Вестник ВГУИТ/ Proceedings of VSUET ISSN 2226-910X E-ISSN 2310-1202
DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2025-3-113-121 Оригинальная статья/Research article
УДК 639.371.7 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Технологические и биохимические свойства рыбных филе и фаршей из гибридов африканского клариевого сома для производства пищевых рыбопродуктов

Ольга Д. Сергазиева [1] o.sergazieva@ya.ru 0000-0002-2122-1318
Анастасия А. Климук [1] klimukanastasia27@gmail.com 0000-0002-1852-1045
Максим Д. Царьков [1] maks607@inbox.ru 0009-0008-8879-4541

1 Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет), ул. Земляной Вал, д. 73, г. Москва, 109004, Россия

Аннотация. На сегодняшний день безусловный интерес представляет расширение ассортимента рыбопродукции за счет вовлечения в массовое производство новых видов сырья из пресноводных рыб, в частности из африканского клариевого сома *Clarias gariepinus*. Популярность данной рыбы в мировой аквакультуре обоснована низкой себестоимостью при выращивании, высокой скоростью роста и неприхотливостью ко многим факторам внешней среды. Цель данной работы – изучение технологических, химических, реологических и биологических качеств филе и фаршей из гибридных африканских сомов и родительских групп, выращенных в условиях УЗВ. Результаты работы показывают, что гибриды первого поколения клариевого сома (михайловская × таманская) достигли массы не менее 1450 г за 8 месяцев выращивания. Выявлено, что гибридные экземпляры превосходят родительские формы по ряду морфометрических показателей – абсолютной и промысловой длине, длине головы и длине тушки. Показано, что гибридные сомы демонстрируют улучшенные технологические показатели: выход тушки 51% (800 г) и филе с кожей 32,5% (500 г). Анализ химического состава филе и фаршей при различных условиях хранения показал, что в рыбе-сырце, охлажденной пробе и фарше гибридной группы уровень белка и жира составляет не менее 20 и 3,4%, михайловской 18,3 и 4,0%, таманской – 18,9 и 5,0%. По результатам исследования установлено, что гибриды *C. gariepinus* обладают улучшенными технологическими характеристиками, а получаемая рыбная продукция повышенными биологическими свойствами, что крайне перспективно для товарной аквакультуры.

Ключевые слова: технологические характеристики, гибриды, африканский сом, филе, белок.

Technological and biochemical properties of fish fillets and minced meats from hybrids of african catfish for the production of food fish products

Olga D. Sergazieva [1] o.sergazieva@ya.ru 0000-0002-2122-1318
Anastasia A. Klimuk [1] klimukanastasia27@gmail.com 0000-0002-1852-1045
Maxim D. Tsarkov [1] maks607@inbox.ru 0009-0008-8879-4541

1 K. G. Razumovsky Moscow State University of technology and management (First Cossack University), Zemlyanoy Val St., 73, Moscow, 109004, Russia

Abstract. Currently, there is clear interest in expanding the range of fish products by introducing new types of freshwater fish raw materials into mass production, particularly the African sharptooth catfish Clarias gariepinus. The popularity of this fish in global aquaculture is due to its low production costs, high growth rate, and tolerance to many environmental factors. The aim of this study was to investigate the technological, chemical, rheological, and biological properties of fillets and minced meat from hybrid African catfish and their parental groups raised in a recirculating aquaculture system (RAS). The results show that first-generation sharptooth catfish hybrids (Mikhailovskaya × Tamanskaya) reached a minimum weight of 1,450 g within 8 months of rearing. Hybrid specimens were found to outperform their parental forms in a number of morphometric parameters, including absolute and commercial length, head length, and body length. Hybrid catfish demonstrated improved processing properties: a carcass yield of 51% (800 g) and skin-on fillet yield of 32.5% (500 g). Analysis of the chemical composition of fillets and minced meats under various storage conditions revealed that the protein and fat levels in the raw fish, chilled sample, and minced meat of the hybrid group were at least 20% and 3.4%, respectively; in the Mikhailovskaya group, 18.3% and 4.0%, and in the Taman group, 18.9% and 5.0%. The study found that C. gariepinus hybrids possess improved processing characteristics, and the resulting fish products have enhanced biological properties, which holds great promise for commercial aquaculture.

Keywords: technological characteristics, hybrids, African catfish, fillet, protein.

Для цитирования
Сергазиева О. Д., Климук А.А., Царьков М.Д. Технологические и биохимические свойства рыбных филе и фаршей из гибридов африканского клариевого сома для производства пищевых рыбопродуктов // Вестник ВГУИТ. 2025. Т. 87. № 3. С. 113–121. doi:10.20914/2310-1202-2025-3-113-121

For citation
Sergazieva O. D., Klimuk A.A., Tsarkov M. D. Technological and biochemical properties of fish fillets and minced meats from hybrids of african catfish for the production of food fish products. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2025. vol. 87. no. 3. pp. 113–121. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2025-3-113-121

© 2025, Сергазиева О.Д. и др. / Sergazieva O.D. et al.
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

Рыбное сырье представляет собой сложную многокомпонентную систему, характеризующуюся значительной изменчивостью химического состава, физико-химических свойств и структурных характеристик, что нередко обуславливает нестабильность качества, пищевой и биологической ценности конечной продукции [1]. Для того, чтобы избежать значительных изменений в качестве рыбного сырья, необходимо контролировать не только внешние условия, корма и кормление рыб, но и учитывать происхождение популяции, качественные характеристики родительских линий, степень гетерозиготности. Получение гибридов первого поколения является общеизвестной практикой повышения продуктивности за счет появления гетерозигот не только в аквакультуре, но и в животноводстве и растениеводстве. Признанными успешными гибридами рыб являются бестер (белуга + стерлядь), карасекарпы (серебряный карась + карп) и многие другие виды, традиционно выращиваемые в России [2, 3].

Одним из популярных объектов аквакультуры, активно культивируемым в странах Азии, Африки, Европы и Южной Америки, является африканский клариевый сом (*Clarias gariepinus*) [4, 5]. Мясо данного вида отличается диетическими свойствами, низким содержанием костей и высокой степенью технологической переработки, не требующей значительных энергетических и трудовых затрат. В реестре пород сельскохозяйственных животных, утверждённом Министерством сельского хозяйства Российской Федерации, зарегистрированы две породы африканского клариевого сома (*Clarias gariepinus*) – михайловская (пат. № 9064) и таманская (пат. № 10639). Представители таманской породы успешно культивируются в прудовых хозяйствах Краснодарского края благодаря повышенной устойчивости к низким температурам воды. В то же время михайловская порода отличается максимальным выходом товарной продукции, что делает её особенно перспективной для переработки. В России за последние годы отмечается рост интереса к выращиванию африканского сома в условиях установок с замкнутым циклом водообеспечения (УЗВ), как в качестве основного, так и дополнительного объекта. Однако в большинстве случаев производство осуществляется на малых предприятиях, ориентированных преимущественно на коммерческий результат (ООО «Агроферма Липецк», ИП Камешкова Е.В., ИП Шумов В.И. и др.). Существенной проблемой является отсутствие достоверной информации у многих поставщиков о происхождении особей-производителей, используемых для получения рыбопосадочного материала [6]. Это может приводить к снижению темпов роста, уменьшению выхода конечной продукции, а также к отклонениям в химическом составе и органолептических показателях рыбного сырья от установленных нормативных требований.

Для минимизации негативных последствий, связанных с использованием посадочного материала, не соответствующего технологическим нормативам, важно обеспечить стабильный спрос со стороны рыбоводных хозяйств на молодь, полученную на основе внедрения в производство гибридных гетерозиготных линий с установленным и контролируемым происхождением. Известно, что гибридные формы рыб, как правило, превосходят родительские формы по ключевым биологическим и хозяйственным признакам. Это проявляется в достоверном увеличении темпов роста, повышении выживаемости и устойчивости к неблагоприятным факторам среды [7]. Кроме того, при технологической переработке гибридного сырья отмечается более высокий выход съедобных частей, что положительно сказывается на эффективности производства и качестве конечной продукции [3].

В связи с этим целью настоящего исследования стало изучение технологических, химических, реологических и биологических свойств филе и рыбных фаршей, полученных от гибридных форм африканского сома, а также от родительских линий – пород михайловская и таманская, выращенных в условиях УЗВ.

Материалы и методы

Исследования были проведены на базе уникальной научной установки (УНУ) НТИ РФ Рег. № 3662433 – «Научно-исследовательский комплекс передовых технологий аквакультуры и гидроэкологии» факультета биотехнологий и рыбного хозяйства ФГБОУ ВО «МГУТУ им. К.Г. Разумовского (ПКУ)».

Объектом исследования являлись одновозрастные (8 мес.) гибридные особи африканского сома *Clarias gariepinus*, полученные путем скрещивания двух пород (♀ михайловская • ♂ таманская), а также родительские линии пород михайловская и таманская. Сомов содержали в трех изолированных бассейнах УЗВ объемом 4 000 л: михайловская группа (ср. масса 1320 ± 26 г, длина 53,4 ± 3,1 см), плотность посадки 16,8 кг/м^3; таманская группа (ср. масса 1290 ± 32 г, длина 57,6 ± 2,2 см), плотность посадки 28,3 кг/м^3; гибриды (ср. масса 1540 ± 73 г, длина 61,1 ± 3,4 см), плотность посадки 20 кг/м^3. Кормление производилось 2 раза/сут в соответствии с нормативными таблицами с применением экструдированного комбикорма для сомов марки GROWER-13 EF (4,5 мм).

Анализ рыбопродукции проводили на средней пробе, составляющей 10 % от общего количества особей в каждой исследуемой группе, с использованием метода случайного отбора здоровых, не имеющих видимых повреждений и аномалий рыб согласно требованиям ГОСТ 31339–2006. Перед обработкой рыбу седатировали в растворе гвоздичного масла с концентрацией 0,05 % до достижения полной иммобилизации, после чего тщательно промывали проточной водой и удаляли слизь с поверхности тела. Размерно-массовые показатели (масса, длина, толщина тела) определяли в соответствии с ГОСТ 7631–2008. Выход съедобных и несъедобных частей рассчитывали по массе соответствующих частей после разделки, согласно методике, установленной ГОСТ 7631–2008. Перед проведением химических анализов рыбу подвергали филетированию, мякоть измельчали на мясорубке с диаметром отверстий решетки 3 мм, затем тщательно перемешивали и формировали среднюю пробу рыбного фарша, составляющую 10% от общего объёма полученного филе, в соответствии с требованиями ГОСТ 31339–2006.

Для товароведного анализа и оценки качественного и химического составов при различных условиях хранения пробы свежего рыбного филе и фарша охлаждали при температуре от 0 до +4 °С без использования льда в холодильной камере (КХН – 1,28 Minicella MM, Россия) в течение 4 ч. Замораживание проводили способом медленной заморозки при температуре ниже -18 °С в морозильной камере (Polair CB107-S, Россия) при умеренных скоростях снижения температуры.

Химический состав мяса рыб нескольких категорий (рыба-сырец, сырой фарш, охлажденная, замороженная) определяли в соответствии с требованиями ГОСТ 7636–85. Исследовали содержание белка, жира, золы, влаги, а также влагоудерживающую способность (ВУС). Содержание белка устанавливали по методу Къельдаля в соответствии с ГОСТ 25011–2017. Массовую долю жира определяли экстракционным методом Сокслета с использованием спирт-хлороформной смеси по ГОСТ 13496.18–85. Содержание минеральных веществ (зольность) определяли путём сожжения пробы в муфельной печи (ПМ-700, Россия) при температуре 550 °С до достижения постоянной массы и однородного серого цвета золы. Содержание влаги определяли гравиметрическим методом путём высушивания навески массой 5 г в галогенном анализаторе влажности (HE53, Германия) до постоянного веса. ВУС оценивали по методике [8].

Статистическую обработку проводили с использованием двух непараметрических тестов: критерия Краскела-Уоллиса и post-hoc теста Данна. Результаты представлены в виде средних значений ± стандартное отклонение. Все статистические анализы были выполнены в программе GraphPad Prism version 9.0 software (GraphPad, San Diego, CA, USA). Рисунки подготовлены в графическом редакторе Adobe Illustrator 2022.

Результаты

Согласно результатам морфометрического анализа, гибриды F1 пород михайловская и таманская за 8 месяцев выращивания достигли массы не менее 1450 г и длины 58 см (рисунок 1а). Как видно из данных таблицы 1, гибридная группа превосходит таманскую породу по абсолютной и промысловой длине на 11,5 и 11,1% ($p < 0,05$). Доля головы у михайловской породы существенно ниже, чем у гибридной и таманской групп – в 1,3 и 1,2 раза соответственно. По длине тушки гибриды превышают михайловскую породу на 18,1%, а таманскую – на 15,9%. По высоте тела гибриды не отличаются от михайловской породы, но превышают таманскую в 1,4 раза. Обхват тела у таманской и гибридной групп достоверно не различается, тогда как у михайловской он на 14,2% ниже, чем у гибридов. Длина хвостового плавника сходна во всех исследуемых группах.

Таблица 1.

Морфометрические показатели особей исследуемых групп

Table 1.

Morphometric parameters of individuals of the groups

Показатель | Indicator	Группа | Group		
	Михайловская Mikhailovskaya (n = 20)	Таманская Tamanskaya (n = 20)	Гибриды Hybrids (n = 20)
Абсолютная длина, см | Absolute length, cm	57,6 ± 1,4 ^{ab}	54,0 ± 2,1 ^{b}	61,0 ± 3,1 ^{a}
Промысловая длина, см | Commercial length, cm	51,2 ± 1,6 ^{ab}	48,0 ± 2,4 ^{b}	54,0 ± 3,0 ^{a}
Длина головы, см | Head length, cm	11,0 ± 1,1 ^{b}	14,5 ± 0,7 ^{a}	13,5 ± 0,9 ^{a}
Длина хвостового плавника, см Length of the caudal fin, cm	5,0 ± 1,1	6,0 ± 1,0	7,0 ± 1,0
Длина тушки, см | Carcass length, cm	36,0 ± 0,5 ^{b}	37,0 ± 0,7 ^{b}	44,0 ± 0,4 ^{a}
Высота тела, см | Body height, cm	9,5 ± 0,3 ^{a}	6,1 ± 0,5 ^{b}	9,0 ± 0,5 ^{a}
Обхват тела (толщина), см | Body circumference (thickness), cm	18,0 ± 0,1 ^{b}	19,0 ± 0,3 ^{a}	21,0 ± 0,2 ^{a}

Примечание здесь и далее. a, b – обозначение достоверного отличия между группами при $p < 0,05$ согласно post-hoc тесту Данна
Note here and below. a, b – designation of a significant difference between groups at $p < 0.05$ according to Dunn's post-hoc test

На этапе переработки гибридные особи продемонстрировали превосходство по показателям выхода съедобных частей (табл. 2). Абсолютная масса гибридов составила не менее 1450 г. (рисунок 1б), что на 16,2% выше, по сравнению с михайловской, и на 14,3% с таманской породой. Выход порки у гибридов достигал не менее 1100 г. (в среднем 77,4% от абсолютной массы; рисунок 1в), достоверно не отличаясь от михайловской породы, но превышая таманскую на 7,2% ($p < 0,05$). Выход тушки у гибридов составил в среднем 800 г. (не менее 50%), что на 7,7% выше показателей таманской группы и сопоставимо с михайловской. Масса головы не различалась достоверно между группами, однако её относительный выход был наибольшим у михайловской породы – 32,8%, что в 1,64 и 1,18 раза превышает значения у гибридной и таманской групп соответственно. Масса филе с кожей была статистически значимо выше у гибридов (в среднем не менее 480 г.; рисунок 1е), однако процентный выход филе не различался между группами. По несъедобным частям, масса внутренностей и костей не имела достоверных различий. Масса и выход кожи были значительно выше у михайловской породы – по массе в 1,4 раза, по процентному выходу – в 1,4 и 1,1 раза по сравнению с таманской и гибридной группами соответственно. Масса плавников у гибридов и михайловской породы превышала таковую у таманской в 1,5 и 1,6 раза. Выход икры у гибридов составил 285,7 г, что в 2 раза превышает показатели родительских линий.

Химический анализ мяса проводили на филе без кожи (рисунок 1з). Образцы делили на равные части и подвергали различным видам обработки: охлаждению (рисунок 2б), замораживанию (рисунок 2в), приготовлению фарша (рисунок 2г). Свежие образцы (рыба-сырец и фарш) анализировали сразу после разделки (рисунок 2а).

Таблица 2.

Технологические характеристики африканских сомов исследуемых групп

Table 2.

Technological characteristics of African catfish of the groups

Показатель | Indicator		Михайловская Mikhailovskaya (n = 20)	Таманская Tamanskaya (n = 20)	Гибриды Hybrids (n = 20)
Абсолютная масса Absolute mass	Масса, г | Weight, g	1290,0 ± 32,0 ^{b}	1320,0 ± 26,0 ^{b}	1540,0 ± 73,0 ^{a}
	%, percent	100	100	100
Потрошеная рыба Gutted fish	Масса, г | Weight, g	1110,0 ± 45,8	947,6 ± 28,0	1196,6 ± 15,2
	%, percent	86,5 ± 7,4 ^{a}	71,8 ± 1,5 ^{b}	77,4 ± 1,8 ^{a}
Тушка Carcass	Масса, г | Weight, g	720,6 ± 4,1 ^{b}	630,0 ± 10,0 ^{b}	806,1 ± 11,0 ^{a}
	%, percent	56,2 ± 5,1 ^{a}	47,7 ± 1,3 ^{b}	51,7 ± 1,1 ^{a}
Голова Head	Масса, г | Weight, g	422,3 ± 24,0 ^{a}	464,3 ± 22,05 ^{b}	426,6 ± 20,8 ^{a}
	%, percent	32,8 ± 1,9 ^{a}	20,0 ± 1,9 ^{b}	27,6 ± 0,9 ^{ab}
Филе с кожей Fillet with skin	Масса, г | Weight, g	420,6 ± 16,7 ^{b}	432,8 ± 15,8 ^{b}	502,6 ± 20,2 ^{a}
	%, percent	32,7 ± 2,2	32,8 ± 0,7	32,5 ± 1,2
Внутренности Internals	Масса, г | Weight, g	110,3 ± 9,5	121,5 ± 0,5	237,1 ± 110,2
	%, percent	8,6 ± 0,8	1,6 ± 0,1	15,3 ± 12,0
Кожа Leather	Масса, г | Weight, g	79,0 ± 8,5 ^{a}	55,2 ± 2,4 ^{b}	54,8 ± 2,8 ^{b}
	%, percent	6,1 ± 0,7 ^{a}	4,2 ± 0,1 ^{b}	5,3 ± 0,2 ^{b}
Плавники Fins	Масса, г | Weight, g	25,7 ± 2,4 ^{a}	15,5 ± 0,7 ^{b}	23,7 ± 1,1 ^{a}
	%, percent	1,8 ± 0,3	1,2 ± 0,1	1,2 ± 0,1
Кости Bones	Масса, г | Weight, g	153,5 ± 15,0	151,5 ± 7,8	161,6 ± 14,1
	%, percent	11,9 ± 1,0	11,5 ± 0,4	10,5 ± 0,7
Икра Caviar	Масса, г | Weight, g	138,3 ± 68,2 ^{b}	125,8 ± 36,1 ^{b}	285,7 ± 20,5 ^{a}
	%, percent	10,7 ± 4,9	9,5 ± 5,7	10,2 ± 6,8

Содержание белка в рыбе-сырце гибридной группы составило 20,6%, что на 10,2 и 8,25% выше показателей михайловской и таманской пород соответственно ($p < 0,05$; таблица 2) В охлаждённом филе содержание белка у гибридов (21,3%) превышало родительские линии на 14 и 8,9%. В замороженном филе уровень белка не различался между группами и составлял не менее 19,0%. В фарше гибридов содержание белка достигало 21,0%, что на 8,6 и 8% выше, чем у михайловской и таманской пород.

Жирность рыбы-сырца у гибридов составила не менее 3,4% – в 1,7 раза выше, чем у таманской породы, и сопоставима с михайловской (3,0%). В охлаждённом филе жирность гибридов (2,2%) превышала родительские линии в 1,1 раза. В замороженном филе наибольшее содержание жира отмечено у михайловской породы (4,0%), что на 25,0% и 27,5% выше показателей таманской и гибридной групп. В фарше наибольшую жирность имела таманская группа (5,0%), превышая михайловскую и гибридную в 1,6 и 1,9 раза соответственно.

Содержание минеральных веществ (золы) в рыбе-сырце у гибридов превышало показатели михайловской и таманской пород в 1,7 и 1,8 раза ($p < 0,05$).

В охлаждённом филе гибридов зольность была выше родительских линий в 2,46 и 2,13 раза. В замороженном филе зольность гибридов превышала таманскую в 1,68 раза, но не отличалась от михайловской. Наибольшую зольность имел фарш михайловской группы (0,34%), превышая таманскую в 2,6 раза. Максимальное содержание воды отмечено в свежем филе таманской породы (76,9%), что на 19,6 и 13,1% выше показателей михайловской и гибридной групп.

Аналогичная тенденция наблюдалась в охлаждённом филе. В замороженном сырье содержание воды не различалось и находилось в диапазоне 66,0–68,0%. В фарше влажность гибридов была выше михайловской и таманской на 21,8 и 13,1% соответственно.

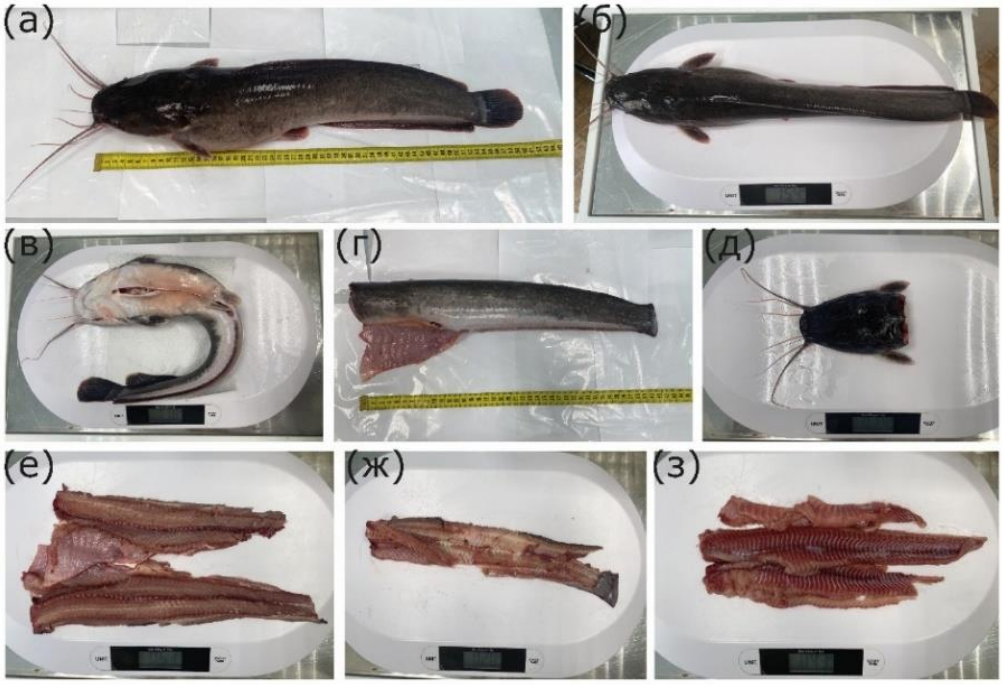


Рисунок 1. Основные этапы переработки гибридных особей африканского клариевого сома *C. gariepinus: а* – измерение длины целой рыбы, *б* – измерение массы целой рыбы, *в*-измерение массы порки, *г* – измерение длины тушки, *д* – измерение массы головы, *е* – измерение массы филе с кожей, *ж* – измерение массы костей, *з* – измерение массы филе без кожи

Figure 1. The main stages of processing of hybrid African sharptooth catfish *C. gariepinus*: a – measuring the length of the whole fish, b – measuring the weight of the whole fish, c – measuring the weight of the fillet, d – measuring the length of the carcass, d – measuring the weight of the head, e – measuring the weight of the fillet with skin, g – measuring the weight of the bones, h – measuring the weight of the fillet without skin

Влагоудерживающая способность (ВУС) рыбы-сырца была наибольшей у таманской группы (43,4%), превышая михайловскую и гибридную в 1,16 и 1,19 раз. В охлаждённых образцах филе гибридов и таманской ВУС – 39,5%, что достоверно превышало показатели михайловской (на 7,84%). В замороженном филе максимальная ВУС зафиксирована у михайловской группы (52,4%), что на 8,7% и 18,7% выше показателей таманской и гибридной. Фарш гибридной группы демонстрировал наибольшую ВУС (69,7%), превышая михайловскую на 13,9% и таманскую на 5,45% ($p < 0,05$).

Биологическая ценность мяса африканского сома исследуемых групп находилась на уровне: рыба-сырец 102,5 ккал (428,8 кДж); охлажденная 97,2 ккал (406,7 кДж); замороженная 104,0 ккал (435,1 кДж); фаршевые изделия 111,1 ккал (464,8 кДж).

Обсуждение

Африканский клариевый сом *Clarias gariepinus* на протяжении последних десятилетий занимает ведущие позиции в мировой аквакультуре благодаря высокой адаптивности к экстремальным условиям, интенсивным темпам роста и устойчивости к различным видам стрессоров [9, 10]. Однако для повышения экономической эффективности и качества товарной продукции всё чаще применяется гибридизация Clarias с видами рода Heterobranchus для получения гибридов, демонстрирующих гетерозис по ключевым товарным признакам и позволяющие в дальнейшем избежать инбредной депрессии [11].

Получение гибридов в аквакультуре обосновано экономически, поскольку способствует улучшению параметров выращивания: увеличению скорости роста, повышению выхода филе и снижению смертности от болезней.

В ходе исследования установлено, что гибриды F1 пород михайловская и таманская за 8 месяцев выращивания достигли массы не менее 1450 г. и длины 58 см, превосходя таманскую породу по абсолютной и промысловой длине. По длине тушки гибриды также превзошли родительские линии на 15–18%. Эти данные согласуются с результатами других исследований, в которых гибриды показали более высокие значения по линейным размерам и массе по сравнению с чистыми линиями *C. gariepinus* [11, 12]. В частности, в работе [11] отмечено, что гибридные формы демонстрируют значительный прирост массы за счёт гетерозиса, что подтверждается и в нашем исследовании.

На этапе переработки гибриды (михайловская • таманская) показали существенное преимущество. Выход тушки составил не менее 50% (в среднем 800 г), филе 32% (500 г). Эти результаты согласуются с исследованиями, посвященными гетерокляриям (гибридам *C. gariepinus* и *Heterobranchus longifilis*), в которых выход тушки и филе составил 68,3 и 53,9% соответственно, в то время как у чистых линий *C. gariepinus* – 60,4 и 49,1% [12]. Аналогичные значения выхода тушки *C. gariepinus* (69,95%) и филе (42,69%) были получены в работе [13]. Таким образом, более высокий выход съедобных частей у гибридов подтверждает их повышенную коммерческую ценность.

Содержание белка в рыбе-сырце у гибридов составило 20,6% – на 10,2 и 8,25% выше, чем у михайловской и таманской пород. В охлаждённом филе уровень белка у гибридов составил 21,3%, что также выше родительских линий. Эти показатели выше, чем в работах [10, 12] в которых содержание белка в филе *C. gariepinus* составило 18,0 и 16,8%, у гетерокларий – 17%. В работе [11] отмечена противоречивость данных по мясным характеристикам гибридов: если выход филе увеличивается на 8–12%, то содержание жира в мышцах снижалось на 25%, что может негативно сказываться на сочности и вкусовых качествах продукции. В нашем исследовании жирность гибридов в свежем филе составила 3,4%, что в 1,7 раза выше, чем у таманской породы (2,0%), и сопоставимо с михайловской (3,0%), что указывает на сохранение достаточного уровня липидов для обеспечения вкусовых свойств.

Таблица 3.

Результаты анализа филе и фаршевых изделий клариевого сома при нескольких способах хранения

Table 3.

Results of analysis of catfish fillets and minced products using several storage methods

Группа Group	Категория Category	Показатель | Indicator					
		Белки, % Proteins	Жиры, % Fats	Зола, % Ash	Вода, % Water	ВУС, % WHC	Калорийность, ккал / кДж Caloric, kcal / kJ
Михайловская Mikhailovskaya (n = 20)	Рыба-сырец Raw fish	18,5 ± 0,1 ^{b}	3,0 ± 0,01 ^{ab}	0,15 ± 0,01 ^{b}	61,8 ± 0,1 ^{b}	37,4 ± 0,1 ^{b}	101 / 424,2
	Охлажденная Chilled fillet	18,3 ± 0,2 ^{b}	2,0 ± 0,01 ^{b}	0,13 ± 0,01 ^{b}	63,5 ± 0,1 ^{b}	36,4 ± 0,1 ^{b}	91,2 / 383,0
	Замороженная Frozen fillet	19,1 ± 0,1	4,0 ± 0,01 ^{a}	0,22 ± 0,01 ^{ab}	66,7 ± 0,1	52,4 ± 0,1 ^{a}	112,4 / 472,0
	Фаршевые изделия Minced products	19,2 ± 0,1 ^{b}	3,0 ± 0,01 ^{b}	0,34 ± 0,01 ^{a}	60,1 ± 0,1 ^{b}	60,0 ± 0,1 ^{b}	103,8 / 435,9
Таманская Tamanskaya (n = 20)	Рыба-сырец Raw fish	18,9 ± 0,4 ^{b}	2,0 ± 0,01 ^{b}	0,14 ± 0,01 ^{b}	76,9 ± 0,1 ^{a}	43,4 ± 0,1 ^{a}	93,6 / 393,1
	Охлажденная Chilled fillet	19,4 ± 0,3 ^{b}	2,0 ± 0,01 ^{b}	0,15 ± 0,01 ^{b}	77,3 ± 0,1 ^{a}	39,5 ± 0,1 ^{a}	95,6 / 401,5
	Замороженная Frozen fillet	19,6 ± 0,7	3,0 ± 0,01 ^{b}	0,16 ± 0,01 ^{b}	67,0 ± 0,1	47,8 ± 0,1 ^{ab}	96,4 / 404,8
	Фаршевые изделия Minced products	19,3 ± 0,2 ^{b}	5,0 ± 0,01 ^{a}	0,13 ± 0,01 ^{b}	62,0 ± 0,1 ^{b}	65,9 ± 0,1 ^{ab}	122,2 / 513,2
Гибриды Hybrids (n = 20)	Рыба-сырец Raw fish	20,6 ± 0,2 ^{a}	3,4 ± 0,01 ^{a}	0,26 ± 0,01 ^{a}	66,8 ± 0,1 ^{b}	36,3 ± 0,1 ^{b}	113 / 474,6
	Охлажденная Chilled fillet	21,3 ± 0,2 ^{a}	2,2 ± 0,01 ^{a}	0,32 ± 0,01 ^{a}	66,9 ± 0,1 ^{b}	39,5 ± 0,1 ^{a}	105 / 441,0
	Замороженная Frozen fillet	19,3 ± 0,3	2,9 ± 0,01 ^{b}	0,27 ± 0,01 ^{a}	68,4 ± 0,1	42,6 ± 0,1 ^{b}	103,3 / 433,8
	Фаршевые изделия Minced products	21,0 ± 0,1 ^{a}	2,6 ± 0,01 ^{b}	0,27 ± 0,01 ^{ab}	65,5 ± 0,1 ^{a}	69,7 ± 0,1 ^{a}	107,4 / 451,0

Сравнение с другими видами показывает, что содержание белка и жира в мясе *C. gariepinus* варьирует в зависимости от условий выращивания и генетики. По данным [9], содержание белка у *C. gariepinus* составляет 16,8–17,42%, жира – 5,3–5,7%, что соответствует категории среднежирных рыб [14]. В нашем исследовании аналогичные значения получены для михайловской и таманской пород (17% белка, 3–4% жира), что подтверждает достоверность методики. В то же время, в работе [15] не выявили существенных различий в содержании белка между *C. gariepinus* и *H. longifilis*, но зафиксировали более высокое содержание жира у *H. longifilis*, особенно при высокой плотности посадки. У гибридов в нашем исследовании наблюдалось повышенное содержание белка и умеренное – жира, что сочетает преимущества обеих родительских линий.

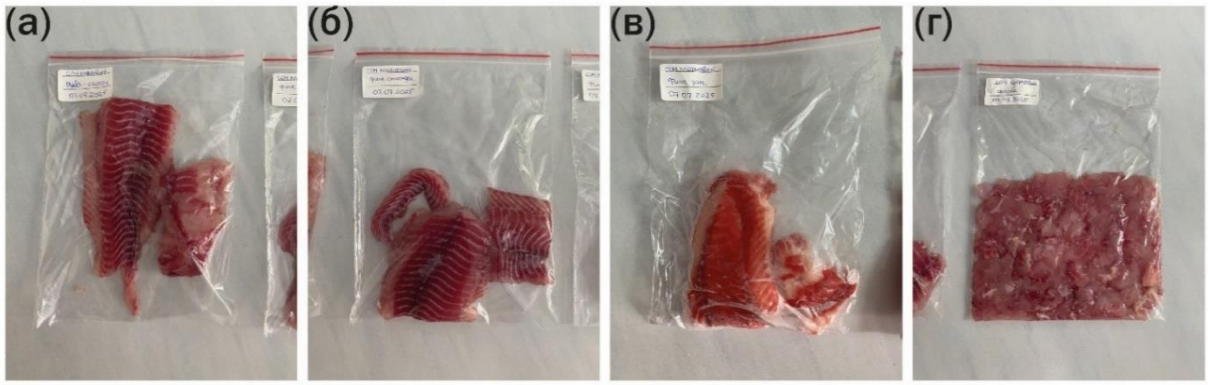


Рисунок 2. Образцы филе гибридного африканского клариевого сома: *а* – рыба-сырец, *б* – охлажденное филе, *в*-замороженное филе, *г* – фаршевые изделия

Figure 2. Samples of hybrid African catfish fillets: a – raw fish, b – chilled fillet, c – frozen fillet, d – minced products

Влагоудерживающая способность относится к ряду важных количественных характеристик рыбной продукции. Согласно работе [16], фарши с ВУС 65–70% могут быть использованы для приготовления колбасно-сосисочных изделий, с ВУС 50–65% – использоваться для изготовления кулинарных изделий (котлет, биточков и пр.). По результатам нашего исследования, ВУС рыбы-сырца африканских сомов исследуемых групп находилась в диапазоне 37–43%, охлажденного филе 36–39%, замороженного 42–52%. ВУС фаршей родительских линий 65–66%, гибридной группы 69,7%, что предполагает широкое использование этого сырья в производстве рыбопродукции [17].

Таким образом, полученные результаты согласуются с международными данными – гибридные формы африканского клариевого сома превосходят родительские по росту, выходу съедобных частей и содержанию белка. В полученных нами результатах в мясе гибридных рыб сохранен оптимальный баланс белка и жира, что положительно сказывается на потребительских качествах продукции. Высокие технологические и биохимические показатели филе гибридов F1 пород михайловская и таманская подтверждают их перспективность для промышленного выращивания и переработки.

Выводы

Гибриды F1 африканского клариевого сома (михайловская × таманская) обладают повышенной скоростью роста – абсолютная масса составила не менее 1450 г за 8 месяцев выращивания, что на 16,2% выше по сравнению с михайловской, и на 14,3% с таманской породой; выход тушки составил не менее 50% (в среднем 800 г), филе 32% (500 г).

Анализ химического состава филе и фаршей при различных условиях хранения показал, что в рыбе-сырце, охлажденной пробе и фарше гибридной группы уровень белка и жира составляет не менее 20,0 и 3,4%, у родительских линий михайловской породы 18,3 и 4,0%, таманской – 18,9 и 5,0%;

Гибриды F1 пород михайловская и таманская демонстрируют комплексное преимущество по морфометрическим, технологическим и химическим показателям. Высокие темпы роста, увеличенный выход съедобных частей, повышенное содержание белка и минеральных веществ, а также удовлетворительные показатели ВУС и энергетической ценности подтверждают перспективность использования данных гибридов в промышленной аквакультуре и рыбопереработке.

Благодарность

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда (РНФ) № 25–26–00181.

Литература

1 Чернышова О.В., Цибизова М.Е. Технохимический состав и функционально-технологические свойства недоиспользуемого рыбного сырья Волго-Каспийского бассейна // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Рыб. хоз-во. 2012. № 2. С. 189–194.

2 Нечипорук Т.В., Лебенгарц Я.З., Плиева Т.Х. Увеличение продуктивности водоемов за счет добавочной рыбы в условиях 1 зоны рыбоводства // Вестн. ОрелГАУ. 2017. № 4. С. 67–72.

3 Арнаутов М.В., Артемов Р.В., Бурлаченко И.В., Артемов А.В. и др. Технологические характеристики межвидовых гибридов осетровых рыб, выращиваемых в условиях УЗВ // Актуал. вопр. рыболовства, рыбоводства (аквакультуры) и экол. мониторинга водных экосистем. 2018. С. 17–20.

4 Климук А.А., Бекетов С.В., Калита Т.Л. Физиолого-экологические особенности выращивания африканского клариевого сома Clarias gariepinus // Усп. совр. биол. 2024. Т. 144. № 6. С. 705–716. doi: 10.31857/S0042132424060075.

5 Libisch B., Sándor Z.J., Keresztény T., Ozoaduche C.L. et al. Effects of Short-Term Feeding with Diets Containing Insect Meal on the Gut Microbiota of African Catfish Hybrids // Animals. 2025. V. 15. № 9. P. 1338.

6 Соколова А.Г. Мероприятия по совершенствованию разведения племенных рыб // Каспий и глобальные вызовы. 2022. С. 497–500.

7 Четвертакова Е.В., Енгоян А.В., Красулина М.А. Зимнее содержание сибирского осетра (Acipenser baerii Brandt) с пищевой депривацией в установках замкнутого водоснабжения // Вестн. Краснояр. гос. аграр. ун-та. 2022. № 11 (188). С. 158–164.

8 Куприй А.С., Дунченко Н.И., Волошина Е.С. Научно-технические перспективы для создания ресурсоэффективных технологий в рыбной промышленности // Современные достижения биотехнологии. Глобальные вызовы и актуальные проблемы переработки и использования вторичных сырьевых ресурсов агропромышленного комплекса России. 2021. С. 145–148.

9 Abdel-Mobdy H.E., El-Laithy N., Ahmed A.H., Rashed M.A., Salem M.M. Nutritional value of African catfish (Clarias gariepinus) meat // Asian J. Appl. Chem. Res. 2021. V. 8. № 2. P. 31–39.

10 Gebremichael A., Szabó A., Sándor Z.J., Nagy Z. et al. Chemical and Physical Properties of African Catfish (Clarias gariepinus) Fillet Following Prolonged Feeding with Insect Meal-Based Diets // Aquac. Nutr. 2023. V. 2023. P. 6080387.

11 Wilfred-Ekprikpo P. Comparative Study of Africa Catfish Clarias gariepinus, Heterobranchus longifilis and Their Hybrid Growth Performance Reared in Concrete Tanks // Amer. Geophys. Union, Ocean Sci. Meet. 2024. P. F44A-0331.

12 Sobczak M., Panicz R., Sadowski J., Półgęsek M. et al. Does Production of Clarias gariepinus × Heterobranchus longifilis Hybrids Influence Quality Attributes of Fillets? // Foods. 2022. V. 11. № 14. P. 2074.

13 Hematyar N., Bahmani Z., Larsen B.K., Sloth J.J. et al. Considering two aspects of fish welfare on African catfish (Clarias gariepinus) fillet throughout postmortem condition: efficiency and mechanisms // Foods. 2022. V. 11. № 24. P. 4090.

14 Wei W., Jia M., Du Q., Liu J., Sui Z. The potential of marine oils as functional foods: Nutritional composition, health benefits, applications, and future perspectives // Food Rev. Int. 2025. P. 1–32.

15 Basharat H., Shah S.M.H., Salam A., Ali U., Ullah S. Growth and production characters of African catfish (Clarias gariepinus) stocked at different stocking densities in earthen ponds under local climatic conditions of Pakistan // Sarhad J. Agric. 2024. V. 40. № 2. P. 637–645.

16 Богданов В.Д., Волотка Ф.Б. Функционально-технологические свойства дальневосточной красноперки и кефали-лобана // Изв. ТИНРО. 2013. Т. 173. С. 280–292.

17 Бредихина О.В., Зарубин Н.Ю., Строкова Н.Г. Технологии функциональных пищевых продуктов на основе рыбного фарша с использованием методов биотехнологии // Актуал. биотехнол. 2020. № 3 (34). С. 177–179.

18 Heikal Z., Megahed R., Barakat S., Gamil A. Quality Properties of African Catfish (Clarias gariepinus) Meat as Affected by its Color // Assiut J. Agric. Sci. 2024. V. 55. № 2. P. 93–110.

19 Menchynska A., Zadorozhna V., Svyrydenko D., Krushelnytska N. et al. Quality characteristics of fish sausages made from African catfish (Clarias gariepinus) // Anim. Sci. Food Technol. 2024. V. 15. № 1. P. 74–90.

20 El-Gendy N.M., Amer A., Ibrahim H.A. Physico-Chemical and Sensory Assessment of Local and Imported Catfish Fillets // Alex. J. Vet. Sci. 2024. V. 80. № 1. P. 1–12.

References

1 Chernyshova O.V., Tsibizova M.E. Technochemical composition and functional-technological properties of underutilized fish raw materials from the Volga-Caspian basin. Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Series: Fisheries. 2012. no. 2. pp. 189–194. (in Russian)

2 Nechiporuk T.V., Lebengarts Ya.Z., Plieva T.Kh. Increasing the productivity of water bodies due to additional fish in the conditions of the 1st fish farming zone. Bulletin of OrelSAU. 2017. no. 4. pp. 67–72. (in Russian)

3 Arnautov M.V., Artemov R.V., Burlachenko I.V., Artemov A.V. et al. Technological characteristics of interspecific hybrids of sturgeon fish grown in recirculating aquaculture systems. Current issues of fisheries, fish farming (aquaculture) and environmental monitoring of aquatic ecosystems. 2018. pp. 17–20. (in Russian)

4 Klimuk A.A., Beketov S.V., Kalita T.L. Physiological and ecological features of growing African sharptooth catfish Clarias gariepinus. Biology Bulletin Reviews. 2024. vol. 144. no. 6. pp. 705–716. doi: 10.31857/S0042132424060075 (in Russian)

5 Libisch B., Sándor Z.J., Keresztény T., Ozoaduche C.L. et al. Effects of Short-Term Feeding with Diets Containing Insect Meal on the Gut Microbiota of African Catfish Hybrids. Animals. 2025. vol. 15. no. 9. p. 1338. doi: 10.3390/ani15091338

6 Sokolova A.G. Measures to improve the breeding of pedigree fish. Caspian Sea and Global Challenges. 2022. pp. 497–500. (in Russian)

7 Chetvertakova E.V., Engoyan A.V., Krasulina M.A. Winter keeping of Siberian sturgeon (Acipenser baerii Brandt) with food deprivation in recirculating aquaculture systems. Bulletin of Krasnoyarsk State Agrarian University. 2022. no. 11 (188). pp. 158–164. (in Russian)

8 Kupriy A.S., DUNCHENKO N.I., Voloshina E.S. Scientific and technical prospects for the creation of resource-efficient technologies in the fish industry. Modern achievements of biotechnology. Global challenges and current problems of processing and use of secondary raw materials of the agro-industrial complex of Russia. 2021. pp. 145–148. (in Russian)

9 Abdel-Mobdy H.E., El-Laithy N., Ahmed A.H., Rashed M.A., Salem M.M. Nutritional value of African catfish (Clarias gariepinus) meat. Asian Journal of Applied Chemistry Research. 2021. vol. 8. no. 2. pp. 31–39.

10 Gebremichael A., Szabó A., Sándor Z.J., Nagy Z. et al. Chemical and Physical Properties of African Catfish (Clarias gariepinus) Fillet Following Prolonged Feeding with Insect Meal-Based Diets. Aquaculture Nutrition. 2023. vol. 2023. p. 6080387. doi: 10.1155/2023/6080387

11 Wilfred-Ekprikpo P. Comparative Study of Africa Catfish Clarias gariepinus, Heterobranchus longifilis and Their Hybrid Growth Performance Reared in Concrete Tanks. American Geophysical Union, Ocean Sciences Meeting. 2024. p. F44A-0331.

12 Sobczak M., Panicz R., Sadowski J., Półgęsek M. et al. Does Production of Clarias gariepinus × Heterobranchus longifilis Hybrids Influence Quality Attributes of Fillets? Foods. 2022. vol. 11. no. 14. p. 2074. doi: 10.3390/foods11142074

13 Hematyar N., Bahmani Z., Larsen B.K., Sloth J.J. et al. Considering two aspects of fish welfare on African catfish (Clarias gariepinus) fillet throughout postmortem condition: efficiency and mechanisms. Foods. 2022. vol. 11. no. 24. p. 4090. doi: 10.3390/foods11244090

14 Wei W., Jia M., Du Q., Liu J., Sui Z. The potential of marine oils as functional foods: Nutritional composition, health benefits, applications, and future perspectives. Food Reviews International. 2025. pp. 1–32. doi: 10.1080/87559129.2024.2426859

15 Basharat H., Shah S.M.H., Salam A., Ali U., Ullah S. Growth and production characters of African catfish (Clarias gariepinus) stocked at different stocking densities in earthen ponds under local climatic conditions of Pakistan. Sarhad Journal of Agriculture. 2024. vol. 40. no. 2. pp. 637–645. doi: 10.17582/journal.sja/2024/40.2.637.645

16 Bogdanov V.D., Volotka F.B. Functional and technological properties of Far Eastern redfin and flathead mullet. Izvestiya TINRO. 2013. vol. 173. pp. 280–292. (in Russian)

17 Bredikhina O.V., Zarubin N.Yu., Strokova N.G. Technologies of functional food products based on fish mince using biotechnology methods. Actual Biotechnology. 2020. no. 3 (34). pp. 177–179. (in Russian)

18 Heikal Z., Megahed R., Barakat S., Gamil A. Quality Properties of African Catfish (Clarias gariepinus) Meat as Affected by its Color. Assiut Journal of Agricultural Sciences. 2024. vol. 55. no. 2. pp. 93–110. doi: 10.21608/ajas.2024.285989.1308

19 Menchynska A., Zadorozhna V., Svyrydenko D., Krushelnytska N. et al. Quality characteristics of fish sausages made from African catfish (Clarias gariepinus). Animal Science and Food Technology. 2024. vol. 15. no. 1. pp. 74–90. doi: 10.31548/animal.1.2024.74

20 El-Gendy N.M., Amer A., Ibrahim H.A. Physico-Chemical and Sensory Assessment of Local and Imported Catfish Fillets. Alexandria Journal of Veterinary Sciences. 2024. vol. 80. no. 1. pp. 1–12. doi: 10.5455/ajvs.181143

Сведения об авторах

Ольга Д. Сергазиева к.с.-х.н., доцент, факультет биотехнологии и рыбного хозяйства, Московский государственный университет технологий и управления имени К. Г. Разумовского (Первый казачий университет), ул Земляной Вал, д. 73, г. Москва, Россия, o.sergazieva@ya.ru
https://orcid.org/0000-0002-2122-1318

Анастасия А. Климук младший научный сотрудник Центр «Аквакультура», факультет биотехнологии и рыбного хозяйства, Московский государственный университет технологий и управления имени К. Г. Разумовского (Первый казачий университет), ул Земляной Вал, д. 73, г. Москва, Россия, klimukanastasia27@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-1852-1045

Максим Д. Царьков инженер 1 категории Центр «Аквакультура», факультет биотехнологии и рыбного хозяйства, Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет), ул. Земляной Вал, д. 73, г. Москва, 109004, Россия, maks607@inbox.ru
https://orcid.org/0009-0008-8879-4541

Information about authors

Olga D. Sergazieva Cand. Sci. (Agr.) Associate Professor, Faculty of Biotechnology and Fishery, Moscow State University of Technology and Management named after K. G. Razumovsky (First Cossack University), Zemlyanoy Val St., 73, Moscow, 109004, Russia, o.sergazieva@ya.ru
https://orcid.org/0000-0002-2122-1318

Anastasia A. Klimuk Junior Researcher, Aquaculture Center, Faculty of Biotechnology and Fisheries, Moscow State University of Technology and Management named after K. G. Razumovsky (First Cossack University), Zemlyanoy Val St., 73, Moscow, 109004, Russia, klimukanastasia27@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-1852-1045

Maxim D. Tsarkov 1st category engineer, Aquaculture Center, Faculty of Biotechnology and Fishery, Moscow State University of Technology and Management named after K. G. Razumovsky (First Cossack University), Zemlyanoy Val St., 73, Moscow, 109004, Russia, maks607@inbox.ru
https://orcid.org/0009-0008-8879-4541

Вклад авторов

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 01/08/2023	**После редакции** 18/08/2023	**Принята в печать** 10/09/2023
Received 01/08/2023	**Accepted in revised** 18/08/2023	**Accepted** 10/09/2023