Вестник ВГУИТ/ Proceedings of VSUET ISSN 2226-910X E-ISSN 2310-1202
DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2026-1-47-53 Оригинальная статья/Research article
УДК 639.371 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Разработка рецептур псевдокапсулированных рыбных комбикормов

Константин В. Мишинев [1] mishinev.k@yandex.ru 0009-0006-0202-7700
Александр Н. Остриков [1] ostrikov27@ya.ru 0000-0002-2335-0017

1 Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. Актуальность статьи обусловлена тем, что, используемые в промышленности полноценные рыбные комбикорма легкорастворимы в воде и, попадая в воду, быстро вымываются и не поступают в достаточном количестве в организм рыб. В статье представлен новый подход к формированию рецептов псевдокапсулированных продукционных комбикормов для ценных пород рыб, основанный на применении такого принцип питания, как «Бочка Либиха», который направлен на формирование сбалансированного содержания всех аминокислот. В частности, дефицит любой незаменимой аминокислоты ведёт к тому, что избыток других аминокислот не дает повышения продуктивности, т. к. организм рыбы тратит энергию на дезаминирование избытка аминокислот, а не на собственный рост. Поэтому при разработке рецептур нового поколения необходимо не только устранить дефицит какой-либо аминокислоты, но и сбалансировать содержание всех незаменимых аминокислот в составе рыбного комбикорма на оптимальном уровне для достижения высокой продуктивности. В составе разрабатываемых псевдокапсулированных комбикормов уменьшили содержание рыбной муки за счет увеличения таких белковых концентратов, как амаратный жмых, а также лизина, пробиотиков, премикса, фитазы, минеральных добавок, кальция и фосфора, ß – каротина капсантал для окрашивания мышц форели и лосося. Кроме того, в состав комбикормов вводились автотрофные микроорганизмы (дрожжи, бактерии), которые превращают простые сахара, соли аммония, спирт, уксусную кислоту и т. д. в ценные кормовые белки. Продукты микробиосинтеза применялись в стартовых кормах для некоторых видов рыб, личинки которых при переходе к активному питанию ещё не имеют достаточно развитой пищеварительной системы. В результате были разработаны рецепты псевдокапсулированных продукционных комбикормов для ценных пород рыб: для осетровых (ОПО – оптимальный, продукционный; ОПЭ – экономичный, продукционный; для маточного стада ОМ), для форелево-осетровых (ОПФ – оптимальный, продукционный; ЭПФ – экономичный, продукционный; для маточного стада ФМ), для сиговых (ОПС – оптимальный, продукционный; ЭПС – экономичный, продукционный; для маточного стада СМ). Испытание опытных партий псевдокапсулированных комбикормов проводили на годовиках и мальках русского осетра в крестьянско-фермерском хозяйстве «Малахов А.Е.» с полным контролем условий среды выращивания. Изучали темп роста рыб, величину смертности, кормовой коэффициент, показатели упитанности и среднесуточных приростов. Авторы доказывают, что разработанные рецептуры псевдокапсулированных продукционных комбикормов для ценных пород рыб позволили повысить усвояемость рыбами комбикормов на 11-13 %, повысить привесы ценных пород рыб на 10-12 %, снизить стоимость товарной продукции рыбоводства на 8-11 %, снизить конверсию корма на 13 %.

Ключевые слова: рецептура, псевдокапсулирование, рыбный комбикорм, испытание, показатели качества, незаменимые аминокислоты.

Development of recipes for pseudo-encapsulated fish feed

Konstantin V. Mishinev [1] mishinev.k@yandex.ru 0009-0006-0202-7700
Alexander N. Ostrikov [1] ostrikov27@ya.ru 0000-0002-2335-0017

1 Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. The relevance of the article is due to the fact that full-fledged fish feed used in the industry is easily soluble in water and, when it enters the water, it is quickly washed out and does not enter the fish's body in sufficient quantities. The article presents a new approach to the formulation of recipes for pseudo-encapsulated production feed for valuable fish breeds, based on the use of the "Liebig Barrel" feeding principle, which aims to create a balanced content of all amino acids. In particular, a deficiency of any essential amino acid leads to the fact that an excess of other amino acids does not increase productivity, because the fish's body spends energy on deaminating the excess amino acids rather than on its own growth. Therefore, when developing new-generation formulations, it is necessary not only to eliminate the deficiency of any amino acid, but also to balance the content of all essential amino acids in the fish feed at an optimal level to achieve high productivity. In the developed pseudo-encapsulated compound feed, the content of fish meal was reduced by increasing the amount of protein concentrates such as amaranth meal, as well as lysine, probiotics, premix, phytase, mineral supplements, calcium, and phosphorus, and ß-carotene capsantal for coloring the muscles of trout and salmon. In addition, autotrophic microorganisms (yeast, bacteria) were added to the compound feed, which convert simple sugars, ammonium salts, alcohol, acetic acid, etc., into valuable feed proteins. The products of microbiosis were used in the starter feed for certain fish species, whose larvae do not yet have a sufficiently developed digestive system when they begin to feed actively. As a result, recipes for pseudo-capsulated production feed for valuable fish species were developed: for sturgeon (OPO – optimal, production; OPE – economical, production; for the breeding stock, OM), for trout-sturgeon (OPF – optimal, production; EPF – economical, production; for the FM broodstock), for whitefish (OPS – optimal, productive; EPS – economical, productive; for the SM broodstock). The test of experimental batches of pseudo-capsulated compound feed was carried out on one-year-old and fry of Russian sturgeon in the Malakhov A.E. peasant farm with full control of the growing environment conditions. The authors studied the growth rate of fish, the mortality rate, the feed conversion ratio, and the indicators of body condition and average daily growth. The authors prove that the developed formulations of pseudo-encapsulated production feed for valuable fish species have increased the fish's digestibility of feed by 11-13%, increased the weight gain of valuable fish species by 10-12 %, reduced the cost of fish farming products by 8-11 %, and reduced the feed conversion ratio by 13 %.

Keywords: chitin, chitosan, pseudoencapsulation, fish compound feed, inert shells, quality indicators, technology.

Для цитирования
Мишинев К.В., Остриков А.Н. Разработка рецептур псевдокапсулированных рыбных комбикормов // Вестник ВГУИТ. 2026. Т. 88. № 1. С. 47–53. doi:10.20914/2310-1202-2026-1-47-53

For citation
Mishinev K.V., Ostrikov A.N. Development of recipes for pseudo-encapsulated fish feed. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2026. vol. 88. no. 1. pp. 47–53. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2026-1-47-53

© 2026, Мишинев К.В. и др. / Mishinev K.V. et al.
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

Объемы производства рыбных комбикормов в России составляет по данным Росрыболовства около 20 тыс. тонн, около 85–90 % рыбных комбикормов импортируется из-за рубежа [1, 2]. В 2025 году планировалось вырастить более 600 тыс. т рыбы, для реализации этого показателя необходимо увеличить объем производимых рыбных комбикормов до 900 тыс. тонн [3]. К сожалению, отечественные производители производят, в основном, комбикорма для карповых, а не для ценных пород рыб (лососевых, осетровых и форелевых), которые практически полностью (до 90 %) ввозятся из-за рубежа. Поэтому существует острая потребность в расширении производства рыбных кормов для ценных пород рыб. [4, 10].

В настоящее время учеными разработаны полноценные рецептуры комбикормов, обладающие сбалансированным составом, содержащим необходимые питательные компоненты (белки, жиры, витамины, минералы и т. п.), в том числе минеральные и биологически активные вещества. Однако большинство из них легкорастворимы в воде, попадая в воду в составе корма они быстро вымываются и не поступают в достаточном количестве в организм рыб [6, 7, 9, 10]. Отсутствие псевдокапсулированных комбикормов, исключающих, с одной стороны, быстрое растворение защитной оболочки в воде, и обладающих, с другой стороны, высокой герметичностью, наличием антимикробных свойств и иммунитетного эффекта и повышающих усвояемость комбикорма, значительно замедляет воспроизводство популяций ценных пород рыб – форели, осетровых, лососевых и других [11, 12].

Этих недостатков лишена технология псевдокапсулирования, которую можно использовать для создания рыбных комбикормов нового поколения, в частности, с введением лекарственных препаратов, отдельных микрокомпонентов для введения в стартовые комбикорма, а также легкорастворимых в воде минерально-витаминных комплексов. При этом защитное покрытие гранул комбикорма должны препятствовать вымыванию содержащихся в них веществ, но быть растворимы в щелочной среде переднего отдела кишечника у безжелудочных рыб или в кислой среде желудка у рыб с кислотно-щелочным типом пищеварения.

Покрытие гранул при производстве псевдокапсулированных комбикормов инертной оболочки обосновано необходимостью защиты компонентов комбикорма от контакта с влагой и кислородом, содержащимися в воздухе. Это повышает хранимоспособность комбикормов, так как комбикорма дольше не окисляются и не распадаются [8–9].

Анализ данных по изучению потребности рыб в незаменимых аминокислотах показывает, что достаточно часто публикуется рекомендуемый аминокислотный профиль для всего периода выращивания ценных пород рыб [5]. При этом игнорируется различия в потребностях аминокислот и протеине в разные периоды жизнедеятельности рыб. Различный состав используемых кормов, качество воды и уровень насыщения воды кислородом влияют на получаемые результаты [7].

Berntssen M.H.G. и др. [11] исследовал допустимые уровни добавок селенометионина и селенита к кормам атлантического лосося, установлено, что замена рыбной муки на растительную муку для разработки аквакормов приводит к снижению уровня селена. Они определили, что атлантический лосось допускает добавление селенита или селено-метионина до уровня общего количества селена 1–2 или 3 мг на кг корма.

Dadras H. и др. [12] исследовали влияние двух диетических лекарственных трав, добавок Rose hip (Rosa canina) и Safflower (Carthamus tinctorius) на показатели роста, гематологические, биохимические параметры и врожденный иммунный ответ у молодой белуги, Huso huso. Коэффициент конверсии корма (FCR), удельный темп роста (SGR) и коэффициент состояния (CF) не выявили значительных различий у рыб при травяных диетах. Полученные результаты показывают, что введение лекарственных трав в состав рыбных комбикормов можно рассматривать как полезную диетическую добавку для улучшения физиологических параметров и усиления иммунного ответа осетра.

В работе [13] были определены показатели роста и строение тела российских осетровых (Acipenser gueldenstaedii) и были определены при четырех разных скоростях кормления (FR, % массы тела [BW] в день). Рыб кормили гранулы с содержанием белка 42 % и жира 18 %. Результаты исследования показывают, что для российского осетра оптимальный уровень кормления составляет 2 % от массы тела в день. При этом оптимальная скорость кормления осетрового молодняка со средним весом 248,194 ± 1,59 г. составляла 2 % от массы в день.

В [14] показаны исследования по оценке влияния режима кормления в течение дня на рост годовалого осетра Acipenser stellatus. Средний вес и длина осетровых в конце исследования составляли 406 ± 96 г. и 55,4 ± 4,4 см. Результаты этого исследования свидетельствуют о том, что годовалый осетр можно кормить через день, а не ежедневно. Режим кормления через день может привести к экономии кормов для коммерческой эксплуатации, помочь защитить природные ресурсы, например,

для приготовления рыбной муки, и уменьшить воздействие избыточных питательных веществ в естественных водоемах.

В работе [15] представлена оценка качества готового корма для осетровой молоди на основе показателей роста и сохранения питательных веществ). Были приведены результаты кормления готового корма для молодых озерных осетровых *Acipenser fulvescens* и определена оптимальная скорость подачи мягко-влажного корма на показатели роста и состав всего тела рыбы. Скорость роста и набор массы тела, и содержание влаги в значительной степени зависели от уровня кормления в обоих исследованиях. Уровни тирозина, изолейцина, лизина, фенилаланина и валина у рыбы были скорректированы в зависимости от скорости кормления. Эти результаты указывают на то, что группе осетровых можно давать готовый корм после акклиматизации к приготовленному корму.

Поэтому дальнейшее ускоренное развитие отечественной комбикормовой индустрии для аквакультуры является важной задачей для развития рыборазведения.

Материалы и методы

Для оценки физико-механических свойств псевдокапсулированных комбикормов определяли следующие показатели: определение запаха – по ГОСТ 13496.13–2018; определение массовой доли влаги – по ГОСТ 31640–2012, 13496.3–92 (ИСО 6496–83), 32040–20212; определение водостойкости – по ГОСТ 28758–97, определение массовой доли протеина – по ГОСТ 13496.4–2019, 32040–2012, 32044.1 (ISO 5983–1:2005), определение массовой доли сырой клетчатки – по ГОСТ 31675–2012, 32040–2012, определение крошимости – по ГОСТ 28497–2014, определение массовой доли сырой золы – по ГОСТ 13496.15–2016, 32040–2012, определение массовой доли фосфора – по ГОСТ 26657, 32041, определение массовой доли лизина – по ГОСТ 13496.21, 31480, 32195, определение массовой доли метионина и цистина – по ГОСТ 13496.22, 31480, 32195.

Определение размера гранул проводят с помощью линейки, измеряя диаметр и длину десяти гранул, взятых подряд. По полученным данным вычисляют среднеарифметическое значение диаметра и длины гранул.

Результаты

При разработке рецептур псевдокапсулированных комбикормов для ценных пород рыб был применен принцип питания, известный как «Бочка Либиха», суть которого заключается в достижении и формировании сбалансированного содержания всех аминокислот [7]. В частности, дефицит любой незаменимой аминокислоты ведёт к тому, что избыток других аминокислот не дает повышения продуктивности, т. к. организм рыбы тратит энергию на дезаминирование избытка аминокислот, а не на собственный рост. Поэтому при разработке рецептур нового поколения необходимо не только устранить дефицит какой-либо аминокислоты, но и сбалансировать содержание всех незаменимых аминокислот в составе рыбного комбикорма на оптимальном уровне для достижения высокой продуктивности.

Для достижения этого оптимального уровня, называемого «идеальным протеином», был положен принцип «Бочки Либиха» в основу составления рецептур для псевдокапсулированных комбикормов для достижения максимальной эффективности скармливания. Реализация этого принципа позволит сократить до 10 % содержания сырого протеина в кормах, достигая «концепцию низкопротеиновых рационов». Таким образом, снижается как количество азота, так и количество неусвоенного фосфора (слабоусвояемого) фосфора из костных элементов муки. Другим способом снижения уровня неусваиваемого фитатного фосфора растительных клеток является использование фермента фитазы, расщепляющей фитатные соединения растительных ингредиентов. Расчет рецептов комбикормов проводили на основе созданной матрицы состава кормовых компонентов (аминокислот, общие химические вещества P, Ca). Использовали специальные кормовые таблицы [7, 16, 17] состава кормовых компонентов и данные производителей нового комбикормового сырья (амарантовый жмых, ценные кормовые белки на основе автотрофных микроорганизмов, кормовые дрожжи и т. д.).

Потребности рыб в кормах и питательных веществах зависят от многих факторов, в первую очередь от окружающей водной среды. Необходимо учитывать возраст рыбы и ее физиологическое состояние и, как следствие, питательную ценность комбикормов (таблица 1).

Разрабатываемые псевдокапсулированные комбикорма имели следующие условные индексы (таблица 1): осетровые: продукционный оптимальный – ОПО, продукционный экономичный – ОПЭ (для рыб массой от 100 г. и более 500 г.), для маточного стада – ОМ; форелево–лососевые: продукционный оптимальный (ОПФ) и экономичный (ЭПФ) для рыб массой от 100 г. до 250 г. и выше, для маточного стада – ФМ; сиговые: продукционный оптимальный – ОПС и экономичный – ЭПС для рыб массой 100 г. – 250 г. и более, для маточного стада – СМ.

Комбикорма изготавливали на лабораторном оборудовании. Испытание опытных партий псевдокапсулированных комбикормов проводили на годовиках и мальках русского осетра в крестьянско-фермерском хозяйстве «Малахов А.Е.» (от массы тела 5,2–5,3 г до массы тела 700 г.) за 300 сут (январь – ноябрь 2025 г.) с полным контролем условий среды выращивания.

Изучали темп роста рыб, величину смертности, кормовой коэффициент, показатели упитанности и среднесуточных приростов. Температуру воды для осетра поддерживали на уровне 295–299 К, содержание кислорода 7–8 мг/л, pH 6,5–6,7.

В составе разрабатываемых псевдокапсулированных комбикормов уменьшили содержание рыбной муки за счет увеличения таких белковых концентратов, как амаратный жмых, а также лизин, пробиотик, премикс, фитазу для разрушения лигнинофитатных комплексов в растительном сырье, минеральные добавки кальция и фосфора, ß – каротин капсантал для окрашивания мышц форели и лосося.

Показатели качества псевдокапсулированных продукционных комбикормов для осетровых, форелево-лососевых и сиговых рыб представлены в таблице 2.

Состав незаменимых аминокислот в рецептах псевдокапсулированных комбикормов, предназначенных для выращивания осетровых, форелево-лососевых и сиговых представлены в таблице 3.

Таблица 1.

Рецепты псевдокапсулированных комбикормов для ценных пород рыб, %

Table 1.

Recipes for pseudo-encapsulated feed for valuable fish breeds, %

Кормовые компоненты Compounds	Осетровые Sturgeon			Форелево-лососевые Trout and salmon			Сиговые | Whitefish		
	ОПО	ОПЭ	ОМ	ОПФ	ЭПФ	ФМ	ОПС	ЭПС	СМ
Мука рыбная | Fish meal	26,8	24,4	34,45	29,13	23,53	32,15	32,23	27,23	30,0
Соевый концентрат | Soy concentrate	-	-	5,0	3,0	-	3,0	3,0	-	3,2
Мука мясная | Meat meal	4,2	5,1	4,0	5,5	-	4,0	6,0	-	4,2
Мука мясокостная | Meat and bone meal	5,53	5,0	4,0	-	4,0	4,0	-	4,0	4,3
Дрожжи кормовые | Feed yeast	3,2	4,0	-	3,0	-	-	3,0	-	-
Мука кровяная | Blood meal	8,3	8,0	8,0	4,0	-	8,1	4,0	-	8,1
Мука кукурузная | Corn meal	4,3	3,4	4,4	4,0	4,0	6,6	4,0	4,0	6,6
Соевый шрот | Soybean meal	8,8	8,1	8,0	6,8	10,0	9,2	5,6	8,1	9,3
Пшеница | Wheat	7,0	7,0	7,0	6,0	5,0	5,0	6,0	5,0	6,3
Кукурузный глютен | Corn gluten	10,4	10,42	10,0	13,6	14,1	10,6	13,0	17,7	9,2
Жмых амарантный | Amaranth cake	6,9	7,9	-	6,0	15,0	6,0	6,0	14,0	6,0
Хитозан | Chitosan	1,1	2,4	1,9	1,1	1,5	1,4	1,1	1,8	1,2
Белковый концентрат | Protein concentrate	3,2	3,81	3,4	3,4	3,0	2,8	3,6	3,8	3,45
Рыбий жир | Fish oil	6,7	8,0	7,7	10,0	13,0	5,0	8,0	10,0	6,0
Подсолнечное масло | Sunflower oil	1,2	0,4	-	2,0	4,1	-	2,0	2,0	-
L-лизин | L-lysine	0,3	0,4	-	0,2	0,3	-	0,2	0,3	-
Фитаза | Phytase	0,02	0,02	-	0,02	0,02	-	0,02	0,02	-
Оксикап | Oxicap	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Карбонат кальция | Calcium carbonate	0,6	0,6	0,3	0,6	0,6	0,3	0,6	0,5	0,3
Монокальций фосфат | Monocalcium phosphate	0,6	-	0,3	0,6	0,6	0,3	0,6	0,5	0,3
Премикс | Premix	1,0	1,0	1,5	1,0	1,0	1,5	1,0	1,0	1,5

Таблица 2.

Показатели качества псевдокапсулированных продукционных комбикормов для ценных пород рыб

Table 2.

Quality indicators of pseudo-encapsulated production feed for valuable fish breeds

Показатели Index	Осетровые Sturgeon			Форелево-лососевые Trout and salmon			Сиговые | Whitefish		
	ОПО	ОПЭ	ОМ	ОПФ	ЭПФ	ФМ	ОПС	ЭПС	СМ
Обменная энергия, МДж | Metabolizable energy, MJ	12,6	12,6	12,0				32,23	27,23	30,0
Сырой протеин, % | Crude protein, %	45,0	42,0	50,0	45,0	40,0	48,0	45,0	40,0	48,0
Сырой жир, % | Crude fat, %	10,0	12,0	10,0	18,0	23,0	11,0	16,0	18,0	12,0
Сырые углеводы, % | Crude carbohydrates, %	27,6	35,6	23,0	16,3	16,1	23,8	16,3	16,1	23,8
Сырая клетчатка, % | Crude fiber, %	2,2	2,4	1,5	2,4	2,6	1,7	2,4	2,6	1,7
Минеральные вещества, % | Minerals, %	8,2	8,0	8,5	8,3	8,3	8,5	8,3	8,3	8,5
Влага, % | Moisture, %	6–7	6–7	6–7	6–7	6–7	6–7	6–7	6–7	6–7
Ca	3,0	2,8	3,2	3,2	2,8	3,2	3,2	2,8	3,2
P	2,1	1,8	2,5	2,1	1,9	2,2	2,1	1,9	2,2
Незаменимые жирные кислоты линоленового ряда (ω 3), % Essential linolenic fatty acids (ω 3), %	2,0	2,1	2,0	2,5	2,7	1,6	2,5	2,7	1,6
Незаменимые жирные кислоты линолевого ряда (ω 6), % Essential linolenic fatty acids (ω 6), %	1,0	1,0	1,0	0,8	1,2	0,6	0,7	1,1	0,6
Общая энергия, МДж | Total energy, MJ	19,6	21	20	23,2	21,5	22,1	23,2	21,5	22,1
Переваримая энергия, МДж | Digestible energy, MJ	15,5	16,6	15,8	18,3	17,0	17,5	18,3	17,0	17,5

Таблица 3.

Состав незаменимых аминокислот в рецептах псевдокапсулированных комбикормов для ценных пород рыб

Table 3.

Composition of essential amino acids in recipes for pseudo-encapsulated feed for valuable fish breeds

Аминокислота Amino acid	Осетровые Sturgeon			Форелево-лососевые Trout and salmon			Сиговые | Whitefish		
	ОПО	ОПЭ	ОМ	ОПФ	ЭПФ	ФМ	ОПС	ЭПС	СМ
Lys	27,0	26,3	30,9	27,1	21,4	30,4	2,71	3,4	2,96
Met + Cys	9,6	8,8	10,4	10,8	10,7	10,7	1,12	1,16	1,0
Try	4,5	4,4	4,9	6,4	5,9	5,5	0,66	0,64	0,49
Arg	23,4	24,8	28,0	24,8	22,8	30,9	2,55	2,65	2,7
Gys	11,7	11,1	13,0	10,7	9,5	12,6	2,09	1,03	1,1
Ley	30,8	31,3	33,3	29,5	25,9	37,5	3,04	2,83	3,34
IsoLey	21,5	14,9	16,7	18,2	16,1	22,7	1,88	1,76	2,01
Phe	21,6	22,4	23,6	21,8	20,6	26,1	1,19	1,56	2,37
Tre	16,9	13,8	14,9	17,4	16,4	19,0	1,79	1,79	1,77
Val	21,0	20,9	23,0	21,6	20,6	25,4	2,23	2,25	2,21

Корма для сиговых, также из семейства лососевых по уровню протеина близки к кормам для форели и лососевых рыб (46–50 %), но в них меньше жира – 14–18 %.

В состав псевдокапсулированных комбикормов вводились автотрофные микроорганизмы (дрожжи, бактерии), которые превращают простые сахара, соли аммония, спирт, уксусную кислоту и т. д. в ценные кормовые белки. Продукты микробиосинтеза применялись в стартовых кормах для некоторых видов рыб, личинки которых при переходе к активному питанию ещё не имеют достаточно развитой пищеварительной системы. Состав белка, полученного с помощью микроорганизмов, обеспечивает потребности личинок рыб в структурном материале для роста, так как они легко усваиваются в нативном виде и не требуют глубокой ферментативной обработки.

Присутствие мелких фракций белка позволяет создавать псевдокапсулированные комбикорма с рациональным балансом аминокислот, что способствует их росту и снижает риск заболеваний. Содержание продуктов микробиосинтеза, вводимых в состав продукционных комбикормов для ценных пород рыб, колебалось в диапазоне от 4 до 12 %.

Заключение

1. Разработаны рецепты псевдокапсулированных продукционных комбикормов для ценных пород рыб для осетровых (ОПО – оптимальный, продукционный; ОПЭ – экономичный, продукционный; для маточного стада ОМ), для форелево-осетровых (ОПФ – оптимальный, продукционный; ЭПФ – экономичный, продукционный; для маточного стада ФМ), для сиговых (ОПС – оптимальный, продукционный; ЭПС – экономичный, продукционный; для маточного стада СМ) с использованием такого принципа питания, как «Бочка Либиха».

2. Разработанные рецептуры псевдокапсулированных продукционных комбикормов для ценных пород рыб позволили повысить усвояемость рыбами комбикормов на 11–13 %, повысить привесы ценных пород рыб на 10–12 %, снизить стоимость товарной продукции рыбоводства на 8–11 %, снизить конверсию корма на 13 %.

3. Успешно прошла производственные испытания опытная партия псевдокапсулированных комбикормов, апробированная на годовиках и мальках русского осетра в крестьянско-фермерском хозяйстве «Малахов А.Е.» (от массы тела 5,2–5,3 г до массы тела 700 г.) за 300 сут (январь – ноябрь 2025 г.) с полным контролем условий среды выращивания.

Литература

1 Чурилов А.В. Проблемы сохранения и удержания стада в условиях фермерского осетроводческого хозяйства // Вестник науки. 2023. Т. 5. № 12 (69). С. 123–139.

2 Волошин Г.А., Борисов А.Н., Григорьев В.С. и др. Состояние и перспективы развития рынка комбикормов для индустриальной аквакультуры в Российской Федерации // Труды ВНИРО. 2022. Т. 190. С. 163–169.

3 Афанасьев В.А., Остриков А.Н., Богомолов И.С. и др. Разработка технологии высокоусвояемых комбикормов с вакуумным напылением жидких компонентов // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 1. С. 94–101.

4 Афанасьев В.А., Богомолов И.С., Остриков А.Н. и др. Технология и оборудование для производства комбикормов для ценных пород рыб // Комбикорма. 2021. № 1. С. 24–28.

5 Пахомов В.И., Хлыстунов В.Ф., Брагинец С.В., Бахчевников О.Н. Состояние и перспективы использования растительного сырья в кормах для аквакультуры (обзор) // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. Т. 23. № 3. С. 281–294. doi: 10.30766/2072-9081.2022.23.3.281-294

6 Бектурсунова М.Ж., Семенова А.А., Новикова Е.В. и др. Использование нетрадиционных видов сырья при производстве комбикормов для ценных видов рыб // Вестник АГТУ. Серия: Рыбное хозяйство. 2022. № 2. С. 34–49.

7 Василенко В.Н., Фролова Л.Н., Кочкин И.Ю. и др. Разработка продуктивных псевдокапсулированных комбикормов для радужной форели, выращиваемой в Центральном федеральном округе Российской Федерации // Вестник ВГУИТ. 2023. Т. 85. № 1. С. 174–179. doi: 10.20914/2310-1202-2023-1-174-179

8 Крутских С. Технология псевдокапсулирования – современный подход к производству премиксов и кормовых добавок. URL: https://agroserver.ru/ (дата обращения: 17.01.2026).

9 Михайлова М.В. Технология микрокапсулирования в комбикормах для молоди ценных видов рыб // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2017. № 3. С. [уточнить страницы].

10 Коноваленко Л.Ю., Мишуров Н.П., Пономарев С.В., Федоровых Ю.В. Технологии производства кормов для аквакультуры: монография. М.: Росинформагротех, 2020. 80 с.

11 Berntssen M.H.G., Betancor M.B., Caballero M.J., Hillestad M. Safe limits of selenomethionine and selenite supplementation to plant-based Atlantic salmon feeds // Aquaculture. 2018. V. 495. P. 611–618. doi: 10.1016/j.aquaculture.2018.06.041

12 Safari R., Hoseinifar S.H., Imanpour M.R. et al. The effects of multi-enzyme and betaine on growth performance, body composition haemato-immunological parameters and expression of growth-related genes in beluga (Huso huso) // Aquaculture. 2022. V. 549. P. 737784. doi: 10.1016/j.aquaculture.2021.737784

13 Fakhrian M., Morshedi V., Zefrehei A.R.P. Effects of deprivation and compensatory growth feed on growth and feeding performance, body composition, blood parameters and structure of liver and intestine tissues in juvenile Siberian sturgeon (Acipenser baerii) // Journal of Animal Environment. 2021. Т. 13. № 3. С. 155–164.

14 Ahmadi S.M., Vahabzadeh Roudsari H., Khara H. et al. Optimum growth, enzymatic and biochemical reactions of stellate sturgeon, Acipenser stellatus juveniles in response to the feeding frequency and exposure to environmental salinity // Caspian Journal of Environmental Sciences. 2024. P. 1–12. doi: 10.22124/cjes.2024.8300

15 Lee S., Zhao H., Li Y. et al. Evaluation of Formulated Feed for Juvenile Lake Sturgeon Based on Growth Performance and Nutrient Retention // North American Journal of Aquaculture. 2018. V. 80. № 2. P. 223–236. doi: 10.1002/naaq.10028

16 Naghdi S., Mohtasebi S.S., Aghbashlo M. et al. Insights into fishery by-product application in aquatic feed and food: a review // Aquaculture International. 2024. V. 32. № 5. P. 5851–5910. doi: 10.1007/s10499-024-01468-2

17 Pourhosein-Sarameh S. Application of various sources of vegetable lipids in sturgeon feeding // Aquatic Animals Nutrition. 2022. V. 8. № 2. P. 39–52.

18 Fotodimas I., Vidalis K.L., Theodorou J.A. et al. Sustainable aquaculture through enzymatic hydrolysis of raw chitin from crab by-products: functional fish feeds targeting fish health with implications for human health // Fishes. 2025. V. 10. № 10. P. 514. doi: 10.3390/fishes10100514

19 Kumar A., Singh U., Jaiswal S.G. et al. Recent trends in the encapsulation of functional lipids: comprehensive review // Sustainable Food Technology. 2024. V. 2. № 6. P. 1610–1630. doi: 10.1039/D4FB00187G

20 Tian X.Y., Bai J.W., Fang Q. et al. Polyphenols in modern nutrition: green extraction technologies, encapsulation, and promissory applications // Food and Bioprocess Technology. 2025. V. 18. № 7. P. 6035–6065. doi: 10.1007/s11947-025-03715-1

21 Voicea I., Moga C.I., Biriș S.Ș. et al. Experimental research on obtaining pelletized feed recipes with applicability in semi-intensive aquaculture systems // E3S Web of Conferences. 2021. V. 286. P. 03005. doi: 10.1051/e3sconf/202128603005

22 Wang H., Ma S., Yang J. et al. Optimization of the process parameters for extruded commercial sinking fish feed with mixed plant protein sources // Journal of Food Process Engineering. 2021. V. 44. № 1. P. e13599. doi: 10.1111/jfpe.13599

References

1 Churilov A.V. Problems of Conservation and Retention of the Herd in the Conditions of a Farm Sturgeon Farming. Bulletin of Science. 2023. vol. 5. no. 12 (69). pp. 123–139. (in Russian).

2 Voloshin G.A., Borisov A.N., Grigoriev V.S. et al. State and Prospects of Development of the Compound Feed Market for Industrial Aquaculture in the Russian Federation. Proceedings of VNIRO. 2022. vol. 190. pp. 163–169. (in Russian).

3 Afanasyev V.A., Ostrikov A.N., Bogomolov I.S. et al. Development of Technology for Highly Digestible Compound Feeds with Vacuum Spraying of Liquid Components. Bulletin of VSUET. 2021. vol. 83. no. 1. pp. 94–101. (in Russian).

4 Afanasyev V.A., Bogomolov I.S., Ostrikov A.N. et al. Technology and Equipment for the Production of Compound Feeds for Valuable Fish Species. Compound Feeds. 2021. no. 1. pp. 24–28. (in Russian).

5 Pakhomov V.I., Khlystunov V.F., Braginets S.V., Bakhchevnikov O.N. State and Prospects of Using Plant Raw Materials in Aquaculture Feeds (Review). Agricultural Science of the Euro-North-East. 2022. vol. 23. no. 3. pp. 281–294. doi: 10.30766/2072-9081.2022.23.3.281-294 (in Russian).

6 Bektursunova M.Zh., Semenova A.A., Novikova E.V. et al. The Use of Non-Traditional Types of Raw Materials in the Production of Compound Feeds for Valuable Fish Species. Bulletin of ASTU. Series: Fisheries. 2022. no. 2. pp. 34–49. (in Russian).

7 Vasilenko V.N., Frolova L.N., Kochkin I.Yu. et al. Development of Productive Pseudo-Encapsulated Compound Feeds for Rainbow Trout Cultured in the Central Federal District of the Russian Federation. Bulletin of VSUET. 2023. vol. 85. no. 1. pp. 174–179. doi: 10.20914/2310-1202-2023-1-174-179 (in Russian).

8 Krutskikh S. Pseudo-encapsulation Technology – A Modern Approach to the Production of Premixes and Feed Additives. Available at: https://agroserver.ru/ (accessed: 17.01.2026) (in Russian).

9 Mikhailova M.V. Microencapsulation Technology in Compound Feeds for Juvenile Valuable Fish Species. Fish Breeding and Fisheries. 2017. no. 3. pp. [Note: Please specify page numbers when available]. (in Russian).

10 Konovalenko L.Yu., Mishurov N.P., Ponomarev S.V., Fedorovykh Yu.V. Technologies for the Production of Aquaculture Feeds: A Monograph. Moscow: Rosinformagrotekh, 2020. 80 p. (in Russian).

11 Berntssen M.H.G., Betancor M.B., Caballero M.J., Hillestad M. Safe limits of selenomethionine and selenite supplementation to plant-based Atlantic salmon feeds. Aquaculture. 2018. vol. 495. pp. 611–618. doi: 10.1016/j.aquaculture.2018.06.041.

12 Safari R., Hoseinifar S.H., Imanpour M.R. et al. The effects of multi-enzyme and betaine on growth performance, body composition haemato-immunological parameters and expression of growth-related genes in beluga (Huso huso). Aquaculture. 2022. vol. 549. article 737784. doi: 10.1016/j.aquaculture.2021.737784.

13 Fakhrian M., Morshedi V., Zefrehei A.R.P. Effects of deprivation and compensatory growth feed on growth and feeding performance, body composition, blood parameters and structure of liver and intestine tissues in juvenile Siberian sturgeon (Acipenser baerii). Journal of Animal Environment. 2021. vol. 13. no. 3. pp. 155–164. (in Russian).

14 Ahmadi S.M., Vahabzadeh Roudsari H., Khara H. et al. Optimum growth, enzymatic and biochemical reactions of stellate sturgeon, Acipenser stellatus juveniles in response to the feeding frequency and exposure to environmental salinity. Caspian Journal of Environmental Sciences. 2024. pp. 1–12. doi: 10.22124/cjes.2024.8300.

15 Lee S., Zhao H., Li Y. et al. Evaluation of Formulated Feed for Juvenile Lake Sturgeon Based on Growth Performance and Nutrient Retention. North American Journal of Aquaculture. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 223–236. doi: 10.1002/naaq.10028.

16 Naghdi S., Mohtasebi S.S., Aghbashlo M. et al. Insights into fishery by-product application in aquatic feed and food: a review. Aquaculture International. 2024. vol. 32. no. 5. pp. 5851–5910. doi: 10.1007/s10499-024-01468-2.

17 Pourhosein-Sarameh S. Application of various sources of vegetable lipids in sturgeon feeding. Aquatic Animals Nutrition. 2022. vol. 8. no. 2. pp. 39–52.

18 Fotodimas I., Vidalis K.L., Theodorou J.A. et al. Sustainable aquaculture through enzymatic hydrolysis of raw chitin from crab by-products: functional fish feeds targeting fish health with implications for human health. Fishes. 2025. vol. 10. no. 10. article 514. doi: 10.3390/fishes10100514.

19 Kumar A., Singh U., Jaiswal S.G. et al. Recent trends in the encapsulation of functional lipids: comprehensive review. Sustainable Food Technology. 2024. vol. 2. no. 6. pp. 1610–1630. doi: 10.1039/D4FB00187G.

20 Tian X.Y., Bai J.W., Fang Q. et al. Polyphenols in modern nutrition: green extraction technologies, encapsulation, and promissory applications. Food and Bioprocess Technology. 2025. vol. 18. no. 7. pp. 6035–6065. doi: 10.1007/s11947-025-03715-1.

21 Voicea I., Moga C.I., Biriș S.Ș. et al. Experimental research on obtaining pelletized feed recipes with applicability in semi-intensive aquaculture systems. E3S Web of Conferences. 2021. vol. 286. article 03005. doi: 10.1051/e3sconf/202128603005.

22 Wang H., Ma S., Yang J. et al. Optimization of the process parameters for extruded commercial sinking fish feed with mixed plant protein sources. Journal of Food Process Engineering. 2021. vol. 44. no. 1. article e13599. doi: 10.1111/jfpe.13599.

Сведения об авторах

Константин В. Мишинев аспирант, кафедра технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, mishinev.k@yandex.ru
https://orcid.org/0009-0006-0202-7700

Александр Н. Остриков д.т.н., профессор, кафедра технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, ostrikov27@ya.ru
https://orcid.org/0000-0002-2335-0017

Information about authors

Konstantin V. Mishinev graduate student, technology of fats, processes and equipment for chemical and food production department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, mishinev.k@yandex.ru
https://orcid.org/0009-0006-0202-7700

Alexander N. Ostrikov Dr. Sci. (Engin.), professor, technology of fats, processes and equipment for chemical and food production department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, ostrikov27@ya.ru
https://orcid.org/0000-0002-2335-0017

Вклад авторов

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

Contribution

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

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 19/01/2026	**После редакции** 02/02/2026	**Принята в печать** 23/02/2026
Received 19/01/2026	**Accepted in revised** 02/02/2026	**Accepted** 23/02/2026