

Научная статья
УДК 639.3:577.27
<https://doi.org/10.24143/2073-5529-2024-4-107-113>
EDN WKYJUO

Сравнительная оценка кроссов карпа по биохимическим показателям

**Сергей Константинович Моргулев^{1✉},
Галина Иозеповна Пронина², Оксана Владимировна Алимкина³**

^{1,2}Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева,
Москва, Россия, semorgulev@mail.ru[✉]

³Научный центр биомедицинских технологий Федерального медико-биологического агентства,
п. Светлые Горы, Московская обл., Россия

Аннотация. Основной целью гибридизации в области аквакультуры является улучшение товарных качеств и увеличение производительности гибридов в сравнении с родительскими формами. Это улучшение показателей происходит за счет достигнутого эффекта гетерозиса, т. е. за счет унаследования определенного набора аллелей различных генов от своих разнородных родителей. Гетерозис достигается путем подбора самцов и самок различного происхождения, что позволяет избежать негативного воздействия противоположного эффекта – инбредной депрессии. Приведены результаты сравнительной оценки нового трехпородного кросса карпа с другими кроссами, в том числе по производственным показателям – индексам, позволяющим судить о линейных изменениях рыбы в процессе ее развития. Исследование показывает, что индекс прогонистости нового трехпородного кросс-гибрида карпа достоверно ниже, чем у кроссов «Сурский малокоственный» и «Петровский», что позволяет нам делать выводы о его высоких товарных качествах. Приведены результаты товарной оценки рыбы и сделаны выводы о ценности ее пищевых качеств. По различным размерно-весовым показателям двухлетки нового трехпородного кросс-гибрида карпа имеют явное превосходство над вышеуказанными кроссами, что свидетельствует о значительном потенциале его продуктивности. Все зарегистрированные показатели крови изучаемых рыб находятся в пределах нормированных физиологических показателей. Повышенная жизнестойкость свидетельствует о хорошей резистентности нового трехпородного кросс-гибрида. Представленный анализ биохимических показателей крови позволяет сделать выводы о высокой интенсивности белкового обмена «Сурского малокоственного» и нового трехпородного кроссов, судя по активности АЛТ и содержанию общего белка.

Ключевые слова: карп, гибридизация, гетерозис, трехпородный кросс, сравнительная оценка, индекс прогонистости, товарные качества, биохимические показатели крови

Для цитирования: Моргулев С. К., Пронина Г. И., Алимкина О. В. Сравнительная оценка кроссов карпа по биохимическим показателям // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2024. № 4. С. 107–113. <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2024-4-107-113>. EDN WKYJUO.

Original article

Comparative assessment of carp crosses by biochemical parameters

Sergei K. Morgulev^{1✉}, Galina I. Pronina², Oxana V. Alimkina³

^{1,2}Russian Timiryazev State Agrarian University,
Moscow, Russia, semorgulev@mail.ru[✉]

³Federal State Budgetary Institution Scientific Center of Biomedical Technologies
of Federal Medical and Biological Agency,
Svetly Gory village, Moscow region, Russia

Abstract. The main goal of hybridization in the field of aquaculture is to improve the commercial qualities and increase the productivity of hybrids in comparison with the parent forms. This improvement in performance occurs due to the achieved effect of heterosis, that is, due to the inheritance of a certain set of alleles of various genes from their dissimilar parents. Heterosis is achieved by selecting males and females of different origins, thus avoiding the negative impact of the opposite effect – inbreeding depression. The results of a comparative assessment of a new three-

breed carp cross with other crosses are presented, including production indicators – indices that allow one to judge the linear changes in fish during its development. It has been shown that the runnability index of the new three-breed cross is significantly lower than that of the “Sursky Malokostny” and “Petrovsky” crosses, which allows us to conclude that it has high commercial qualities. The results of the commercial assessment of fish are presented and conclusions are drawn about the value of its nutritional qualities are described. In terms of size and weight indicators, two-year-olds of the new three-breed cross are superior to other crosses, which indicates significant production potential. All recorded blood parameters of the studied fish were within physiological norms. The increased vitality indicates good resistance of the new three-breed cross-hybrid. The analysis of biochemical blood parameters allows us to draw conclusions about the high intensity of protein metabolism of the “Sursky malokostny” and the new three-breed crosses, judging by the activity of ALT and the content of total protein.

Keywords: carp, hybridization, heterosis, three-breed cross, comparative assessment, fusiform index, commercial qualities, biochemical blood parameters

For citation: Morgulev S. K., Pronina G. I., Alimkina O. V. Comparative assessment of carp crosses by biochemical parameters. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing industry.* 2024;4:107-113. (In Russ.). <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2024-4-107-113>. EDN WKYJUO.

Введение

Основная цель рыбоводной науки – повышение продуктивности выращивания рыб. Одним из основных методов решения этой задачи в данном направлении является селекция. В связи с некоторыми биологическими особенностями рыб, а также с многоплановостью селекции как таковой становится все сложнее объединять высокие показатели продуктивности в одной породе. Длительное внутривидовое разведение рыб (как и других сельскохозяйственных животных) неизбежно приводит к явлению под названием «инбредная депрессия», а следовательно, к значительному снижению товарных показателей от предшествующего поколения к последующему. Поэтому у селекционеров возникла необходимость введения методов разведения, при которых потомство будет сочетать наследственные задатки не одной, а нескольких пород [1].

В современном понимании гибридизация это сочетание специализированных по отдельным признакам родительских линий для получения товарных гибридов. Это сочетание получило название «кросс», от английского «cross» – крест, пересекать. При применении такого метода достигается высокий эффект гетерозиса и, как следствие, существенное увеличение общей продуктивности животных и явное улучшение качественных, частных показателей продукции. Для успешного внедрения гибридизации как метода разведения важным фактором является не только правильный выбор пород, типов и линий, но и отлаженная система кормления и содержания полученных помесей [2].

При подборе родительских пар для получения гетерозисных гибридов необходимо, чтобы родительские формы обладали высокой комбинационной способностью.

Следует отметить, что гибриды как таковые представляют двойной интерес для селекционеров. Являясь объектом промышленного выращивания, они служат также исходным материалом для генетических исследований и выведения новых ценных пород [3].

В качестве примера можно привести перспективную систему скрещивания рыб для получения товарных пород карпа европейской селекции: югославской, немецкой, румынской и сарбоянской. Оценка полученных кроссов показала значительно улучшенные потребительские свойства – малочешуйность, высокоспинность, упитанность, высокий выход тушки [4].

Имеется положительный опыт тройной межвидовой и внутривидовой гибридизации морского ушка (брюхоногого моллюска из семейства Haliotidae), выращиваемого в аквакультурных хозяйствах. У данных гибридов отмечен положительный эффект гетерозиса по показателям роста, термоустойчивости и переносимости гипоксии [5].

При интенсификации аквакультуры особенно важным представляется вопрос сохранения общего уровня здоровья популяции. Очевидно, что эффективное рыбоводство невозможно без научных исследований в области физиологии и биохимии рыб [6]. Кровь является в высшей степени информативным индикатором состояния живого организма, быстро реагирующим на изменения как экзогенных факторов влияния, так и эндогенных, а также отражающим влияние как на индивидуальную особь, так и на популяцию целиком [7].

Определение биохимических показателей крови важно для мониторинга состояния здоровья и метаболизма рыб, особенно в условиях интенсивного выращивания [8]. Выявлено, что у трехлеток карпа в летне-осенний период по сравнению с весенним увеличивается содержание глюкозы и общих липидов на 50 и 80 % соответственно [9]. Было установлено, что активность аминотрансфераз карповых рыб выше осенью, весной активность ферментов резко снижается. Эта динамика наиболее выражена в активности аланинаминотрансферазы (АЛТ). Осенью содержание общего белка увеличивается по сравнению с весной. Это связано с нагулом рыб, в то время как за зиму они теряют накопленные питательные вещества [10].

Материалы и методы

Объектом исследований стали двухлетки карпа (*Cyprinus carpio* L.): новый трехпородный кросс-гибрид, кросс-гибрид «Сурский малокостный»

и кросс-гибрид «Петровский», выращенные в рыбноводном хозяйстве Чувашии ООО «Рыбхоз "Киря"», находящемся во 2-й зоне рыбоводства. Схема скрещиваний представлена на рис. ниже.



Схема получения кроссов в ООО «Рыбхоз "Киря"»

The scheme for obtaining crosses in Fishfarm Kirya LLC

Кросс-гибрид «Петровский» получен путем скрещивания самцов чувашской чешуйчатой породы и самок анишской зеркальной породы. Родительскими формами кросса «Сурский малокостный» являются самки породы «Анишская зеркальная» и самцы породы «Ангелинская зеркальная».

При получении нового трехпородного кросс-гибрида использовался метод реципрокной гибридизации чувашской чешуйчатой породы и производителей кросса «Сурский малокостный».

Чувашская чешуйчатая порода прошла длительную селекцию (6 поколение) по продуктивности ускоренным методом селекции № 9705131, 2003. Этот метод заключался в отборе по ряду признаков: 8 признаков для самок и 9 для самцов. Обусловленность выбора признаков основана на их значимости для селекции [8].

Доказано, что активность фермента АЛТ, катализирующего перенос аминокислот от аминокислоты к кетокислоте, положительно коррелирует с продуктивными качествами производителей и их потомков. Это позволяет целенаправленно вести селекционный отбор рыб по данному показателю [8, 10]. Из

показателей белой крови для селекционных достижений наибольший интерес представляют собой малые лимфоциты (5 мкм), функция которых заключается в синтезе β- и γ-глобулинов как иммунной, так и неиммунной природы. Для селекции этот показатель важен тем, что его включение в формулу отбора существенно повышает иммуно-физиологический статус группы рыб, подвергнутой селекции. Также были зафиксированы данные о фагоцитирующих клетках, гранулоцитах (промиелоцитах, нейтрофилах и базофилах).

Была проведена оценка экстерьерных показателей. Среди них следует выделить показатель обхвата тела рыбы, имеющий прямую корреляционную зависимость с плодовитостью рыбы.

Определялись следующие зоотехнические показатели: прогонистость тела (отношение общей длины тела рыбы к высоте) – показатель скорости роста рыбы, зависит как от нагула, так и от достигнутого с помощью селекции продукционного потенциала рыбы [8]; чешуйный покров; число тычинок на наружной жаберной дуге; индекс длины кишечника (отношение длины кишечника к длине

тела); число позвонков подсчитывалось после предварительной варки рыбы в соответствии с методикой оценки карпа на ООС: однородность, отличимость и стабильность [11].

Кровь для анализа отбиралась прижизненно, из хвостовой вены. Сыворотку получали методом отстаивания. Образовавшуюся сыворотку отбирали и сливали в микроцентрифужные пробирки Эппендорфа, после чего замораживали при температуре $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ и транспортировали в лабораторию в замороженном виде. Перед исследованием сыворотку размораживали при комнатной температуре.

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

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

Результаты исследования

По чешуйному покрову у кроссов имеются различия: у «Сурского малокостного кросса» – разбросанный покров, новый трехпородный и «Петровский» кроссы имеют чешуйчатый покров.

Результаты исследований показали, что новый трехпородный кросс отличается от других кроссов карпа большим количеством жаберных тычинок (табл. 1), что улучшает процесс фильтрации пищи.

Таблица 1

Table 1

Сравнение нового кросса с кроссами «Сурский малокостный» и «Петровский»*

Comparison of the new cross with the Sursky Malokostny and Petrovsky crosses

Показатель	Новый трехпородный		«Сурский малокостный»		«Петровский»	
	$M \pm m$	$Cv, \%$	$M \pm m$	$Cv, \%$	$M \pm m$	$Cv, \%$
	а		б		в	
Чешуйчатый покров	Чешуйчатый		Зеркальный		Чешуйчатый	
Число тычинок на наружной жаберной дуге, шт.	$27,1 \pm 0,4$	10,5	$24,4 \pm 0,1a$	2,7	$23,6 \pm 0,2a$	7,2
Индекс прогонистости l/H	$2,64 \pm 0,02$	5,8	$2,81 \pm 0,07a$	6,2	$2,74 \pm 0,03ab$	6,7
Индекс длины кишечника (кишечника / $l_{\text{тела}}$)	$2,37 \pm 0,05$	14,4	$2,54 \pm 0,03a$	9,1	$2,42 \pm 0,05$	15,7
Число позвонков, шт.:						
всего;	$37,2 \pm 0,08$	1,5	$37,7 \pm 0,06a$	1,2	$38,1 \pm 0,12ab$	2,3
в хвостовом отделе	$18,2 \pm 0,13$	5,1	$18,4 \pm 0,08$	3,1	$17,2 \pm 0,10ab$	4,3

* Cv – коэффициент вариальности; а, б – различия достоверны, $P \leq 0,05$; l – длина тела; H – высота тела.

Доказана роль жаберных тычинок и лепестков в переносе ионов, фильтрации, выделении аммиачного азота и осморегуляции [12–15].

Индекс прогонистости нового трехпородного кросс-гибрида заметно ниже, чем у кросс-гибрида «Сурский малокостный» и кросс-гибрида «Петровский», что показывает нам его высокие товарные качества. В качестве примера, наиболее высокий индекс длины кишечника оказался у кросс-гибрида

«Сурский малокостный», а самый низкий – у нового трехпородного. Число позвонков нового у трехпородного кросс-гибрида явно меньше, чем у других кросс-гибридов, приведенных в сравнение, однако в хвостовом отделе число позвонков близко к «Сурскому малокостному» и заметно больше, чем у кросс-гибрида «Петровский» [16].

По биохимическим показателям у двухлетков кросса отмечен ряд достоверных различий (табл. 2).

Таблица 2

Table 2

Биохимические показатели двухлеток кроссов карпа

Biochemical parameters of two-year-old carp crosses

Показатель	Новый трехпородный	«Сурский малокостный»	«Петровский»
	а	б	в
АЛТ, ед./л	$26,5 \pm 1,7$	$30,1 \pm 3,4$	$17,7 \pm 3,2ab$
АСТ, ед./л	$43,1 \pm 2,5$	$226,2 \pm 18,1a$	$248,3 \pm 34,3a$
Глюкоза, ммоль/л	$2,7 \pm 0,2$	$5,2 \pm 0,4a$	$2,8 \pm 0,4b$
ЛДГ, ед./л	643 ± 124	$1\ 451 \pm 204a$	$2\ 789 \pm 410ab$
Общий белок, г/л	$24,2 \pm 1,3$	$32,8 \pm 2,3a$	$16,6 \pm 0,4ab$
Альбумин, мг/л	$9,9 \pm 0,9$	$11,5 \pm 0,6$	$7,3 \pm 0,4ab$

Уровень АЛТ, содержание общего белка и альбуминовой фракции нового трехпородного и «Сурского малокостного» кроссов были достоверно выше, чем у «Петровского», что характеризует высокий белковый метаболизм нового трехпородного и «Сурского малокостного» кроссов. Уровень аспаргатаминотрансферазы (АСТ) в крови нового трехпородного кросса карпа был с большей степенью достоверности ниже, чем у двух других кроссов. Снижение показателя у нового трехпородного кросса карпа объясняется активацией ключевых ферментов гликолиза и белкового обмена [17]. Увеличение АСТ может быть связано с разрушением кардиомиоцитов и гепатоцитов [18].

Невысокое содержание глюкозы в крови (в пределах физиологической нормы) у нового трехпо-

родного кросса свидетельствует об оптимальном углеводном балансе: использование клетками и депонирование глюкозы. Показатель находился в пределах физиологической нормы. Активность лактатдегидрогеназы (ЛДГ) нового трехпородного кросса была с высокой степенью достоверности ниже, чем у других изучаемых кроссов, что также подтверждает интенсивный углеводный обмен, т. к. ЛДГ принимает участие в обмене глюкозы, катализируя обратимое превращение лактата в пируват, содержится в большинстве тканей и высвобождается в кровь при их повреждении [19]. Кросс «Сурский малокостный» по данному показателю занимает промежуточное положение.

Оценка товарных качеств кроссов подтвердила их ценные пищевые качества (табл. 3).

Таблица 3

Table 3

Товарные качества кроссов
Commercial qualities of crosses

Показатель	Новый трехпородный		«Сурский малокостный»		«Петровский»	
	$M \pm m$	$Cv, \%$	$M \pm m$	$Cv, \%$	$M \pm m$	$Cv, \%$
	а		б		в	
Масса тела сеголетков, г	46,3 ± 5,8	27,8	48,5 ± 1,4	5,2	21,9 ± 1,6аб	6,5
Масса тела двухлетков, г	1 044 ± 47	14,1	686 ± 45а	10,4	620 ± 49а	11,2
Масса тела трехлетков, г	1 720 ± 43	8,2	2 020 ± 64а	9,5	910 ± 51аб	8,1
Масса тушки, %	71,2 ± 0,9	5,8	68,9 ± 1,6	6,1	67,0 ± 1,3а	5,3
Голова, %	11,5 ± 0,4	7,8	14,3 ± 0,5а	10,6	15,3 ± 0,6а	11,2
Внутренности, %	10,3 ± 0,9	15,2	15,4 ± 0,6а	11,8	10,8 ± 1,7б	18,3
Плавники, %	1,7 ± 0,2	6,7	1,7 ± 0,1	7,1	2,2 ± 0,2аб	9,3
Чешуя, %	5,3 ± 0,5	7,3	1,5 ± 0,4а	7,4	4,7 ± 0,3б	8,2

Масса тела сеголетков и трехлетков нового трехпородного кросса достоверно не отличалась от «Сурского малокостного» и была достоверно выше (более чем в 2 раза), чем у кросса «Петровский». Масса тела двухлетков нового трехпородного кросса была достоверно выше, чем у кроссов «Сурский малокостный» и «Петровский», на 52 и 68 % соответственно.

Масса тушки нового трехпородного кросса была относительно высокой, достоверно больше, чем у кросса «Петровский». Процент массы головы от массы тела нового трехпородного кросса был меньше, чем у кроссов «Сурский малокостный» и «Петровский», на 20 и 25 % соответственно.

Показатель массы внутренностей кросса «Сурский малокостный» превышает таковой у кроссов нового трехпородного и «Петровского». В то же время процент чешуи кросса «Сурский малокостный» значительно меньше, чем у чешуйчатых кроссов, что закономерно и связано с различиями чешуйного покрова рыб. Процент плавников от общей массы выше у кросса «Петровский».

Заключение

Таким образом, сравнительная оценка двухлетков кроссов карпа выявила различия по биохимическим показателям крови и товарным качествам. По размерно-весовым показателям новый трехпородный кросс с высокой степенью достоверности значительно превосходит другие изучаемые кроссы: «Сурский малокостный» и «Петровский». Новый трехпородный кросс характеризуется большим количеством жаберных тычинок, обеспечивающих хорошую фильтрационную способность рыб. Судя по низкому индексу прогонистости и относительной длине головы, трехпородный кросс превосходит остальные по высокоспинности. Отмечен достоверно высокий уровень АЛТ, содержание общего белка и альбуминов в сыворотке крови у нового трехпородного кросса и кросса «Сурский малокостный» по сравнению с «Петровским», что свидетельствует об интенсивном белковом обмене рыб, что подтверждается высокими показателями роста. Новый трехпородный кросс характеризуется низкой активностью ЛДГ по сравнению с другими кроссами.

Список источников

1. Лазовой В. И., Семенов В. В., Кононова Л. В. Биохимические показатели крови свиней отечественного и зарубежного генофонда, разводимых на Ставрополье // Ветеринарная патология. 2013. № 1 (43). С. 64–67.
2. Лазаревич А. Н., Ефимова Л. В., Иванова О. В. Анализ эффективности скрещивания гибридных свиноматок с чистопородными и терминальными хряками // В мире научных открытий. 2016. № 12 (84). С. 108–129.
3. Иванова Н. В., Максимов А. Г. Гибридизация в животноводстве: учеб. пособие. Персиановский: Дон. ГАУ, 2019. 134 с.
4. Таразевич Е. Инновации в создании кроссов карпа с высокими товарными признаками // Наука и инновации. 2021. № 8. С. 41–44.
5. Xiao Q., Shen Ya., Gan Ya., Wang Yi, Zhang J., Huang Z., You W., Luo X., Ke C. Three-way cross hybrid abalone exhibit heterosis in growth performance, thermal tolerance, and hypoxia tolerance // *Aquaculture*. 2022. N. 555 (10). DOI: 10.1016/j.aquaculture.2022.738231.
6. Агеев В. Ю., Сергеева Т. А., Савичева Е. А., Книга М. В., Войтук Т. Ф., Крук А. Ю., Кралько С. В., Орлов И. А., Красовский С. А. Физиолого-биохимические показатели сеголетков и годовиков карпов разной породной принадлежности из коллекционного стада // *Вопр. рыб. хоз-ва Беларуси*. 2022. № 37. С. 266–277.
7. Камышников В. В. Справочник по клинико-биохимическим исследованиям и лабораторной диагностике. М.: МЕДПресс-информ, 2004. С. 56–60.
8. Маслова Н. И., Власов В. А. Использование некоторых ферментов сыворотки крови при селекционном отборе в рыбоводстве // *Изв. ТСХА*. 2018. № 5. С. 66–77.
9. Svetina A., Matasin Z., Tofant A., Vucemilo M., Fijan N. Hematology and some blood chemical parameters of young carp till the age of three years // *Acta Vet Hung*. 2002. № 50 (4). P. 459–467.
10. Бичарева О. Н., Мусаев М. А. Особенности гематологических показателей и микроэлементного состава некоторых органов прудовых рыб // *Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та*. 2008. № 3 (44). С. 71–74.
11. Богерук А. К. Методики проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность рыбы. М.: Росинформагротех, 2009. 160 с.
12. Chen X., Liu Sh., Ding Q., Teame T., Yang Y., Ran Ch., Zhang Z., Zhou Z. Research advances in the structure, function and regulation of the gill barrier in teleost fish // *Water Biology and Security*. 2023. N. 2 (2). P. 1–10.
13. Маслова Н. И., Пронина Г. И., Ревякин А. О. Роль биохимических исследований в селекции рыб // *Изв. Оренбург. гос. аграр. ун-та*. 2010. № 4 (28). С. 221–224.
14. Evans A. N., Nunez B. S. Fresh water acclimation elicits a decrease in plasma corticosteroids in the euryhaline Atlantic stingray // *Gen. Comp. Endocrinol*. 2015. N. 222. P. 167–172.
15. Koppang E. O., Kvellestad A., Fisher U. Fish Mucosal Immunity: Gill, Mucosal // *Health in aquaculture*. Elsevier, 2015. P. 93–133.
16. Пронина Г. И., Розумная Л. А., Маннапов А. Г. Сравнительная физиолого-иммунологическая оценка кроссов карпа // *Рыбоводство и рыбное хозяйство*. 2020. № 9. С. 58–68.
17. Мингазова М. С., Мирошникова Е. П., Килякова Ю. В., Аринжанов А. Е. Биологическое действие кормовых добавок на организм карпа // *Животноводство и кормопроизводство*. 2023. № 3. С. 121–137.
18. Kesbic O. S., Acar U., Hassaan M. S., Yilmaz S., Guerrero M. C., Fazio F. Effects of tomato paste by-product extract on growth performance and blood parameters in common carp (*Cyprinus carpio*) // *Animals (Basel)*. 2022. N. 12 (23). P. 3387.
19. Gallo M., Sapio L., Spina A., Naviglio D., Calogero A., Naviglio S. Lactic dehydrogenase and cancer: an overview // *Front Biosci (Landmark Ed)*. 2015. N. 20 (8). P. 1234–1249.

References

1. Lazovoj V. I., Semenov V. V., Kononova L. V. Biohimicheskie pokazateli krvi svinej otechestvennogo i zarubezhnogo genofonda, razvodimyh na Stavropol'e [Biochemical blood parameters of pigs of domestic and foreign gene pool bred in Stavropol territory]. *Veterinarnaya patologiya*, 2013, no. 1 (43), pp. 64-67.
2. Lazarevich A. N., Efimova L. V., Ivanova O. V. Analiz effektivnosti skreshchivaniya gibridnyh svinomatok s chistoporodnymi i terminal'nymi hryakami [Analysis of the effectiveness of crossing hybrid sows with purebred and terminal boars]. *V mire nauchnyh otkrytij*, 2016, no. 12 (84), pp. 108-129.
3. Ivanova N. V., Maksimov A. G. *Gibridizaciya v zhivotnovodstve: uchebnoe posobie* [Hybridization in animal husbandry: a textbook]. Persianojskij, Donskoj GAU, 2019. 134 p.
4. Tarazevich E. Innovacii v sozdanii krossov karpa s vysokimi tovarnymi priznakami [Innovations in the creation of carp crosses with high trade marks]. *Nauka i innovacii*, 2021, no. 8, pp. 41-44.
5. Xiao Q., Shen Ya., Gan Ya., Wang Yi, Zhang J., Huang Z., You W., Luo X., Ke C. Three-way cross hybrid abalone exhibit heterosis in growth performance, thermal tolerance, and hypoxia tolerance. *Aquaculture*, 2022, no. 555 (10). DOI: 10.1016/j.aquaculture.2022.738231.
6. Ageec V. Yu., Sergeeva T. A., Savicheva E. A., Kniga M. V., Vojtyuk T. F., Kruk A. Yu., Kral'ko S. V. Orlov I. A., Krasovskij S. A. Fiziologo-biohimicheskie pokazateli segoletkov i godovikov karpov raznoj porodnoj prinadlezhnosti iz kollekcionnogo stada [Physiological and biochemical parameters of fingerlings and yearlings of carp of different breeds from the collection of the herd]. *Voprosy rybnogo hozjajstva Belarusi*, 2022, no. 37, pp. 266-277.
7. Kamyshnikov V. V. *Spravochnik po kliniko-biohimicheskim issledovaniyam i laboratornoj diagnostike* [Handbook of clinical and biochemical research and laboratory diagnostics]. Moscow, MEDPress-inform, 2004. Pp. 56-60.
8. Maslova N. I., Vlasov V. A. Ispol'zovanie nekotoryh fermentov syvorotki krvi pri selekcionnom otbore v rybovodstve [The use of certain serum enzymes in selective selection in fish farming]. *Izvestiya TSKHA*, 2018, no. 5, pp. 66-77.
9. Svetina A., Matasin Z., Tofant A., Vucemilo M., Fijan N. Hematology and some blood chemical parameters of young carp till the age of three years. *Acta Vet Hung*, 2002, no. 50 (4), pp. 459-467.
10. Bichareva O. N., Musaev M. A. Osobennosti gema-

тологических показателей и микроэлементного состава некоторых органов прудовых рыб [Features of hematological parameters and trace element composition of some organs of pond fish]. *Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2008, no. 3 (44), pp. 71-74.

11. Bogeruk A. K. *Metodiki provedeniya ispytaniy na otlichimost', odnorodnost' i stabil'nost' ryby* [Methods of testing the distinctiveness, uniformity and stability of fish]. Moscow, Rosinformagrotekh Publ., 2009. 160 p.

12. Chen X., Liu Sh., Ding Q., Teame T., Yang Y., Ran Ch., Zhang Z., Zhou Z. Research advances in the structure, function and regulation of the gill barrier in teleost fish. *Water Biology and Security*, 2023, no. 2 (2), pp. 1-10.

13. Maslova N. I., Pronina G. I., Revyakin A. O. Rol' biohimicheskikh issledovaniy v selekcii ryb [The role of biochemical research in fish breeding]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2010, no. 4 (28), pp. 221-224.

14. Evans A. N., Nunez B. S. Fresh water acclimation elicits a decrease in plasma corticosteroids in the euryhaline Atlantic stingray. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 2015, no. 222, pp. 167-172.

15. Koppang E. O., Kvellestad A., Fisher U. Fish Mucosal Immunity: Gill, Mucosal. Health in aquaculture. *Elsevier*, 2015. Pp. 93-133.

16. Pronina G. I., Rozumnaya L. A., Mannapov A. G. Sravnitel'naya fiziologo-immunologicheskaya ocenka krossov karpa [Comparative physiological and immunological assessment of carp crosses]. *Rybovodstvo i rybnoe hozaystvo*, 2020, no. 9, pp. 58-68.

17. Mingazova M. S., Miroshnikova E. P., Kilyakova Yu. V., Arinzhanov A. E. Biologicheskoe dejstvie kormovykh dobavok na organizm karpa [The biological effect of feed additives on the body of carp]. *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*, 2023, no. 3, pp. 121-137.

18. Kesbic O. S., Acar U., Hassaan M. S., Yilmaz S., Guerrero M. C., Fazio F. Effects of tomato paste by-product extract on growth performance and blood parameters in common carp (*Cyprinus carpio*). *Animals (Basel)*, 2022, no. 12 (23), p. 3387.

19. Gallo M., Sapio L., Spina A., Naviglio D., Calogero A., Naviglio S. Lactic dehydrogenase and cancer: an over-view. *Front Biosci (Landmark Ed)*, 2015, no. 20 (8), pp. 1234-1249.

Статья поступила в редакцию 03.05.2024; одобрена после рецензирования 04.09.2024; принята к публикации 02.12.2024
The article was submitted 03.05.2024; approved after reviewing 04.09.2024; accepted for publication 02.12.2024

Информация об авторах / Information about the authors

Сергей Константинович Моргулев – аспирант кафедры аквакультуры и пчеловодства; Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева; semorgulev@mail.ru

Sergei K. Morgulev – Postgraduate Student of the Department of Aquaculture and Beekeeping; Russian Timiryazev State Agrarian University; semorgulev@mail.ru

Галина Иозеповна Пронина – доктор биологических наук, доцент; профессор кафедры аквакультуры и пчеловодства; Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева; gidrobiont4@yandex.ru

Galina I. Pronina – Doctor of Biological Sciences, Assistant Professor; Professor of the Department of Aquaculture and Beekeeping; Russian Timiryazev State Agrarian University; gidrobiont4@yandex.ru

Оксана Владимировна Алимкина – кандидат биологических наук; заведующий лабораторией № 3; Научный центр биомедицинских технологий Федерального медико-биологического агентства; alimkina@scbmt.ru

Oxana V. Alimkina – Candidate of Biological Sciences; Head of the Laboratory No. 3; Federal State Budgetary Institution Scientific Center of Biomedical Technologies of Federal Medical and Biological Agency; alimkina@scbmt.ru

