

Таблица 2

**Размерно-возрастная характеристика плотвы
в контрольных уловах из озера Мостовое, 2020 год (n = 83)**

Table 2

**Size and age characteristics of roach
in test catches from Mostovoe Lake, 2020 (n = 83)**

Возраст	Промысловая длина, мм		Cv, %	Масса, г		Cv, %	Возрастные группы, %
	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	lim		$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	lim		
1+	145±7,9	130–175	10,8	67,0±12,8	46–116	38,4	6,0
2+	161±6,4	145–190	8,8	91,8±8,7	62–126	21,2	7,2
3+	226±6,4	199–249	6,9	274,1±24,8	174–356	22,2	8,5
4+	230±3,3	205–255	5,8	290,2±18,6	174–420	25,6	20,5
5+	245±2,0	218–277	5,3	340,9±9,6	217–486	18,3	51,8
6+	253±6,6	230–270	5,2	380,0±27,1	289–455	14,3	6,0

В промысловых уловах в основном представлен особями двух-трехлетнего возраста, имеющими низкие весовые и линейные характеристики. В промысловых уловах преобладают особи трех и четырех лет (2+, 3+) (табл. 3).

Следует отметить, что, помимо неэффективного использования кормовой базы водоема, популяция окуня высокой плотности не позволяет проводить какие-либо рыболовные мероприятия, направленные на увеличение рыбопродуктивности озера Мостовое.

Таблица 3

**Размерно-возрастная характеристика речного окуня
в контрольных уловах из озера Мостовое, 2020 год (n = 30)**

Table 3

**Size and age characteristics of river perch
in test catches from Mostovoe Lake, 2020**

Возраст	Промысловая длина, мм		Cv, %	Масса, г		Cv, %	Возрастные группы, %
	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	lim		$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	lim		
1+	149±1,8	145–155	2,5	60,2±2,3	56–69	7,8	16,7
2+	153±5,9	120–195	13,3	66,2±7,7	30–130	40,5	43,3
3+	217±10,0	190–278	13,1	213,7±42,4	110–471	56,1	30,0
4+	210	–	–	177,0	–	–	3,3
5+	256±6,0	250–262	2,3	382,5±30,5	352–413	7,9	6,7

Серебряный карась. Карась в озере достигает длины тела 40,0 см и массы 2,5 кг, продолжительность жизни не превышает 9–10 лет. Основу промысла обычно составляют особи в возрасте от 4 до 7 лет (70–95%). В питании преобладают личинки хирономид, моллюски, ракообразные, водоросли; с возрастом характерны снижение потребления зоопланктона и увеличение доли растительной пищи и детрита. Половой зрелости достигает в трехлетнем возрасте при длине тела от 10 до 18 см и массе от 40 до 170 г. Нерест порционный, проходит в мае-июне при температуре воды 12,0–16,0 °C; икра откладывается на прошлогоднюю или вегетирующую растительность. Плодовитость не превышает 20–40 тыс. икринок. Является одним из основных промысловых видов озера Мостовое. Объект любительского и спортивного лова. В уловах преобладают особи в возрасте 4+ — 5+.

Обыкновенная щука широко распространена в озере, но немногочисленна. В промысловых уловах встречается в возрасте от 1+ до 5+. Половой зрелости

сти достигает в возрасте трех-четырех лет при длине тела 35,0–40,0 см и массе 0,5–0,8 кг. Самцы частично созревают на год раньше самок при длине тела 20,0–25,0 см. Нерест щуки приходится на вторую декаду апреля, то есть до наступления срока весеннего охранного режима, и значительная часть производителей изымается, что негативно сказывается на ее численности. Промысловая рыба, но в основном осваивается рыбаками-любителями.

Обыкновенный судак акклиматизирован в озере Мостовое в конце 1980-х годов. В последующие годы были произведены повторные посадки судака в озеро. В промысловых уловах встречаются особи в возрасте до восьми лет, однако встречаемость возрастных групп старше шести лет исключительно редкая (1,3%). Основу промыслового стада судака составляют экземпляры в возрасте трех лет с длиной тела 34,0 см и массой 1400 г. Половой зрелости самцы судака достигают в трехлетнем возрасте, самки — на год позже. Соотношение полов в нагульных скоплениях близко к 1:1, на нерестилищах самцы по численности несколько преобладают над самками. После перехода на хищничество в годовалом возрасте существенных возрастных изменений в спектре питания не отмечается, с возрастом судаку становится доступнее более крупная добыча. Доминирующей пищей у судака в озере Мостовое в течение всего года служит окунь и в меньшей степени — плотва. Судак ценная промысловая рыба и изымается как при промышленном лове, так и рыбаками-любителями.

Сазан (капн), как и судак, акклиматизирован в озере Мостовое в конце 1980-х годов. В последующие годы были произведены повторные посадки данного вида в озеро. В промысловых уловах последних лет встречаются единичные особи 4+ — 5+ лет со средней промысловой длиной 300–350 мм и массой 1–2 кг.

На озере Мостовое в августе 2020 года проводилась ихтиологическая съемка близнецовыми неводами. Площадь раскрытия невода составляла 18 м, скорость траления — 5 км/ч, время траления (притонения) — 3 часа. Площадь облавливаемого участка составляла 27 га.

Улов за весь период траления составил 3,37 т. Площадь озера Мостовое — 3730 га. Таким образом, общий промысловый запас рыб в озере Мостовое, рассчитанный по формуле (1), составляет 705,4 т.

С учетом видового состава уловов ихтиологической съемки близнецовым неводом рассчитаны промысловый запас и рекомендуемый вылов по каждому виду рыб в озере Мостовое (табл. 4).

Таблица 4

Расчет рекомендованного вылова рыбы в озере Мостовое по данным неводных съемок 2020 года

Table 4

Calculation of the recommended fish catch in Mostovoe Lake based on seine survey data

Площадь озера (га) — 3730		Площадь облова (га) — 27		Коэффициент уловистости — 0,66	
Виды ВБР	Улов за траление (август-2020), т	Биомасса, кг/га	Промысловый запас, т	РВ	
				коэффициент вылова, %	т
Плотва	3,00	168,33	627,9	50	314,0
Карась	0,02	1,12	4,2	50	2,1
Окунь	0,05	2,82	10,5	50	5,2
Судак	0,30	16,84	62,8	25	15,7
Всего	3,37	189,11	705,4		337,0

Представленный расчетный вариант оценки промыслового запаса и РВ требует корректировки, так как в контрольном улове траловой съемки отсутствовали щука и сазан, но встречались в сетных орудиях лова. Величина рекомендованного вылова этих видов может быть взята на уровне 2019 года по озеру Мостовое и составлять: щука — 18,0 т, сазан — 1,0 т. Перераспределение РВ за счет сокращения вылова плотвы дает следующие результаты: плотва — 296,0 т, карась — 2,1 т, окунь — 5,2 т, судак — 15,7 т, щука — 18,0 т, сазан — 1,0 т, всего — 337,0 т.

При изучении популяции **речного рака** в озерах Алтайского края нами было установлено, что объект исследования относится к виду длиннопалый рак *Pontastacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823) [9; 14; 15].

Сравнительный анализ популяционных характеристик речного рака в озере Мостовое с материалами прошлых лет показал, что к 2021 году размерно-массовые показатели раков имеют тенденцию к увеличению, а соотношение полов приближается к равновесному (табл. 5). В связи с этим можно сделать вывод, что популяция речного рака в озере Мостовое полностью восстановилась после резкого сокращения численности в 2014–2015 годах, вызванного распространением рачьей чумы на основных промысловых озерах Алтайского края (по данным КГБУ «УВ ГВС Алтайского края») [2].

Таблица 5

**Динамика основных характеристик популяции речного рака
в озере Мостовое, 2007–2021 годы**

Table 5

**Dynamics of the main characteristics of the crayfish population
in Lake Mostovoye, 2007–2021**

Год	Масса, г		Длина, мм		Соотношение, %	
	самцы	самки	самцы	самки	самцы	самки
2007	$80,0 \pm 10,7^*$ 13,39	$61,1 \pm 2,9$ 5,53	$133,0 \pm 6,2$ 4,67	$131,1 \pm 1,9$ 1,53	55,9	44,1
2008	$64,3 \pm 5,8$ 9,09	$53,5 \pm 3,4$ 5,35	$124,5 \pm 3,4$ 2,73	$129,1 \pm 2,9$ 2,26	61,2	38,8
2009	$60,5 \pm 5,0$ 8,24	$50,9 \pm 5,9$ 11,57	$123,9 \pm 2,9$ 2,33	$122,3 \pm 5,5$ 4,48	65,6	34,4
2010	$69,5 \pm 4,9$ 7,10	$46,6 \pm 2,8$ 5,96	$127,8 \pm 2,3$ 1,80	$120,0 \pm 2,1$ 1,78	65,3	34,7
2011	$69,9 \pm 1,6$ 2,28	$53,8 \pm 0,8$ 1,57	$129,7 \pm 0,8$ 0,62	$126,6 \pm 0,7$ 0,52	59,9	40,1
2012	$72,9 \pm 2,1$ 3,17	$53,3 \pm 1,9$ 2,03	$131,2 \pm 2,7$ 0,58	$128,6 \pm 3,5$ 0,61	74,5	25,5
2013	$55,5 \pm 3,9$ 4,44	$41,6 \pm 1,6$ 3,12	$136,1 \pm 1,8$ 0,54	$119,2 \pm 2,0$ 0,41	66,7	33,3
2014	$69,4 \pm 3,2$ 5,37	$43,3 \pm 2,7$ 3,88	$127,0 \pm 2,0$ 0,60	$122,3 \pm 2,1$ 0,47	62,9	37,1
2015	$68,4 \pm 2,8$ 3,27	$57,6 \pm 3,1$ 3,47	$128,5 \pm 3,2$ 0,74	$124,3 \pm 2,8$ 0,54	58,4	41,6
2018	$62,4 \pm 5,2$ 4,71	$52,3 \pm 6,4$ 5,68	$124,1 \pm 3,1$ 1,15	$121,8 \pm 4,1$ 2,18	63,3	36,7
2021	$77,6 \pm 4,1$ 5,26	$62,0 \pm 3,3$ 5,24	$131,5 \pm 2,4$ 1,84	$132,0 \pm 2,5$ 1,91	58,0	42,0

Примечание: * над чертой — $\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$, под чертой — S_v , %.

Официальная статистика по вылову речного рака в озере Мостовое за период с 2010-го по 2021 год, предоставленная Отделом государственного контроля, надзора и охраны водных биоресурсов и среды их обитания по Алтайскому краю и Республике Алтай Верхне-Обского территориального управления Росрыболовства, носит дискретный характер и отражает степень готовности пользователей к промыслу данного биоресурса в последние годы, а не показатели запаса раков. Вылов раков в водоеме колебался от 1,75 т (2019 год) до 107,2 т (2013 год); в 2017–2018 годах промысел был запрещен и не проводился (рис. 3).

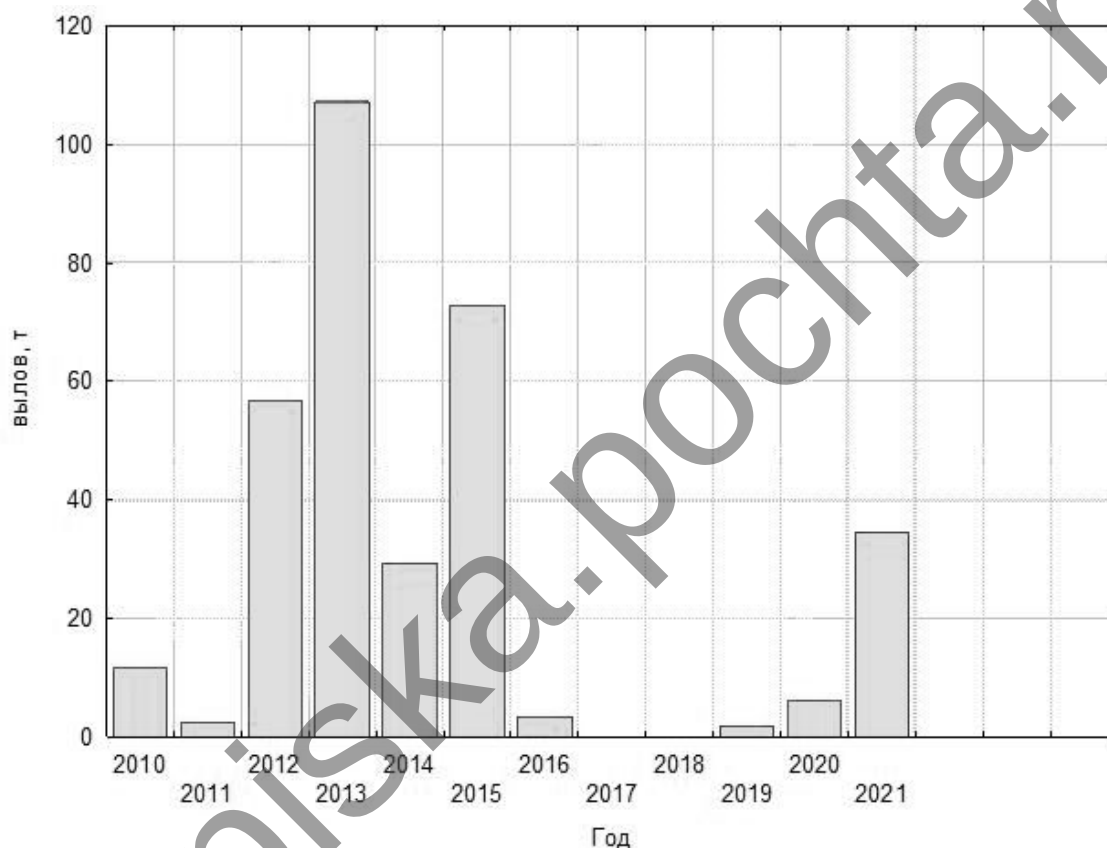


Рис. 3. Динамика уловов речного рака в озере Мостовое
Fig. 3. Dynamics of crayfish catches in Lake Mostovoe

В летний период 2021 года на озере Мостовое было в среднем выловлено по 143 экз. рака за сутки. Вылов по станциям (с одной пары раколовков) колебался от 21 до 37 экз. Средний улов на усилие составлял 0,596 экз. раков в час. Средняя масса раков рассчитана исходя из средней массы для каждого пола в отношении к общей численности улова и составила 71,1 г.

Численность промыслового запаса речного рака, определенная из формулы (2), составила 1565 тыс. экз., а годовая биомасса с учетом средней навески в уловах — 111,2 т. Величина рекомендованного изъятия раков от общей биомассы для озера Мостовое принята равной 40,0% и составляет 44,5 т.

Обсуждение

Сумма набранных баллов по шкале комплексной оценки для озера Мостовое составляет 172, что соответствует потенциальной рыбопродуктивности — 53,4 кг/га (см. табл. 1). Рекомендованный вылов рыбы по водоему — 337 т, или 89,9 кг/га (см.

табл. 3). Можно констатировать биологический перелом в результате чрезмерной интенсификации промысла — в 2021 году уловы достигли 340 т (см. рис. 2). За период 2020–2023 годов за счет резкого увеличения численности крупных хищников в ихтиофауне озера Мостовое наблюдается значительное снижение доли массовых видов рыб. По состоянию на начало 2020-х годов доля хищных видов рыб, таких как судак, щука и окунь, по биомассе составила около трети всего промыслового запаса рыб в водоеме. Данная структура ихтиофауны не характерна для озера и в скором времени без проведения рыбохозяйственных мероприятий приведет к ее естественной деградации и снижению рыбопродуктивности.

Оценка величины промыслового запаса и рекомендованного вылова по методу площадей для такого крупного водоема, как Мостовое, характеризуется значительной погрешностью: необходимо увеличивать или число станций контрольных обловов, или сроки траления близнецовыми неводами в течение года. Рекомендуется провести оценку запаса и РВ методом виртуального популяционного анализа (VPA) с учетом многолетней динамики вылова, изменений размерно-возрастной структуры популяций рыб и средней навески в уловах, показателей абсолютной и популяционной плодовитости.

Заключение

Определенный эффект для стабилизации структуры ихтиоценоза водоема может внести рыбохозяйственная мелиорация: вселение растительноядных рыб — белого амура (*Ctenopharyngodon idella*) и белого толстолобика (*Hypophthalmichthys molitrix*) для более полного использования кормовой базы озера — фитопланктона и макрофитов. Необходимо продолжать мониторинговые исследования за зимним кислородным режимом озера Мостовое; в случае угрозы заморных явлений использовать потокообразователи и аэраторы.

Низкий показатель освоения биоресурса речного рака с 2014 года обусловлен вспышкой рачьей чумы и последующим восстановлением популяций речного рака, а также содействием промысловиков увеличению численности раков путем ограничения промысла в 2017–2018 годах. Колебания вылова до 2014 года связаны с нестабильностью спроса на данный биоресурс на внутреннем рынке и интенсификацией импорта из Республики Казахстан.

Библиографический список

1. Алекин, О.А. Основы гидрохимии / А.О. Алекин. — Л.: Гидрометеиздат, 1970. — 443 с.
2. Белорусцева, С.А. Динамика промысла и популяционных характеристик раков в озере Мостовое Алтайского края / С.А. Белорусцева, А.Ю. Лукерин // Рыбное хозяйство. — 2023. — № 4. — С. 49–52. — DOI: 10.37663/0131-6184-2023-4.
3. Васильева, Л.А. Статистические методы в биологии: учеб. пособие к курсу лекций «Биометрия» / Л.А. Васильева. — Новосибирск, 2004. — 128 с.
4. Веснина, Л.В. Состояние зоопланктона и зообентоса в водных объектах Алтайского края в разнотипных ландшафтных зонах / Л.В. Веснина, Д.А. Сурков, Я.С. Пяткова, Н.Н. Ершов // Вестник рыбохозяйственной науки. — 2015. — Т. 2, № 4 (8). — С. 71–85.
5. Журавлев, В.Б. К методике определения потенциальной продуктивности карасевых озер / В.Б. Журавлев // Рыбное хозяйство. — 1989. — № 2. — С. 54–57.
6. Журавлев, В.Б. Рыбопродуктивность разнотипных водоемов бассейна Верхней Оби / В.Б. Журавлев, Г.В. Кухаренко, Д.А. Сурков, И.Ю. Теряева // 65-я Международная на-

учная конференция АГТУ: материалы конференции (Астрахань, 26–30 апреля 2021 года). — Астрахань: АГТУ, 2021. — С. 893–896.

7. Лакин, Г.Ф. Биометрия. — 4-е изд., перераб. и доп. / Г.Ф. Лакин. — М.: Высш. шк., 1990. — 352 с.

8. Лапицкий, И.И. Направленное формирование ихтиофауны и управление численностью популяций рыб в Цимлянском водохранилище / И.И. Лапицкий // Тр. Волгоград. отд. ГосНИОРХ. — 1970. — Т. 4. — С. 12–53.

9. Лукерин, А.Ю. Характеристика популяции речного рака в озере Мостовое Алтайского края и среды ее обитания / А.Ю. Лукерин // Фундаментальные исследования. — 2014. — № 12–11. — С. 2361–2365. — EDN TJH0R.

10. Никольский, Г.В. Теория динамики стада рыб как биологическая основа рациональной эксплуатации и воспроизводства рыбных ресурсов / Г.В. Никольский. — М., 1974. — 375 с.

11. Правдин, И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных) / И.Ф. Правдин. — М.: Пищевая промышленность, 1966. — 376 с.

12. Рекомендации по оценке возможности использования водоемов для промысла и разведения речных раков. — СПб.: ГосНИОРХ, 2002. — 31 с.

13. Цукерзис, Я.М. Речные раки / Я.М. Цукерзис. — Вильнюс: Мокслас, 1989. — 143 с.

14. Holdich, D.M. Identifying crayfish in British waters // Crayfish Conservation in the British Isles: proceedings of a conference held on 25th March 2009. — 2009. — P. 147–164.

15. Karimpour, M. Status of freshwater crayfish (*Astacus leptodactylus*) in Iran / M. Karimpour, M.M. Harlioglu, Ö. Aksu // Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems. — 2011. — Vol. 401. — DOI: 10.1051/kmae/2011032.

References

1. Alekin, O.A. Fundamentals of Aquatic Chemistry. Gidrometeoizdat, Leningrad, 1970. 442 p. (in Russian).

2. Belorustseva, S.A., Belorustseva, S.A., Lukerin, A.Yu. Dynamics of fishing and population characteristics of crayfish in lake Mostovoye of the Altai territory. *Fisheries*, 2023, no. 4, pp. 49–50. DOI: 10.37663/0131-6184-2023-4 (in Russian).

3. Vasil'yeva, L.A. Statistical methods in biology. Novosibirsk, 2004. 128 p. (in Russian).

4. Vesnina, L.V., Surkov, D.A., Pyatkova, Ya.S., Yershov, N.N. The state of zooplankton and zoobenthos in the water bodies of the Altai territory in different types of landscape zones. *Vestnik rybnokhozyaystvennoy nauki*, 2015, vol. 2, no. 4 (8), pp. 71–85 (in Russian).

5. Zhuravlev, V.B. On the methodology for determining the potential productivity of karasev lakes. *Fisheries*, 1989, no. 2, pp. 54–57 (in Russian).

6. Zhuravlev, V.B., Kukharensko, G.V., Surkov, D.A., Teryayeva, I.Yu. Fish productivity of different types of reservoirs in the Upper Ob basin. In: *The 65th International Scientific Conference of ASTU: conference materials (Astrakhan, 26–30/04/2021)*. ASTU, Astrakhan, 2021, pp. 893–896 (in Russian).

7. Lakin, G.F. Biometrics. Vyssh. shk., Moscow, 1990. 352 p. (in Russian).

8. Lapitskiy, I.I. Directed formation of ichthyofauna and management of fish populations in the Tsimlyansk reservoir. *Tr. Volgograd. отд. GosNIORKH*, 1970, vol. 4, pp. 12–53 (in Russian).

9. Lukerin, A.Yu. The characteristic of population of the crawfish in the Mostovoe lake of Altai territory and the environment of its dwelling. *Fundamental research*, 2014, no. 12–11, pp. 2361–2365 (in Russian).

10. Nikol'skiy, G.V. Theory of fish population dynamics: as the biological background for rational exploitation and management of fishery resources. Edinburg, 1969. 348 p.

11. Pravdin, I.F. Guidelines for the study of fish (mainly freshwater). *Pishchevaya promyshlennost'*, Moscow, 1966. 376 p. (in Russian).

12. Recommendations for assessing the possibility of using reservoirs for fishing and breeding river crayfish. GosNIORKH, Saint Petersburg, 2002. 31 p. (in Russian).

13. Cukerzis, J. River crayfish. Makslas, Vil'nyus, 1989. 143 p. (in Russian).
14. Holdich, D.M. Identifying crayfish in British waters. In: *Crayfish Conservation in the British Isles: proceedings of a conference held on 25th March 2009 in Leeds*. UK., 2009, pp. 147–164.
15. Karimpour, M., Harliog'lu, M.M., Aksu, Ö. Status of freshwater crayfish (*Astacus leptodactylus*) in Iran. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 2011, vol. 401. DOI: 10.1051/kmae/2011032.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Работа выполнена в рамках тем государственного задания и хоздоговорных тематик Алтайского филиала ФГБНУ «ВНИРО» (АлтайНИРО).

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Financing. This study was carried out as part of State Task of AltaiNIRO.

Сведения об авторах

Валерий Борисович Журавлев — д-р биол. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет». Россия, 656049, Алтайский край, г. Барнаул, пр-т Ленина, д. 61. E-mail: vzhur08@mail.ru. ORCID: 0000-0003-0978-3673. SPIN: 1194-1533.

Алексей Юрьевич Лукерин — главный специалист, Алтайский филиал ФГБНУ «ВНИРО» (АлтайНИРО). Россия, 656056, г. Барнаул, пл. Баварина, д. 2, оф. 502–513. E-mail: lukerin@altai.vniro.ru. ORCID: 0000-0001-7002-7696. SPIN: 5066-0906

Георгий Анатольевич Романенко — старший специалист, Алтайский филиал ФГБНУ «ВНИРО» (АлтайНИРО). Россия, 656056, г. Барнаул, пл. Баварина, д. 2, оф. 502–513. E-mail: g.romanenko@altai.vniro.ru. ORCID: 0009-0007-9998-081X. SPIN: 4142-6074

Ирина Юрьевна Теряева — главный специалист, Алтайский филиал ФГБНУ «ВНИРО» (АлтайНИРО). Россия, 656056, г. Барнаул, пл. Баварина, д. 2, оф. 502–513. E-mail: teriaeva@altai.vniro.ru. ORCID: 0000-0002-9450-3981. SPIN: 8606-7662

Владимир Иванович Щербakov — руководитель, Алтайский филиал ФГБНУ «ВНИРО» (АлтайНИРО). Россия, 656056, г. Барнаул, пл. Баварина, д. 2, оф. 502–513. E-mail: altainiro@vniro.ru. ORCID: 0000-0001-7985-6837. SPIN: 5645-0520

Information about the authors

Valery Borisovich Zhuravlev — Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, FSBEI HE "Altai State University". Russia, 656049, Altai Krai, Barnaul, Lenin Avenue, Building 61. E-mail: vzhur08@mail.ru. ORCID: 0000-0003-0978-3673. SPIN: 1194-1533.

Alexey Yuryevich Lukerin — Chief Specialist, Altai branch of the VNIRO (AltaiNIRO). Russia, 656056, Barnaul, Bavarina Square, Building 2, Office 502–513. E-mail: lukerin@altai.vniro.ru. ORCID: 0000-0001-7002-7696. SPIN: 5066-0906

Georgy Anatolyevich Romanenko — Senior Specialist, Altai branch of the VNIRO (AltaiNIRO). Russia, 656056, Barnaul, Bavarina sq., 2, office 502–513. E-mail: g.romanenko@altai.vniro.ru. ORCID: 0009-0007-9998-081X. SPIN: 4142-6074

Irina Yuryevna Teryaeva — Chief Specialist, Altai branch of the VNIRO (AltaiNIRO). Russia, 656056, Barnaul, Bavarina Square, Building 2, Office 502–513. E-mail: teriaeva@altai.vniro.ru. ORCID: 0000-0002-9450-3981. SPIN: 8606-7662

Vladimir Ivanovich Shcherbakov — Head, Altai branch of the VNIRO (AltaiNIRO). Russia, 656056, Barnaul, Bavarina Square, Building 2, Office 502–513. E-mail: altainiro@vniro.ru. ORCID: 0000-0001-7985-6837. SPIN: 5645-0520

Дата поступления: 15.07.2024.

Дата принятия: 02.08.2024.

DOI 10.33920/sel-09-2410-02
УДК 639.3:577.27

ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА НОВОГО ТРЕХПОРОДНОГО КРОССА КАРПА

Г.И. Пронина, С.К. Моргулев, О.В. Алимкина

РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, Россия, Москва

E-mail: gidrobiont4@yandex.ru

Аннотация. В статье представлены данные о физиолого-биохимической оценке нового трехпородного кросса карпа. В основу создания кросса легли теория гетерозиса и высокая комбинационная способность обеих родительских форм. Отмечен эффект гетерозиса по ряду показателей: массе тела, индексу головы, числу тычинок на передней жаберной дуге. Приведены результаты сравнительного анализа биохимических показателей, таких как активность аланинаминотрансферазы, содержание глюкозы и общего белка, что позволило вынести заключение о физиологическом состоянии нового трехпородного кросса, сбалансированности его углеводного обмена и высоких темпах белкового метаболизма, низком уровне разрушения гепатоцитов, высоком иммунном статусе и клеточном иммунитете. Новый кросс характеризуется интенсивным метаболизмом, большей долей зрелых нейтрофилов и высоким уровнем клеточного иммунитета по цитохимическому коэффициенту лизосомального катионного белка. При этом учитывались высокая однородность пород и стабильность отличительных признаков, а также генетические различия. При получении нового трехпородного кросса использовались метод реципрокной гибридизации разных пород карпа и выбор приемлемого варианта с ярко выраженным эффектом гетерозиса по показателям продуктивности и жизнестойкости. В статье представлены результаты иммунологического, гематологического и биохимического исследований крови нового кросса. Также в статье продемонстрированы результаты исследований фагоцитарной активности нейтрофилов и определено содержание неферментного катионного белка в них же. По результатам биохимической оценки, новый трехпородный кросс показал высокое комбинационное сочетание его родительских форм с предполагаемым уровнем эффекта гетерозиса.

Ключевые слова: гетерозис; карп; трехпородный кросс; аквакультура; гематологические, цитохимические, биохимические показатели.

PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL ASSESSMENT OF A NEW THREE-BREED CARP CROSS

G.I. Pronina, S.K. Morgulev, O.V. Alimkina

RSAU-MTAA named after K.A. Timiryazev, Russia, Moscow

E-mail: gidrobiont4@yandex.ru

Abstract. The article presents data about the physiological and biochemical assessment of a new three-breed carp cross. The basis for the creation of the cross was the theory of heterosis and the high combinational ability of both parent forms. The effect of heterosis was noted for a number of zootechnical indicators: body weight, head index, number of stamens on the anterior gill arch. The results of a comparative analysis of biochemical parameters such as alanine aminotransferase activity, glucose and total protein content are presented, which allowed us to conclude about the physiological state of the new three-breed cross, about the balance of its carbohydrate metabolism and high rates of protein metabolism, low level of hepatocyte destruction, high immune status and cellular immunity. The new cross is characterized by intensive metabolism of a greater proportion of mature neutrophils and a high level of cellular immunity according to the cytochemical coefficient of lysosomal cationic protein. When obtaining a new three-breed cross, the method of reciprocal hybridization of different carp breeds was used and the choice of an acceptable option with a pronounced effect of heterosis in terms of productivity and vitality was used. The article presents the results of immunological, hematological and biochemical blood tests of the new cross. Also, the article demonstrates the results of studies of the phagocytic activity of neutrophils and determines the content of non-enzymatic cationic protein in them. According to the results of the biochemical assessment, the new three-breed cross showed a high combination of its parent forms with the expected level of the heterosis effect.

Keywords: heterosis; carp; three-breed cross; aquaculture; hematological, cytochemical, biochemical parameters.

Введение

Скрещивание используется для повышения продуктивности рыб благодаря эффекту гетерозиса [6; 17]. Гибриды поколения F_1 часто характеризуются гибридной энергией (преимущество гетерозиса возникает, когда признаки являются аддитивными). Главная задача селекции при получении товарных гибридов (кроссов) состоит в оценке комбинационной способности, то есть в выявлении наиболее удачных сочетаний родительских пар [5].

Явление гетерозиса возможно благодаря инбридингу при чистопородном разведении. В результате инбридинга у животных происходят значительные изменения физиологических систем, связанные с переходом генов в гомозиготное состояние [13].

Превосходство гибридов над родителями при положительном эффекте гетерозиса выражается в высоких показателях роста, лучшей выживаемости, большей резистентности к окружающей среде, высокой иммунной устойчивости [12; 16].

Было обнаружено, что у гибридов рыб первого поколения высокая экспрессия генов, участвующих в кальциевом сигнальном пути в мышцах. Показано, что это способствует гетерозису роста у карповых гибридов [11; 18].

В последние годы все большее значение приобретает гипотеза сверхдоминирования, которая объясняет возникновение гетерозиса за счет стимулирующего влияния гетерозиготности [9]. Скрещивание приводит к усилению метаболических процессов у гибридных особей рыб, то есть проявление гетерозиса происходит за счет обогащения биохимических процессов в клетках и тканях гибридного организма [3].

Физиолого-биохимические процессы обусловлены катализирующей способностью ферментов. Поэтому представляется закономерным стремление ряда исследователей связать гетерозис с катализирующей способностью ферментов, а интенсификацию физиолого-биохимических процессов объяснить повышенной активностью ферментов. Ферменты реализуют генетическую информацию клетки. Часто они образуют так называемую полиферментную (мультиферментную) систему, когда продукт одной ферментативной реакции служит субстратом для другой. Примерами таких систем служат гликолиз, цепь ферментов, ответственных за перенос электронов при фотосинтезе и дыхании, цикл Кребса и др. [10; 20].

Для установления уровня гетерозиса представляется важным проведение сравнительной оценки полученного гибрида с родительскими формами [1]. Такая оценка не представляется возможной без изучения биохимических показателей и, соответственно, более глубокого понимания влияния скрещивания на организм.

Установлено, что у кроссированных годовиков карпа в процессе роста активизируются ферменты: щелочная фосфатаза (ЩФ), лактатдегидрогеназа (ЛДГ), панкреатическая амилаза (ПА), гаммаглутаминовая транспептидаза (ГГТ), мочевиная кислота [4].

Так, например, кросс «Волжский», реципрочный гибрид южного зонального типа чувашского чешуйчатого карпа и волжского рамчатого карпа, отличается проявлением эффекта гетерозиса по скорости роста и интенсивному белковому метаболизму, характеризующегося высоким уровнем АЛТ, общего белка и альбуминов [8].

Говоря обобщенно, основываясь на показателях обмена веществ, гибриды карпов имеют существенные различия по сравнению с чистопородными родительскими формами как по системам адаптации, так и по их реакции на новые условия среды, такие как качество пищи или температура воды. Циклические нуклеотиды, триглицериды, глюконеогенез и нуклеиновые кислоты являются основным звеном в характеристике обмена веществ полученного нового генотипа, что в совокупности дает необходимые основания считать проявление гетерозиса результатом обогащения биохимических процессов в клетках и тканях организма [2].

Однако, несмотря на преимущества, возникающие у гибридов F_1 , последующие поколения демонстрируют сниженную приспособленность в связи с переходом генов по причине генетической несовместимости [15; 19]. Генетическая несовместимость, связанная с гибридизацией, может быть результатом нарушения ядерно-митохондриальных взаимодействий генов, так называемой цитодерной несовместимостью [14].

Для достижения эффекта гетерозиса важно проводить подбор пар, необходимый для получения высокопродуктивных гибридов первого поколения (по продуктивным признакам, выживаемости, иммунной устойчивости и т.д.). Например, сочетание чешуйчатой местной и молдавской зеркальной линий позволило полу-

чить кросс «Ергененский», отличающийся высокой скоростью роста гибридов F1, с достижением значения истинного гетерозиса 89%. Также стоит отметить, что у этих гибридов возросла фагоцитарная активность нейтрофилов, что позволяет говорить о повышенном уровне патогенной устойчивости [8].

В настоящее время в товарном производстве ставится задача получить гибрид с более высокими продуктивными качествами путем выявления наиболее эффективных породных сочетаний при трехпородном скрещивании [7].

Цель исследования: сравнение метаболизма нового трехпородного кросса и родительских форм по биохимическим показателям сыворотки крови.

Материал и методы исследования

Объектом исследований являлись двухлетки карпа (*Cyprinus carpio* L.): новый трехпородный кросс и родительские формы.

При получении нового трехпородного кросса использовались метод реципрокной гибридизации (скрещивания) разных пород карпа и выбор оптимального варианта с выраженным эффектом гетерозиса по продуктивности и жизнестойкости (см. рис.).



Рис. Схема скрещивания при получении нового трехпородного кросса карпа
Fig. The scheme of crossing when obtaining a new three-breed carp cross

Физиолого-иммунологическая оценка рыб проводилась по гематологическим, биохимическим и иммунологическим показателям. Кровь отбиралась прижизненно из хвостовой вены. Лейкоцитарная формула определялась методом дифференциального подсчета в окрашенных по Паппенгейму мазках периферической крови. Биохимический анализ сыворотки крови проводился на приборе Chem Well Awareness Technology с использованием реактивов VITAL. Фагоцитарная активность нейтрофилов рыб определялась цитохимическим методом с бромфеноловым синим по М.Г. Шубичу, адаптированным для гидробионтов Г.И. Прониной [8]. Определялось содержание неферментного катионного белка в лизосомах нейтрофилов

периферической крови. Подсчитывалось 100 клеток, по степени фагоцитарной активности исследуемые клетки делились на четыре группы:

- 0-я степень — гранулы катионного белка отсутствуют;
- 1-я степень — единичные гранулы;
- 2-я степень — гранулы занимают примерно 1/3 цитоплазмы;
- 3-я степень — гранулы занимают 1/2 цитоплазмы и более.

Средний цитохимический коэффициент (СЦК) рассчитывали по формуле (1):

$$\text{СЦК} = (0 \times H_0 + 1 \times H_1 + 2 \times H_2 + 3 \times H_3) / 100, \quad (1)$$

где H_0, H_1, H_2, H_3 — количество нейтрофилов с активностью 0, 1, 2 и 3 балла соответственно.

Сыворотку получали методом отстаивания. Образовавшуюся сыворотку отбирали и сливали в пробирки Эппендорфа, которые замораживали при -20°C .

Биохимические показатели определялись в сыворотке крови на автоматическом анализаторе Chem Well Awareness Technology с использованием реактивов VITAL.

Эффект гетерозиса определяли по формуле (2) [4]:

$$I = (\text{Пг} / \text{Пл} \times 100) - 100 = (\text{Пг} - \text{Пл}) \times 100 / \text{Пл}, \quad (2)$$

где: I — абсолютный (истинный) гетерозис;

Пг — признак гибрида;

Пл — признак лучшей породы.

Статистическую обработку результатов проводили методом вариационной статистики по Стьюденту с использованием программы Microsoft Excel. Достоверными считались различия при $P \leq 0,05$.

Результаты

В основу создания кросса легли теория гетерозиса и хорошая комбинационная способность обеих пород карпа. При этом учитывались высокая однородность пород и стабильность отличительных признаков, а также генетические различия.

При получении нового трехпородного кросса использовались метод реципрокной гибридизации (скрещивания) разных пород карпа и выбор оптимального варианта с выраженным эффектом гетерозиса по продуктивности и зимостойкости.

По показателям выхода личинки на одну самку и зимостойкости молоди новый трехпородный кросс показал преимущество перед родительскими формами (табл. 1).

Таблица 1

Преимущества кросса карпа «Новый трехпородный» перед родительскими формами

Table 1

Advantages of the "New three-breed" carp cross over the parent forms

Показатели	Кросс «Новый трехпородный»	Чувашские чешуйчатые	Кросс «Сурский малокопный»	Истинный гетерозис (И)
Выход трехсуточных личинок на одну самку, тыс. шт.	338	280	330	2,4
Зимостойкость годовиков, %	88,6	76,0	88,1	3,8
Зимостойкость двухгодовиков, %	98,1	90,0	97,9	0,1

Вероятно, кросс унаследовал эти признаки от сурского малокостного карпа, являющегося по данным показателем лучшей породой.

Данные по массе тела и морфометрии родительских форм и нового трехпородного кросса представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Сравнительная характеристика массы тела
и экстерьера двухлетков карпа**

Table 2

**Comparative characteristics of body weight
and exterior of two-year-old carp**

Показатели	Новый трехпородный кросс	Кросс «Сурский малокостный»	Чувашская чешуйчатая порода	Истинный гетерозис (И)
Чешуйчатый покров	Чешуйчатый	Зеркальный	Чешуйчатый	
Масса тела, г	1044±47	686±45***	493±59***	52,2
Индекс прогонистости 1/Н	2,64±0,02	2,74±0,04*	2,78±0,05*	-3,7
Относительная длина головы, %	27,4±0,3	27,7±0,3	27,8±0,4	-1,1
Индекс обхвата тела, %	87,9±1,1	86,2±1,3	86,5±0,9	1,6
Число тычинок на наружной жаберной дуге, шт.	27,1±0,4	24,4±0,1***	22,7±0,2***	11,1
Тушка, %	69,8±0,7	67,0±1,2	68,9±1,5	1,3

Примечание: отличия от нового кросса: * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,02$; *** $p \leq 0,01$.

Высокие значения истинного гетерозиса отмечены по массе тела. По индексу длинноголовости и прогонистости отмечен отрицательный гетерозис, что является хозяйственно полезным преимуществом нового кросса. Особенностью нового трехпородного кросса является большое число тычинок на наружной жаберной дуге. Показатель включен в методику оценки карпа на однородность, отличимость и стабильность (ООС) и характеризует фильтрующую и защитную функцию жабр рыб.

Гематологическая и цитохимическая оценка нового трехпородного кросса и родительских форм показала ряд достоверных различий (табл. 3).

Таблица 3

**Гематологические и цитохимические показатели двухлеток
нового кросса карпа и исходных форм**

Table 3

**Hematological and cytochemical parameters of
2 years of new carp cross and initial forms**

Показатели	Новый трехпородный кросс	Кросс «Сурский малокостный»	Чувашский чешуйчатый
Эритрограмма, %			
Гемоцитобласты, эритробласты	–	0,2±0,1	0,8±0,3
Нормобласты	3,8±0,6	1,7±0,5**	3,0±0,4
Базофильные эритроциты	4,1±0,9	5,6±1,4	10,9±1,4***
Сумма зрелых и полихроматофильных эритроцитов	92,1±1,4	92,5±1,7	85,4±1,7
Лейкоцитарная формула, %			
Миелобласты	0,5±0,2	0,2±0,1	–
Промиелоциты	–	0,3±0,2	–
Миелоциты	1,8±0,4	0,5±0,3**	0,3±0,2***
Метамиелоциты	0,5±0,2	1,2±0,4	1,7±0,4**

Окончание таблицы 3

Показатели	Новый трехпородный кросс	Кросс «Сурский малокоственный»	Чувашский чешуйчатый
Палочкоядерные нейтрофилы	0,9±0,3	1,0±0,3	3,0±0,7***
Сегментоядерные	7,7±0,5	2,0±0,9***	2,5±0,7***
Эозинофилы	–	–	0,1±0,1
Базофилы	–	–	0,3±0,2
Моноциты	2,3±0,7	2,2±0,6	3,4±0,5
Лимфоциты	87,7±1,1	94,8±1,3***	88,7±0,8
Лизосомально-катионный тест			
СЦК, ед.	1,46±0,09	1,63±0,03	1,89±0,07***

Примечание: отличия от нового кросса: * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,02$; *** $p \leq 0,01$.

Все полученные показатели находятся в пределах физиологических норм для данного вида рыбы. Судя по значению среднего цитохимического коэффициента, новый трехпородный кросс имеет достоверно меньше катионного белка в лизосомах нейтрофилов крови, чем чувашский чешуйчатый карп того же возраста. Это, вероятно, связано с расходом цитотоксичного катионного протеина в процессе иммунной защиты. Тот же показатель в сравнении с другой родительской формой — сурским малокоственным кроссом достоверно не отличается. Из чего можно сделать вывод, что новый трехпородный кросс-гибрид унаследовал данный признак. Новый трехпородный кросс характеризуется достоверно большей долей незрелых клеток миелоидного ряда (миелоцитов), что свидетельствует об интенсивном лейкопоэзе при подготовке к зимовке, а также зрелых сегментоядерных нейтрофилов, являющихся фагоцитами и обеспечивающих уровень патогенной защиты организма.

Сравнительная характеристика нового трехпородного кросса и родительских форм по биохимическим показателям представлена в таблице 4.

Таблица 4

Биохимические показатели двухлеток карпа

Table 4

Biochemical parameters of two-year-old carp

Показатели	Новый трехпородный кросс	Исходные породы	
		чувашская чешуйчатая порода	кросс «Сурский малокоственный»
АЛТ, ед./л	<u>26,5±1,7</u> 20,8	<u>42,7±2,8***</u> 12,9	<u>30,1±3,4</u> 35,9
АСТ, ед./л	<u>43,1±2,5</u> 19,4	<u>287,1±55,1***</u> 38,4	<u>226,4±18,3***</u> 24,4
Коэффициент де Ритиса (АСТ/АЛТ), ед.	1,62	6,72	7,52
Глюкоза, ммоль/л	<u>2,7±0,2</u> 23,8	<u>4,1±1,1</u> 53,6	<u>5,2±0,4***</u> 23,6
Общий белок, г/л	<u>24,2±1,3</u> 17,8	<u>23,5±2,0</u> 16,7	<u>32,8±2,7**</u> 25,3
Альбумин, г/дл	<u>9,9±0,9</u> 29,4	<u>11,7±1,5</u> 26,2	<u>11,5±0,6</u> 16,7

Примечание: отличия от нового кросса: * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,02$; *** $p \leq 0,01$.

Над чертой — $\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$, под чертой — C_v , %.

Активность АЛТ нового трехпородного кросса находилась в пределах референтных значений для карпа и не имела достоверных отличий от сурского малокоственного кросса, однако была ниже, чем у чувашской чешуйчатой породы. Невысокое значение показателя в сыворотке крови свидетельствует о хорошем физиологическом

состоянии рыб: высокой резистентности клеточных мембран гепатоцитов. У нового кросса также отмечено оптимальное значение АСТ и, соответственно, коэффициента де Ритиса, характеризующего баланс трансаминаз. Показатель нового трехпородного кросса был значительно ниже, чем у родительских форм.

Содержание глюкозы нового трехпородного кросса было довольно низким, что характеризует сбалансированный углеводный обмен. Значение показателя было значительно ниже, чем у сурского малокостного кросса, и достоверно не отличалось от одновозрастных рыб чувашской чешуйчатой породы.

Содержание общего белка в сыворотке крови нового трехпородного кросса и чувашской чешуйчатой породы имело близкие значения, но ниже, чем у сурского малокостного кросса, что свидетельствует о высоком уровне белкового метаболизма последнего.

Заключение

Таким образом, проведенная оценка двухлеток нового трехпородного кросса-гибрида показала хорошее комбинационное сочетание родительских форм с гетерозисным эффектом. Кросс обладает высоким темпом роста и хорошей выживаемостью. Масса тела кросса почти в 2 раза больше таковой у рыб чувашской чешуйчатой породы и кросса «Сурский малокостный». Индекс головы и прогонистость кросса ниже, чем у родительских форм, что также определяет хозяйственно полезные качества нового кросса. Число тычинок на передней жаберной дуге кросса выше, чем у родительских форм, что характеризует его фильтрующую способность.

О хорошем иммунном статусе и клеточном иммунитете кросса свидетельствуют большая доля сегментоядерных нейтрофилов и невысокое содержание лизосомального катионного белка, расходующегося в процессе иммунной защиты. Низкий уровень АЛТ кросса является благоприятным признаком, так как повышение содержания фермента отражает разрушение гепатоцитов и попадание его в кровь.

Библиографический список

1. Богданова, В.А. Сравнительное исследование роста, выживаемости и морфологии родительских видов и гибридов сиговых рыб в первый год выращивания в условиях садковой аквакультуры / В.А. Богданова, В.В. Костюничев, А.А. Александров // Труды ВНИРО. — 2023. — № 194. — С. 176–188. — DOI: 10.36038/2307-3497-2023-194-176-188.
2. Власов, В.А. Характеристика потомства, полученного от скрещивания карпов анишской и чувашской пород / В.А. Власов, Н.И. Маслова // Природообустройство. — 2016. — № 1. — С. 112–118.
3. Власов, В.А. Селекционно-племенная работа в рыбоводстве / В.А. Власов, Г.И. Пронина. — М.: РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, 2021. — 456 с.
4. Власов, В.А. Гетерозис в рыбоводстве / В.А. Власов, Н.И. Маслова // Известия ТСХА. — 2015. — № 4. — С. 82–94.
5. Демкина, Н.В. Опыт организации селекционно-племенного дела на примере ВНИИПРХ / Н.В. Демкина, В.Н. Дементьев, В.Я. Катасонов, А.А. Кочетов // Рыбоводство и рыбное хозяйство. — 2017. — № 3 (135). — С. 13–19.
6. Крюков, В.И. Рыбоводство. Селекция карпа. Учебное пособие / В.И. Крюков, Ю.А. Музалевская, П.А. Юшков. — Орел: Изд-во А. Воробьева, 2007. — 54 с.
7. Лазаревич, А.Н. Анализ эффективности скрещивания гибридных свиноматок с чистопородными и терминальными хряками / А.Н. Лазаревич, Л.В. Ефимова, О.В. Иванова // В мире научных открытий. — 2016. — № 12 (84). — С. 108–129.

8. Пронина, Г.И. Комбинационная способность селекционных групп карпа при двухлинейном разведении / Г.И. Пронина, А.Г. Маннапов // Известия ТСХА. — 2021. — № 1. — С. 66–76.
9. Хабжоков, А.Б. Экологические параметры аутбридинга при внутривидовых скрещиваниях карпа / А.Б. Хабжоков, С.Ч. Казанчев, О.О. Гетоков, В.В. Федюк, Л.А. Казанчева, Л.У. Юсупова, М.Х. Лиев // Юг России: экология, развитие. — 2019. — № 14 (4). — С. 25–34. — DOI: 10.18470/1992-1098-2019-4-25-34.
10. Chen, Sh. Heterosis in growth and low temperature tolerance in Jinhu grouper (*Epinephelus fuscoguttatus* ♀ × *Epinephelus tukula* ♂) / Sh. Chen, Y. Tian, Z. Li et al. // Aquaculture. — 2023. — Vol. 562.
11. Herkenhoff, M.E. Expression profiles of growth-related genes in two Nile tilapia strains and their crossbred provide insights into introgressive breeding effects / M.E. Herkenhoff, A.O. Ribeiro, J.M. Costa, A.C. Oliveira et al. // Animal genetics. — 2020. — Vol. 51 (4). — P. 611–616.
12. Krasnovyd, V. Patterns of parasite distribution in the hybrids of non-congeneric cyprinid fish species: is asymmetry in parasite infection the result of limited coadaptation? / V. Krasnovyd, L. Vetesnik, L. Gettova, K. Civanova, A. Simkova // International Journal for Parasitology. — 2017. — Vol. 47. — P. 471–483. — DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2017.01.003>.
13. Pepke, M.L. Inbreeding is associated with shorter early-life telomere length in a wild passerine / M.L. Pepke, A.K. Niskanen, T. Kvalnes // Conserv Genet. — 2022. — Vol. 23. — P. 639–651. — DOI: <https://doi.org/10.1007/s10592-022-01441-x>.
14. Rand, D.M. Cytonuclear coevolution: the genomics of cooperation / D.M. Rand, R.A. Haney, A.J. Fry // Trends in Ecology & Evolution. — 2004. — Vol. 19 (12). — P. 645–653.
15. Simkova, A. The effect of hybridization on fish physiology, immunity and blood biochemistry: A case study in hybridizing *Cyprinus carpio* and *Carassius gibelio* (Cyprinidae) / A. Simkova, L. Vojtek, K. Halacka, P. Hyrsi, L. Vetesnik // Aquaculture. — 2015. — Vol. 435. — P. 381–389.
16. Simkova, A. Heterosis versus breakdown in fish hybrids revealed by one-parental species-associated viral infection / A. Simkova, K. Civanova, V. Lukas // Aquaculture. — 2022. — Vol. 546. — P. 737406–737406. — DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737406>.
17. Su, Sh. Estimates of combining ability and heterosis for growth traits in a full diallel cross of three strains of common carp, *Cyprinus carpio* L. / Sh. Su, P. Xu, X. Yuan // African Journal of Biotechnology. — 2013. — Vol. 12 (22). — P. 3514–3521.
18. Sun, Y. Transcriptome analysis reveals the molecular mechanisms underlying growth superiority in a novel grouper hybrid (*Epinephelus fuscoguttatus* × ♀ *E. lanceolatus* ♂) / Y. Sun, C.Y. Guo, D.D. Wang // BMC Genetics. — 2016. — Vol. 17 (1). — P. 24.
19. Tichopad, T. Spermatozoa morphology and reproductive potential in F1 hybrids of common carp (*Cyprinus carpio*) and gibel carp (*Carassius gibelio*) / T. Tichopad, L. Vetesnik, A. Simkova et al. // Aquaculture. — 2020. — Vol. 521. — DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735092>.
20. Wang, H. Hybrids with heterosis possess a more diverse intestinal microbiome than that of carnivorous and herbivorous parental fishes in controlled conditions / H. Wang, H. Gu, Z. Wang // Aquaculture Reports. — 2023. — Vol. 30. — P. 1–9. — DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2023.101581>.

References

1. Bogdanova, V.A., Kostyunichev, V.V., Alexandrov, A.A. Comparative study of the growth, survival and morphology of parent species and hybrids of whitefish in the first year of

- cultivation in the conditions of cage aquaculture. *Trudy VNIRO*, 2023, no. 194, pp. 176–178 (in Russian).
2. Vlasov, V.A., Maslova, N.I. Characteristics of the offspring obtained from crossing carp of the Anish and Chuvash breeds. *Environmental management*, 2016, no. 1, pp. 112–118 (in Russian)
 3. Vlasov, V.A., Pronina, G.I. Breeding and breeding work in fish farming. Moscow, 2021, pp. 456 (in Russian).
 4. Vlasov, V.A., Maslova, N.I. Heterosis in fish farming. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*, 2015, no. 4, pp. 82–94 (in Russian).
 5. Demkina, N.V., Dementyeva, V.N., Katasonov, V.Ya., Kochetov, A.A. The experience of organizing breeding business on the example of VNIIPRH. *Fish breeding and fisheries*, 2017, no. 3 (135), pp. 13–19 (in Russian).
 6. Kryukov, V.I., Muzalevskaya, U.A., Yushkov, P.A. Fish farming. Carp breeding. Study guide. Orel, 2007, pp. 54 (in Russian).
 7. Lazarevich, A.N., Efimova, L.V., Ivanova, O.V. Analysis of the effectiveness of crossing hybrid sows with purebred and terminal boars. *In the world of scientific discoveries*, 2016, no. 12 (84), pp. 56–60 (in Russian).
 8. Pronina, G.I., Mannapov, A.G. The combinational ability of breeding groups of carp in two-line breeding. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*, 2021, no. 1, pp. 66–76 (in Russian).
 9. Habzhokov, A.B., Kazanchev, S.Ch., Getokov, O.O., Fedjuk, V.V., Kazancheva, L.A., Yusupova, L.U., Liev, M.H. Ecological parameters of outbreeding in intraspecific carp crosses. *South of Russia: ecology, development*, 2019, no. 14 (4), pp. 25–34 (in Russian).
 10. Chen, Sh., Tian, Y., Li, Z., Liu, Y., Li, Z., Duan, P., Li, L., Wang, X., Wang, L., He, X., Zhao, X., Li, W., Wang, Q. Heterosis in growth and low temperature tolerance in Jinhu grouper (*Epinephelus fuscoguttatus* ♀ × *Epinephelus tukula* ♂). *Aquaculture*, 2023, no. 562, pp. 738–751.
 11. Herkenhoff, M.E., Ribeiro, A.O., Costa, J.M., Oliveira, A.C., Dias, M.A.D., Reis, R.V., Hilsdorf, A.W.S., Pinhal, D. Expression profiles of growth-related genes in two Nile tilapia strains and their crossbred provide insights into introgressive breeding effects. *Animal genetics*, 2020, no. 51 (4), pp. 611–616.
 12. Krasnovydy, V., Vetesnik, L., Gettova, L., Civanova, K., Simkova, A. Patterns of parasite distribution in the hybrids of non-congeneric cyprinid fish species: is asymmetry in parasite infection the result of limited coadaptation? *International Journal for Parasitology*, 2017, no. 47, pp. 471–483.
 13. Pepke, M.L., Niskanen, A.K., Kvalnes, T. Inbreeding is associated with shorter early-life telomere length in a wild passerine. *Conserv Genet.*, 2022, no. 23, pp. 639–651.
 14. Rand, D.M., Haney, R.A., Fry, A.J. Cytonuclear coevolution: the genomics of cooperation. *Trends in Ecology & Evolution*, 2004, no. 19 (12), pp. 645–653.
 15. Simkova, A., Vojtek, L., Halacka, K., Hyrsl, P., Vetesnik, L. The effect of hybridization on fish physiology, immunity and blood biochemistry: A case study in hybridizing *Cyprinus carpio* and *Carassius gibelio* (Cyprinidae). *Aquaculture*, 2013, no. 435, pp. 381–389.
 16. Simkova, A., Civanova, K., Lukas, V. Heterosis versus breakdown in fish hybrids revealed by one-parental species-associated viral infection. *Aquaculture*, 2022, no. 546, pp. 737406–737406.
 17. Su, Sh., Xu, P., Yuan, X. Estimates of combining ability and heterosis for growth traits in a full diallel cross of three strains of common carp, *Cyprinus carpio* L. *African Journal of Biotechnology*, 2013, no. 12 (22), pp. 3514–3521.
 18. Sun, Y., Guo, C.Y., Wang, D.D. Transcriptome analysis reveals the molecular mechanisms underlying growth superiority in a novel grouper hybrid (*Epinephelus fuscoguttatus* ♀ × *E. lanceolatus* ♂). *BMC Genetics*, 2016, no. 17 (1), pp. 24.

19. Tichopad, T., Vetesnik, L., Simkova, A., Rodina, M., Franek, R., Pšenička, M. Spermatozoa morphology and reproductive potential in F1 hybrids of common carp (*Cyprinus carpio*) and gibel carp (*Carassius gibelio*). *Aquaculture*, 2020, no. 521, pp. 735–742.
20. Wang, H., Gu, H., Wang, Z. Hybrids with heterosis possess a more diverse intestinal microbiome than that of carnivorous and herbivorous parental fishes in controlled conditions. *Aquacultures Reports*, 2023, no. 30, pp. 1–9.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Financing. The study had no sponsorship.

Сведения об авторах

Галина Иозеповна Пронина — д-р биол. наук, профессор кафедры аквакультуры и пчеловодства, ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева». Россия, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49. E-mail: gidrobiont4@yandex.ru. ORCID: 0000-0002-0805-6784, SPIN: 6162-9922.

Сергей Константинович Моргулев — аспирант Российского государственного аграрного университета — МСХА им. К.А. Тимирязева, магистр с.-х. наук. Россия, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49. E-mail: semorgulev@mail.ru. ORCID: 0000-0003-4577-0327, SPIN : 3428-3382

Оксана Владимировна Алимкина — заведующая лабораторией ФГБУН «НЦБМТ ФМБА России». Россия, 143442, Московская область, Красногорский район, пос. Светлые Горы, вл. 1. E-mail: alimkina@scbmt.ru. SPIN : 6906-2186

Information about the authors

Galina Iozepovna Pronina — doctor of biological sciences, professor of the department of aquaculture and beekeeping, RGAU-MSHA named after K.A. Timiryazev. 49 Timiryazevskaya str., Moscow, 127550, Russia. E-mail: gidrobiont4@yandex.ru. ORCID: 0000-0002-0805-6784, SPIN: 6162-9922.

Sergey Konstantinovich Morgulev — postgraduate student, RGAU-MSHA named after K.A. Timiryazev, Master of Agricultural Sciences. 49 Timiryazevskaya str., Moscow, 127550. E-mail: semorgulev@mail.ru. ORCID: 0000-0003-4577-0327, SPIN : 3428-3382.

Oksana Vladimirovna Alimkina — Head of the laboratory, Federal State Budgetary Educational Institution NCBMT FMBA of Russia. 143442, Moscow region, Krasnogorsky district, village Light Mountains, possession 1. E-mail: alimkina@scbmt.ru. SPIN : 6906-2186.

Дата поступления: 02.07.2024.

Дата принятия: 15.07.2024.

ПОДРОБНАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ПОДПISCЕ

Телефон: +7 (495) 274-2222 (многоканальный).

E-mail: podpiska@panor.ru

Сайт: www.panor.ru