

УДК 639.3.043.2

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЦЕПТУРЫ КОМБИКОРМОВ ДЛЯ ГИБРИДНЫХ ВИДОВ ОСЕТРОВЫХ С ДОБАВЛЕНИЕМ РАСТИТЕЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ И БАКТЕРИОЦИНОВ

И. В. Ткачева, Н. Д. Недина*, В. Е. Яронтовский, М. М. Оганисян

Донской государственный технический университет (пл. Гагарина, 1, Ростов-на-Дону, Россия, 344000), *nadyhka1514@gmail.com

Целью работы является оценка влияния применения комплекса растительных добавок с включением антимикробного пептида Педиоцин РА-1 в качестве кормовой добавки для рыб. Объектом исследования определен гибридный вид осетровых ЛенКа, полученный в результате скрещивания ленского осетра и калуги (*Acipenserbaerii* × *Husodauricus*) для улучшения их характеристик, таких как рост, сопротивляемость заболеваниям и качество икры. Используемые методы: изготовление опытного образца корма с новой кормовой добавкой, лабораторные исследования питательности и аминокислотного состава экспериментальной партии на соответствие комбикормам для гибридов осетровых рыб. Разработанный корм с добавлением антимикробного пептида Педиоцин РА-1 оказывает положительное влияние на общее состояние рыб, обеспечивает прирост массы. Предлагаемый корм характеризуется высокой поедаемостью гидробионтами, что подтверждает отсутствие визуально определяемых остатков корма в водной среде. Это позволяет минимизировать риск загрязнения воды продуктами распада корма и, как следствие, способствует поддержанию стабильных гидрохимических показателей. Во многих государствах аквакультура играет ключевую роль в обеспечении местного населения качественной рыбной продукцией. За последние десятилетия объемы производства в этой отрасли увеличились колоссально, примерно в 12 раз. Важнейшим фактором для получения высококачественной и рентабельной рыбной продукции является использование сбалансированных кормов, содержащих все необходимые питательные и биологически активные элементы. Применение новой кормовой добавки позволит расширить рынок кормов для аквакультуры и снизить затраты на очистку воды за счет минимизации отходов.

Ключевые слова: аквакультура; бактериоцины; патогенные микроорганизмы; изготовление кормов

Для цитирования: Ткачева И. В., Недина Н. Д., Яронтовский В. Е., Оганисян М. М. Оптимизация рецептуры комбикормов для гибридных видов осетровых с добавлением растительных компонентов и бактериоцинов // Труды Карельского научного центра РАН. 2026. № 5. С. 61–68. doi: 10.17076/eb2111

Финансирование. Работа проведена в рамках финансирования из федерального бюджета на выполнение проекта «Разработка персонафицированных кормов нового поколения с растительными и пробиотическими добавками для повышения выживаемости и улучшения здоровья рыб» (FZNE-2023-0003) и субсидии из федерального бюджета образовательным организациям высшего образования на реализацию мероприятий, направленных на поддержку студенческих научных сообществ.

I. V. Tkacheva, N. D. Nedina*, V. E. Yarontovskii, M. M. Oganisyan.
OPTIMIZATION OF COMPOUND FEED FORMULATIONS FOR HYBRID
STURGEON SPECIES WITH THE ADDITION OF PLANT COMPONENTS AND
BACTERIOCINS

*Don State Technical University (1 Gagarin Sq., 344000 Rostov-on-Don, Russia),
nadyhka1514@gmail.com

The study evaluated the effect of supplementing fish feed with a complex of plant-based additives combined with antimicrobial peptide Pediocin PA-1. The object of the study is the hybrid sturgeon species LenKa, obtained by crossing the Lena sturgeon and Kaluga (*Acipenserbaerii* × *Husodauricus*) to enhance their characteristics, such as growth, disease resistance and egg quality. The methods included producing a pilot sample of feed with the new additive and laboratory studies of the nutritional value and amino acid composition of the experimental batch for compliance with requirements for compound feeds for sturgeon hybrids. The new feed formula supplemented with antimicrobial peptide Pediocin PA-1 has a positive effect on the general wellbeing of the fish and provides a weight gain. The proposed feed is characterized by high palatability for aquatic organisms, as confirmed by the absence of visually detectable feed residues in the aquatic environment. This helps to minimize the risk of water pollution by feed decay products and thus to maintain stable hydrochemical parameters. In many countries, aquaculture plays a key role in providing local populations with high-quality fish produce. Over the past decades, production volumes in this industry have increased enormously, approximately 12-fold. A crucial factor for obtaining high-quality and cost-effective fish products is a balanced diet of feeds containing all the necessary nutritional and biologically active elements. The new supplement will expand the range of aquaculture feeds in the market and reduce water treatment costs by minimizing waste.

Keywords: aquaculture; bacteriocins; pathogenic microorganisms; feed production

For citation: Tkacheva I. V., Nedina N. D., Yarontovskii V. E., Oganisyan M. M. Optimization of compound feed formulations for hybrid sturgeon species with the addition of plant components and bacteriocins. *Trudy Karelskogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre RAS*. 2026. No. 5. P. 61–68. doi: 10.17076/eb2111

Funding. The work was carried out within the project “Development of customized new-generation feeds with plant-based and probiotic additives to augment survival and enhance health in fish” (FZNE-2023-0003) and subsidized by federal budgetary allocations to higher education institutions for actions to support student scientific communities.

Введение

Осетровые рыбы остаются важным элементом мировой аквакультуры благодаря их ценным продуктам и экономической значимости, а также продолжается работа по совершенствованию их разведения, включая и создание новых гибридов для повышения эффективности и устойчивости производства, и улучшение комбикормов [Милованов и др., 2023]. Исследование комбикормов для осетровых рыб является актуальным направлением научных изысканий, способствующих как увеличению объемов производства, так и сохранению биоразнообразия. При производстве комбикормов важно учитывать правильное соотношение углеводов и минералов, это помогает улучшить их усвоение и переваривание, что приводит к более эффективному использованию кормов и снижению затрат на их

производство [Бурлаченко, 2008; Абросимова и др., 2020].

Для улучшения качества искусственных кормов в рецептуру помимо основных животных и растительных компонентов также вносят кормовые, растительные, пищевые, минеральные добавки и такие важные компоненты, как бактериоцины. Бактериоцинами называют антимикробные пептиды, способные подавлять рост патогенных микроорганизмов [Чистяков и др., 2021]. Использование бактериоцинов в аквакультуре имеет ряд преимуществ. Бактериоцины являются природными веществами, что делает их более экологически безопасными по сравнению с синтетическими антибиотиками. Они разлагаются в окружающей среде, не накапливаясь в больших количествах. Из-за узкого спектра и механизма действия, отличного от антибиотиков, вероятность развития резистентности к бактериоцинам

значительно ниже [Devaraja et al., 2013; Kueburnye et al., 2019].

Активно ведутся исследования по поиску новых бактериоцинов с улучшенными свойствами и разработка методов их стабилизации, а также оптимизации способов применения.

Целью работы является оптимизация состава комбикорма для осетровых рыб путем включения в рецептуру бактериоцинов для повышения эффективности кормления, устойчивости производства и улучшения общего состояния здоровья рыб.

Материалы и методы

Бактериоцин Педиоцин РА-1 добавлялся в разработанную нами рецептуру кормовой добавки (табл. 1). Опытные партии корма были изготовлены согласно ГОСТ 10385-2014 «Комбикорма для рыб. Общие технические условия» в лаборатории «Технологическая линия производства кормов», расположенной в Донском государственном техническом университете.

Все закупленные компоненты проходили проверку на соответствие качества. Если сырье не соответствовало установленным характеристикам, оно не использовалось [Широков и др., 2014; Ткачева и др., 2024]. Для тщательного измельчения компонентов применялась зернодробилка ДПМ-5,5 («АгроПоставка», Нижний Новгород, Россия) с ситом, позволяющим

достигать размера частиц от 300 до 600 микрон. Грубо измельченные ингредиенты проходили через вибросито с ячейкой 2 мм. После просеивания компоненты были смешаны согласно составленному рецепту до состояния однородной массы, а затем преобразовывались в гранулы при прохождении через гранулятор. Таким образом был произведен производственный комбикорм для осетровых пород рыб (рис.). Исследования состава экспериментального корма выполнены в ГБУ РО «Ростовская областная станция по борьбе с болезнями животных с противоэпизоотическим отрядом» – «Ростовветлаборатория».

Для изучения эффективности применения кормовой добавки в составе комбикорма для гибрида ЛенКа проведен эксперимент, направленный на оценку показателей роста, кормового коэффициента и общего физиологического состояния рыб. Эксперимент проходил на базе аквакультурного хозяйства ООО «Осетровая ферма» с 1 мая по 1 октября 2024 г. Для оптимизации кормления применен комплексный подход, включавший в себя строгое соблюдение установленного графика кормления, использование высококачественного корма, систематический мониторинг физиологического состояния рыб и регулярный контроль параметров водной среды. Мониторинг физиологического состояния рыб проводился визуально, с акцентом на изменения в обычной активности:

Таблица 1. Рецепт кормовой добавки с бактериоцином
Table 1. Recipe for a feed additive with bacteriocin

Наименование компонента Component name	Содержание, % Content, %	Содержание в 1000 г корма Content in 1000 g of feed
Цеолит Zeolite	2	20
Дрожжи Yeasts	3	30
Бактериоцин Педиоцин РА-1 Bacteriocin Pediocin PA-1	2	20
Пророщенная пшеница Sprouted wheat	1	10
Пшеница Wheat	0,7	7
Хлорелла Chlorella	1	10
Закрепитель The fastener	0,3	3
Люцерна Lucerne	5	50



Производственный комбикорм с экспериментальной кормовой добавкой

Food compound feed with experimental feed additive

обращали внимание на проявления повышенной вялости, состояния беспорядочного или слишком быстрого плавания, а также нетипичное положение в толще воды (у поверхности или у дна). Дополнительно каждые 5 дней проводился внешний осмотр рыб для выявления изменений окраски (побледнение, потемнение), появления необычных пятен или полос, других видимых аномалий.

Параметры качества воды, включая pH, температуру и содержание кислорода, измеряли с помощью профессионального измерителя качества воды WATERLINER WMM-97 (ООО «Омега», Ростов-на-Дону, Россия). Образцы воды отбирали каждые 10 дней. Стандартные аналитические протоколы использовали для анализа нитрита, нитратов, аммиака [Standard..., 2017].

Рыб кормили четыре раза в день. Частота кормления была выбрана для обеспечения равномерного усвоения питательных веществ и минимизации потерь корма. Производилась индивидуальная корректировка дозировки: суточная норма корма рассчитывалась на основе текущей биомассы рыб и гидрохимических показателей воды (t° , pH, содержание O_2 , NO_2 , NO_3 и NH_4/NH_3). Еженедельный мониторинг массы рыб позволял вносить оперативные изменения в рацион. Основной задачей в процессе кормления было не только обеспечение рыб достаточным количеством питательных веществ, но и снижение избыточного потребления корма.

На старте эксперимента в садки было помещено 2479,4 кг гибрида ЛенКа (*Acipenserbaerii* × *Husodauricus*). Общее количество рыб в садке составляло 3542 особи при средней массе

700 г. Плотность посадки соответствовала 40 кг/м^3 , а общий объем садка – 65 м^3 . Рыб содержали в условиях проточной воды. Проточная система обеспечивала высокое содержание кислорода, поддерживала стабильные гидрохимические параметры воды и способствовала вымыванию метаболитов, что минимизировало стрессовые факторы и создало оптимальные условия для роста рыб [Москаленко, Седов, 2023].

Результаты и обсуждение

В таблице 2 представлены результаты исследований изготовленного комбикорма.

Сравнение полученных данных с рекомендуемыми нормами, представленными в методических указаниях «Корма и технология кормления рыб», позволило оценить соответствие разработанной рецептуры физиологическим потребностям осетровых рыб.

Массовая доля сырого протеина в исследуемом корме составила $42,20 \pm 1,22 \%$, что является нормой (рекомендуемый диапазон 40–50 %). Массовая доля жира ($17,77 \pm 1,26 \%$) находилась в пределах установленных норм (10–20 %), что свидетельствует о сбалансированности жирового компонента в рационе [Мясников, 2017].

Содержание витамина А ($3,8 \pm 0,5 \text{ мг/кг}$) было чуть ниже рекомендуемого диапазона (5–10 мг/кг). Аналогичная ситуация наблюдалась и для витамина Е – $42,0 \pm 2,1 \text{ мг/кг}$ при нормативном значении 50–100 мг/кг. Содержание витамина Д ($1242 \pm 86,5 \text{ МЕ/кг}$) соответствовало рекомендуемому уровню (1000–2000 МЕ/кг) [Мясников, 2017].

Таблица 2. Результаты исследования состава экспериментального корма

Table 2. Results of the experimental feed study

Наименование исследования Name of the study	Методика проведения исследований Research methodology	Фактическое значение показателей по результатам исследований The actual value of indicators based on research results
Массовая доля витамина А, мг/кг Mass fraction of vitamin A, mg/kg	М 04-10-2007 (ФР.1.31.2013.14078)	$3,8 \pm 0,5$
Массовая доля витамина Е, мг/кг Mass fraction of vitamin E, mg/kg	М 04-44-2006	$42,0 \pm 2,1$
Массовая доля витамина Д, МЕ Mass fraction of vitamin D, IU	М 04-44-2006	$1242 \pm 86,5$
Массовая доля селена, мг/кг Selenium mass fraction, mg/kg	М 04-33-2004	$0,43 \pm 1,12$
Массовая доля сырого протеина, % Mass fraction of crude protein, %	ГОСТ 13496.4-2019	$42,20 \pm 1,22$
Массовая доля жира, % Mass fraction of fat, %	ГОСТ 13496.15-2016	$17,77 \pm 1,26$
Массовая доля углевода, % Mass fraction of carbohydrate, %	Расчетный метод	27,93

Содержание селена ($0,43 \pm 1,12$ мг/кг) находилось в пределах допустимых значений ($0,1-0,3$ мг/кг) [Мясников, 2017]. Массовая доля углеводов в исследуемом корме составила 27,93 %.

Произведенный комбикорм исследовали на аминокислотный состав [Чаплыгина и др., 2016] в испытательной (научно-учебной) лаборатории «Биохимический и спектральный анализ пищевых продуктов» (табл. 3).

Таблица 3. Аминокислотный состав комбикорма
Table 3. Amino acid composition of compound feed

Наименование показателя Naming of the indicator	Результат, % Result, %	Погрешность Error rate
Аргинин Arginine	3,069	$\pm 0,99$
Лизин Lysine	1,876	$\pm 0,40$
Тирозин Tyrosine	0,8743	$\pm 0,97$
Фенилаланин Phenylalanine	0,3018	$\pm 0,78$
Гистидин Histidine	2,054	$\pm 0,5$
Лейцин (изолейцин) Leucine (isoleucine)	3,569	$\pm 0,69$
Метионин Methionine	0,8126	$\pm 0,01$
Валин Valin	4,387	$\pm 0,23$
Пролин Proline	2,644	$\pm 0,25$
Треонин Threonine	1,257	$\pm 0,98$
Серин Serin	1,485	$\pm 0,86$
Аланин Alanine	2,231	$\pm 0,18$
Глицин Glycine	3,251	$\pm 0,14$
Глутаминовая кислота + глутамин Glutamic acid + glutamine	6,126	$\pm 1,97$
Аспаргиновая кислота Aspartic acid	4,167	$\pm 1,36$
Цистин Cystine	0	$\pm 0,45$
Триптофан Tryptophan	0,001	$\pm 0,0$

Примечание. НД на метод испытаний М 04-38-2009.
Note. ND on the test method М 04-38-2009

По результатам проведенного анализа аминокислотного состава разработанного корма для рыб с требованиями, установленными в ГОСТ 32195-2013 «Комбикорма для рыб. Общие технические условия», содержание лизина (1,87 %), метионина (0,81 %), треонина (1,25 %) и валина (4,38 %) соответствует ориентировочным нормам для осетровых рыб. Содержание аргинина (3,06 %), гистидина (2,05 %) и лейцина (3,56 %) несколько превышает верхнюю границу рекомендуемых значений. Однако следует учитывать, что избыток некоторых аминокислот может не оказывать негативного влияния на организм рыб при условии сбалансированности общего рациона. Наиболее выраженный дефицит наблюдается по фенилаланину (0,3) и триптофану (0,001), содержание которых значительно ниже минимальных рекомендуемых значений.

Количество растворенного в воде кислорода составляло 7,2–8,3 мг/л; рН 7,1–7,8, а температура воды поддерживалась в пределах 19–23 °С. Гидрохимические параметры воды отражены в табл. 4.

Опираясь на ОСТ 15-372-87 «Вода для рыбоводных хозяйств. Общие требования и нормы», можно утверждать, что гидрохимические показатели воды находились в пределах нормы, так как по нормативу [ОСТ 15-372-87] количество аммиака не должно превышать 0,03 мг/л, нитратов – 1 мг/л, нитритов – 0,02 мг/л.

Таблица 4. Гидрохимические показатели воды
Table 4. Hydrochemical parameters of water

Дата Date	NH ₄ /NH ₃ , мг/л NH ₄ /NH ₃ , mg/l	NO ₂ , мг/л NO ₂ , mg/l	NO ₃ , мг/л NO ₃ , mg/l
01.05.2024	0	0	0
10.05.2024	0	0	0
20.05.2024	0,01	0,01	0,5
30.05.2024	0,015	0,01	0,5
10.06.2024	0,01	0,01	0,2
20.06.2024	0	0	0
01.07.2024	0,025	0,01	0,5
11.07.2024	0,02	0,01	0,5
22.07.2024	0	0	0
01.08.2024	0,01	0,01	0,2
12.08.2024	0	0	0
22.08.2024	0	0	0
02.09.2024	0,01	0,01	0,2
12.09.2024	0,01	0,01	0,2
23.09.2024	0	0	0
01.10.2024	0	0	0

В начале эксперимента общая биомасса осетровых рыб составляла 2479,4 кг. За 5 месяцев эксперимента зафиксирован прирост массы, составивший 2302,3 кг. Таким образом, к концу исследования общая биомасса рыб достигла 4781,7 кг, а средняя масса одной особи составила 1,35 кг. Эти результаты свидетельствуют о продуктивности примененного комбикорма в отношении прироста массы гидробионта. Кормовой коэффициент, который отражает количество корма, необходимого для увеличения массы рыбы на один килограмм, составил 1,04. Данный показатель существенно ниже общепринятых значений для гибридных форм осетровых, таких как ЛенКа, которые в условиях интенсивного выращивания обычно колеблются в пределах 1,4–1,7 [Батракова, 2022].

Рыбы продемонстрировали стабильный прирост массы на протяжении всего периода выращивания, что свидетельствует о сбалансированности корма и отсутствии физиологического стресса. Заболеваний и случаев гибели рыб в процессе эксперимента не зафиксировано, что подтверждает благотворное влияние в составе добавки бактериоцина Педиоцин РА-1 (штаммы *Pediococcus acidilactici*), активность которого направлена против широкого спектра грамположительных бактерий, включая *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus* и некоторые штаммы *Clostridium botulinum* [Hill et al., 2014]. Следует отметить, что при стандартном выращивании гибридов осетровых без применения кормовых добавок процент смертности может достигать 10–15 %, что подчеркивает потенциальную эффективность использования бактериоцинов для повышения выживаемости и устойчивости рыб к заболеваниям [Пономарев, Иванов, 2022]. Воздействие бактериоцинов улучшает микробиоту кишечника у гидробионтов, что повышает общую резистентность организма. Именно поэтому бактериоцины считаются перспективным направлением в разработке альтернативных методов борьбы с бактериальными инфекциями в аквакультуре [Конькова и др., 2024]. Разработанный корм демонстрирует высокую степень потребления гидробионтами, о чем свидетельствует отсутствие видимых остатков корма в акватории, что достигалось также благодаря соблюдению рекомендованной дозировки – 4 % от общей биомассы рыб [Пономарев, Иванов, 2022]. Этот фактор может препятствовать ухудшению качества воды вследствие разложения кормовых частиц, тем самым способствуя поддержанию оптимального гидрохимического баланса.

Заключение

Исследования в области рыбного кормления играют важную роль в развитии аквакультуры и обеспечении стабильного производства рыбных продуктов. Контроль питания и создание сбалансированных рационов являются основополагающими факторами успешного рыбоводства, что делает такие эксперименты крайне важными.

Будущее аквакультуры зависит от развития устойчивых и экологически чистых технологий, минимизирующих риски, связанные с применением антибиотиков. В настоящее время ведутся активные исследования, направленные на поиск новых бактериоцинов с широким спектром действия, высокой стабильностью и низкой стоимостью производства.

На основании полученных данных можно сделать следующие выводы: применение позволило снизить кормовой коэффициент до 1,04, что значительно улучшает экономическую эффективность производства. Общий прирост массы рыб на 2302,3 кг за 5 месяцев доказывает эффективность нового комбикорма в условиях содержания в садках. Средний прирост каждой особи составил 650 г. Данный показатель следует расценивать как положительный, поскольку он соответствует стандартным значениям, которые составляют в среднем 500–800 г на особь за аналогичный период при использовании традиционных кормов для гибридов осетровых [Пономарев, Иванов, 2022]. Отсутствие заболеваний и снижение стрессовых факторов в период проведения исследований позволяют предположить, что корм экспериментального состава способствовал поддержанию иммунной системы и общего благополучия рыб. Минимальные остатки корма и улучшенная усвояемость способствуют снижению загрязнения водной среды.

Результаты эксперимента подтверждают целесообразность внедрения нового экспериментального комбикорма в промышленную аквакультуру. Это решение не только повышает продуктивность, но и способствует развитию устойчивого и экологически безопасного рыбоводства. Потенциал применения новой разработанной добавки возможен не только в условиях садкового содержания рыб, но и при использовании в других системах, таких как УЗВ и прудовые хозяйства.

Литература

Абросимова Н. А., Абросимова К. С., Абросимова Е. Б., Коханов Ю. Б. Источники непроизводительных

затрат стартовых комбикормов при выращивании осетровых рыб // Актуальные проблемы науки и техники. 2020: Мат-лы нац. науч.-практ. конф. (Ростов-на-Дону, 25–27 марта 2020 г.) / Отв. ред. Н. А. Шевченко. Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2020. С. 340–341.

Батракова Ю. М. Разработка и эффективность использования комбикормов для осетровых рыб: Дис. ... канд. с.-х. наук. Волгоград, 2022. С. 28–29.

Бурлаченко И. В. Актуальные вопросы безопасности комбикормов в аквакультуре рыб. М.: ВНИРО, 2008. 183 с.

Конькова А. В., Файзулина Д. Р., Ширина Ю. М., Богатов И. А. Влияние кормовой пробиотической добавки «Ветоспорин-ж» (*Bacillus subtilis*) и минеральной добавки «Цеолит» (опока) на проявление генотоксических эффектов в клетках крови молоди стерляди (*Acipenser ruthenus*) в условиях аквакультуры // Вестник Астраханского государственного технического университета. Сер. Рыбное хозяйство. 2024. № 2. С. 90–100. doi: 10.24143/2073-5529-2024-2-90-100

Милованов И. С., Пономарева Е. Н., Григорьев В. А. Особенности выращивания осетровых рыб и их гидридов в карьерах Ростовской области // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2023. Т. 17, № 12(215). С. 832–840. doi: 10.33920/sel-09-2312-05

Москаленко С. П., Седов М. А. Результаты выращивания гибрида «ЛенКа» в садках // Актуальные проблемы ветеринарной медицины, пищевых и биотехнологий: Мат-лы Междунар. науч.-практ. конф. (Саратов, 14–16 февраля 2023 года). Саратов: СГАУ, 2023. С. 279–285.

Мясников Г. Г. Корма и технология кормления рыбы: методические указания по изучению дисциплины и выполнению контрольной работы. Горки: БГСХА, 2017. 52 с.

ОСТ 15-372-87. Вода для рыбоводных хозяйств. Общие требования и нормы.

Пономарев С. В., Иванов Д. И. Осетроводство на интенсивной основе. 2-е изд., стер. СПб.: Лань, 2022. 352 с.

Ткачева И. В., Мальцева Т. А., Яронтовский В. Е., Оганисян М. М. Новая углеводно-минеральная добавка для садкового выращивания осетровых видов рыб // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2024. № 5(77). С. 201–209. doi: 10.32786/2071-9485-2024-05-22

Чаплыгина И. А., Матюшев В. В., Барановская Ю. Н., Присухина Н. В. Изменение биохимического состава экструдированного корма на основе пшеницы и картофеля // Проблемы современной аграрной науки: Мат-лы междунар. заочн. науч. конф. (Красноярск, 15 октября 2016 года). Красноярск: КрасГАУ, 2016. С. 52–54.

Чистяков В. А., Брень А. Б., Рудой Д. В., Егян М. А., Куликова Н. А. Пробиотические бациллы в аквакультуре // Развитие и современные проблемы аквакультуры: Сб. науч. трудов междунар. науч.-практ. конф. «Аквакультура-2021» (с. Дивноморское, 20–24 сентября 2021 г.). Ростов-на-Дону: ДГТУ-Принт, 2021. С. 77–78. doi: 10.23947/aquaculture.2021.77-78

Широков В. А., Вишневецкий А. Н., Доценко С. М. Разработка технологии получения кормовой добав-

ки в виде белково-минерального и углеводно-минерального гранулята // Научные основы стратегии развития АПК и сельских территорий в условиях ВТО: Мат-лы междунар. науч.-практ. конф., посвя. 70-летию образования ВолГАУ (Волгоград, 28–30 января 2014 г.). Т. 2. Волгоград, 2014. С. 76–78.

Devaraja T., Banerjee S., Yusoff F., Shariff M., Khattoon H. A holistic approach for selection of *Bacillus* spp. as a bioremediator for shrimp postlarvae culture // Turk. J. Biol. 2013. Vol. 37(1). P. 92–100. doi: 10.3906/biy-1203-19

Hill C., Guarner F., Reid G., Gibson G. R., Merenstein D. J., Pot B., Morelli L., Canani R. B., Flint H. J., Salminen S., Calder P. C. Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic // Nat. Rev. Gastroenterol. Hepatol. 2014. Vol. 11(8). P. 506. doi:10.1038/nrgastro.2014.66

Kuebutornye F. K. A., Abarike E. D., Lu Y. A review on the application of *Bacillus* as probiotics in aquaculture // Fish Shellfish Immunol. 2019. Vol. 87. P. 820–828. doi: 10.1016/j.fsi.2019.02.010

Standard methods for the examination of water and wastewater. 23rd ed. / Eds. E. W. Rice, R. B. Baird, A. D. Eaton. Washington: APHA Press, 2017. doi: 10.2105/SMWW.2882.216

References

Abrosimova N. A., Abrosimova K. S., Abrosimova E. B., Kokhanov Yu. B. Sources of unproductive costs of starting compound feeds in the cultivation of sturgeon fish. *Aktual'nye problemy nauki i tekhniki. 2020: Mat-ly nats. nauch.-prakt. konf. (Rostov-na-Donu, 25–27 marta 2020 g.) = Topical issues of science and technology. 2020: Proceedings of the national scientific and practical conference (Rostov-on-Don, March 25–27, 2020)*. Rostov-on-Don: DGTU; 2020. P. 340–341. (In Russ.)

Batrakova Yu. M. Development and efficiency of using compound feeds for sturgeon fish: PhD (Cand. of Agr.) thesis. Volgograd; 2022. P. 28–29. (In Russ.)

Burlachenko I. V. Topical problems of the mixed feed safety in fish farming. Moscow: VNIRO; 2008. 183 p. (In Russ.)

Chaplygina I. A., Matyushev V. V., Baranovskaya Yu. N., Prisukhina N. V. Changing the biochemical composition of extruded feed based on wheat and potatoes. *Problemy sovremennoi agrarnoi nauki: Mat-ly mezhdunar. zaochn. nauch. konf. (Krasnoyarsk, 15 okt. 2016 g.) = Problems of modern agricultural science: Proceedings of the international correspondence scientific conference (Krasnoyarsk, Oct. 15, 2016)*. Krasnoyarsk: KrasGAU; 2016. P. 52–54. (In Russ.)

Chistyakov V. A., Bren' A. B., Rudoi D. V., Egyan M. A., Kulikova N. A. Probiotic bacilli in aquaculture. *Razvitie i sovremennye problemy akvakul'tury: Sb. nauch. trudov mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Akvakul'tura-2021» (s. Divnomorskoe, 20–24 sentyabrya 2021) = Development and modern problems of aquaculture: Proceedings of the international scientific and practical conference 'Aquaculture-2021' (Divnomorskoe village, Sept. 20–24, 2021)*. Rostov-on-Don: DGTU-Print; 2021. P. 77–78. (In Russ.). doi: 10.23947/aquaculture.2021.77-78

Devaraja T., Banerjee S., Yusoff F., Shariff M., Kha-
toon H. A holistic approach for selection of *Bacillus* spp.
as a bioremediator for shrimp postlarvae culture. *Turk. J.*
Biol. 2013;37(1):92–100. doi: 10.3906/biy-1203-19

Hill C., Guarner F., Reid G., Gibson G. R., Meren-
stein D. J., Pot B., Morelli L., Canani R. B., Flint H. J.,
Salminen S., Calder P. C. Expert consensus document:
The International Scientific Association for Probiotics and
Prebiotics consensus statement on the scope and appro-
priate use of the term probiotic. *Nat. Rev. Gastroenterol.*
Hepatol. 2014;11(8):506. doi: 10.1038/nrgastro.2014.66

Kon'kova A. V., Faizulina D. R., Shirina Yu. M., Bo-
gatov I. A. The effect of the probiotic feed additive
'Vetosporin-zh' (*Bacillus subtilis*) and the mineral addi-
tive 'Zeolite' (opoka) on the manifestation of genotoxic
effects in the blood cells of juvenile sterlet (*Acipenser*
ruthenus) in aquaculture. *Vestnik Astrakhanskogo gosu-*
darstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser. Ryb-
noe khozyaistvo = Bulletin of Astrakhan State Technical
University. Series: Fisheries. 2024;2:90–100. (In Russ.).
doi: 10.24143/2073-5529-2024-2-90-100

Kuebutornye F. K. A., Abarike E. D., Lu Y. A review
on the application of *Bacillus* as probiotics in aquacul-
ture. *Fish Shellfish Immunol.* 2019;87:820–828. doi:
10.1016/j.fsi.2019.02.010

Milovanov I. S., Ponomareva E. N., Grigor'ev V. A.
Features of the cultivation of sturgeon fish and their hy-
drides in the quarries of the Rostov Region. *Rybovod-*
stvo i rybnoe khozyaistvo = Fish Farming and Fisheries.
2023;17(12-215):832–840. (In Russ.). doi: 10.33920/
sel-09-2312-05

Moskalenko S. P., Sedov M. A. The results of growing
the LenKa hybrid in cages. *Aktual'nye problemy veteri-*
narnoi meditsiny, pishchevykh i biotekhnologii: Mat-ly
Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (Saratov, 14–16 fev.
2023 g.) = Topical problems of veterinary medicine, food

and biotechnology: Proceedings of the International
scientific and practical conference (Saratov, Feb. 14–16,
2023). Saratov: SGAU; 2023. P. 279–285. (In Russ.)

Myasnikov G. G. Feed and fish feeding technology:
guidelines for studying the discipline and performing a
control work. Gorki: BGSKhA; 2017. 52 p. (In Russ.)

OST 15-372-87. Water for fish farms. General re-
quirements and standards. (In Russ.)

Ponomarev S. V., Ivanov D. I. Sturgeon farming on an
intensive basis. 2nd ed., ster. St. Petersburg: Lan'; 2022.
352 p. (In Russ.)

Rice E. W., Baird R. B., Eaton A. D. (eds.). Standard
methods for the examination of water and wastewater.
23rd ed. Washington: APHA Press; 2017. doi: 10.2105/
SMWW.2882.216

Shirokov V. A., Vishnevsky A. N., Dotsenko S. M. De-
velopment of technology for obtaining feed additives in
the form of protein-mineral and carbohydrate-mineral
granules. *Nauchnye osnovy strategii razvitiya APK i*
sel'skikh territorii v usloviyakh VTO: Mat-ly mezhdu-
nar. nauch.-prakt. konf., posv. 70-letiyu obrazovaniya
VolGAU (Volgograd, 28–30 yanv. 2014 g.) = Scientific
foundations of the strategy for the development of ag-
riculture and rural areas in the WTO: Proceedings of the
international scientific and practical conference dedi-
cated to the 70th anniversary of the formation of VolSAU
(Volgograd, Jan. 28–30, 2014). Vol. 2. Volgograd; 2014.
P. 76–78. (In Russ.)

Tkacheva I. V., Mal'tseva T. A., Yarontovskii V. E.,
Oganisyan M. M. A new carbohydrate-mineral additive
for cage cultivation of sturgeon species of fish. *Izvestiya*
Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nau-
ka i vysshee professional'noe obrazovanie = Izvestiya
Nizhnevolzhsky Agrarian University Complex: Science
and Higher Professional Education. 2024;5(77):201–
209. (In Russ.). doi: 10.32786/2071-9485-2024-05-22

Поступила в редакцию / received: 22.05.2025; принята к публикации / accepted: 24. 10. 2025.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interest.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Ткачева Ирина Васильевна

д-р биол. наук, доцент, главный научный сотрудник
научно-исследовательской лаборатории
«Центр агробиотехнологии»; профессор кафедры
«Технические средства аквакультуры»

e-mail: tkacheva-irina85@mail.ru

Недина Надежда Дмитриевна

магистр

e-mail: nadyhka1514@gmail.com

Яронтовский Василий Евгеньевич

магистр

e-mail: vasiliyarontovskii98@gmail.com

Оганисян Марина Мушеговна

магистр

e-mail: marina.oganisyan04@mail.ru

CONTRIBUTORS:

Tkacheva, Irina

Dr. Sci. (Biol.), Associate Professor, Chief Researcher of
Agrobiotechnology Research Laboratory, Professor of
Department of Technical Facilities in Aquaculture

Nedina, Nadezhda

Master's Student

Yarontovskii, Vasili

Master's Student

Oganisyan, Marina

Master's Student