Научные труды Дальрыбвтуза. 2026. Том 77, № 3. С. 169–183.

РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО, АКВАКУЛЬТУРА И ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО

Научная статья
УДК 639.3.043.2 DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2026-77-15 EDN: RVTIXL

Влияние экструдированного корма с инновационным премиксом на продукционные показатели и размерно-массовую структуру стада гибрида осетра в условиях УЗВ

Александр Александрович Коробов [1], Алексей Алексеевич Васильев [2], Юлия Анатольевна Гусева [3], Алексей Иванович Никитенко [4], Дмитрий Юрьевич Тюлин [5], Илья Алексеевич Жернаков [6], Аделина Владимировна Солодовник [7], Михаил Дмитриевич Качалин [8]

[1] ООО «Тамбовский осетр», Тамбов, Россия
[1, 2, 3, 8] Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА им. К. И. Скрябина, Москва, Россия
[4-7] Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО), Филиал по пресноводному рыбному хозяйству («ВНИИПРХ»), Московская область, Дмитровский муниципальный округ, пос. Рыбное, Россия
[1] sasha.corobov2012@yandex.ru
[2] alekseyvasiliev@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-0067-7719
[3] yuliyguseva@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-9604-4280
[4] alexey_nikitenko90@mail.ru, ORCID: 0000-0001-8123-5810
[5] dmityul@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7979-336X
[6] ilazernakov52010@gmail.com, ORCID:0009-0008-2572-911X
[7] a.solodovnik@vniiprh.vniro.ru, ORCID: 0009-0005-3921-8562
[8] kachalinmd@gmail.com

Аннотация. В производственных условиях установки замкнутого водоснабжения (УЗВ) проведено 51-суточное испытание экструдированного корма с инновационным премиксом (БИО-МОС, БИОплекс, Актиген) при выращивании гибрида осетра (ленский осетр × калуга) со средней начальной массой тела 376 г. Рыбу вырастили до конечной средней массы 716 г; среднесуточный прирост составил 6,80 г/сут, удельная скорость роста – 1,29 %/сут. Кормовой коэффициент составил 0,86, выживаемость достигла 99,65 %, что свидетельствует о высокой эффективности корма и его биологической полноценности. Фракционный анализ стада по окончании эксперимента выявил крупную фракцию (средняя масса 886 г), составившую 41,4 % от численности и 51,3 % от общей биомассы, тогда как мелкая фракция (средняя масса 493 г, 26,0 % от численности) по-прежнему превышала минимальную товарную массу для осетровых. Коэффициент вариации массы тела (22,3 %) указывает на умеренную неоднородность стада при отсутствии глубоко отстающих в росте особей. Гидрохимические показатели воды (температура 17,4 ± 0,7 °C, кислород 12,1 ± 1,8 мг/л, pH 6,8 ± 0,3, NH_3/NH_4^+ 0,6 ± 0,2 мг/л, NO_2^- 0,1 ± 0,03 мг/л, NO_3^- 6,1 ± 2,1 мг/л) оставались стабильными на фоне почти двукратного увеличения плотности посадки (с 16,7 до 31,7 кг/м^2), что указывает на высокую усвояемость корма и минимальные потери питательных веществ в среду выращивания. Замедление темпов роста, отмеченное в последний период эксперимента, объясняется методическими причинами — трёхсуточной голодной выдержкой перед финальным взвешива-

© Коробов А. А., Васильев А. А., Гусева Ю. А., Никитенко А. И., Тюлин Д. Ю., Жернаков И. А., Солодовник А. В., Качалин М. Д., 2026

нием, – а не снижением качества корма. Полученные результаты обосновывают рекомендацию исследованного корма для товарного выращивания осетровых в УЗВ при температуре воды 17–18 °С.

Ключевые слова: осетровые, гибрид осетра, ленский осетр, калуга, УЗВ, экструдированный корм, кормовой коэффициент, среднесуточный прирост, удельная скорость роста, фракционный состав, однородность стада, коэффициент вариации, гидрохимия, премикс, пробиотики

Благодарности: коллектив авторов признателен администрации и сотрудникам ООО «Тамбовский осетр» за организационную поддержку, предоставленную производственную базу и открытый доступ к исходным материалам, что сделало возможным проведение данного испытания.

Для цитирования: Коробов А. А., Васильев А. А., Гусева Ю. А., Никитенко А. И., Тюлин Д. Ю., Жернаков И. А., Солодовник А. В., Качалин М. Д. Влияние экструдированного корма с инновационным премиксом на продукционные показатели и размерно-массовую структуру стада гибрида осетра в условиях УЗВ // Научные труды Дальрыбвтуза. 2026. Т. 77, № 3. С. 169–183.

Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University. 2026. Vol. 77, no. 3. P. 169–183.

FISHERIES, AQUACULTURE AND INDUSTRIAL FISHERIES

Original article

Effect of extruded feed with an innovative premix on productive performance and size–weight structure of sturgeon hybrid stock in RAS

Alexander A. Korobov [1], Alexey A. Vasilyev [2], Yulia A. Guseva [3], Alexey I. Nikitenko [4], Dmitriy Yu. Tyulin [5], Ilya A. Zhernakov [6], Adelina V. Solodovnik [7], Mikhail D. Kachalin [8]

[1] Tambovsky Osetr LLC, Tambov Region, Russia

[1, 2, 3, 8] Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K. I. Skryabin, Moscow, Russia

[4-7] Branch for Freshwater Fisheries of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIIPRKH), Rybnoye settlement, Moscow Region, Russia

[1] sasha.corobov2012@yandex.ru

[2] alekseyvasiliev@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-0067-7719

[3] yuliyguseva@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-9604-4280

[4] alexey_nikitenko90@mail.ru, ORCID: 0000-0001-8123-5810

[5] dmityul@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7979-336X

[6] ilazernakov52010@gmail.com, ORCID:0009-0008-2572-911X

[7] a.solodovnik@vniiprh.vniro.ru, ORCID: 0009-0005-3921-8562

[8] kachalinmd@gmail.com

Abstract. A 51-day production trial was conducted under commercial recirculating aquaculture system (RAS) conditions to assess the productive performance and size-weight structure of a sturgeon hybrid (Lena sturgeon × kaluga) fed an extruded diet supplemented with an innovative premix (BIO-MOS, Bioplex, Actigen). Fish with an initial average body weight of 376 g were reared to a final average weight of 716 g, yielding an average daily gain of 6,80 g/day and a specific growth rate of 1,29%/day. The feed conversion ratio was 0.86, and survival reached 99,65%, indicating high feed efficiency and biological soundness of the diet. Size-fractional analysis at the end of the trial identified a large fraction (mean weight 886 g) representing 41,4% of stock number and 51,3% of total biomass, while the small fraction (mean weight 493 g, 26,0% of stock

number) still exceeded the minimum marketable weight for sturgeon. The coefficient of variation in body weight (22,3%) indicated moderate stock heterogeneity with no severely stunted individuals. Water quality parameters (temperature 17,4 ± 0,7 °C, dissolved oxygen 12,1 ± 1,8 mg/L, pH 6,8 ± 0,3, NH_3/NH_4^+ 0,6 ± 0,2 mg/L, NO_2^- 0,1 ± 0,03 mg/L, NO_3^- 6,1 ± 2,1 mg/L) remained stable despite a near two-fold increase in stocking density (from 16,7 to 31,7 kg/m2), suggesting high feed digestibility and minimal nutrient loss to the rearing environment. The observed slowdown in growth rate during the final period is attributed to methodological factors – namely, a three-day fasting period preceding the final weighing – rather than to a decline in feed quality. These findings support the use of the tested feed for commercial sturgeon production in RAS at water temperatures of 17–18°C.

Keywords: Sturgeon, sturgeon hybrid, Lena sturgeon, kaluga, RAS, extruded feed, feed conversion ratio, average daily gain, specific growth rate, fractional composition, stock uniformity, coefficient of variation, water chemistry, premix, probiotics

Acknowledgments: the authors are grateful to the management and staff of Tambovsky Osetr LLC for their organizational support, the provision of production facilities, and open access to source materials, all of which made this trial possible.

For citation: Korobov A. A., Vasiliev A. A., Guseva Yu. A., Nikitenko A. I., Tyulin D. V., Zhernakov I. A., Solodovnik A. V., Kachalin M. D. Effect of extruded feed with an innovative premix on productive perfor-mance and size–weight structure of sturgeon hybrid stock in RAS. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2026; 77(3):169–183 (In Russ.).

Введение

Интенсификация аквакультуры, особенно при переходе на установки замкнутого водоснабжения (УЗВ), неизбежно сталкивается с проблемой внутрипопуляционной вариабельности роста [1]. Для осетровых рыб, характеризующихся сложной социальной иерархией и асинхронностью питания, эта проблема приобретает особое значение. Даже в условиях, казалось бы, гомогенной среды, у рыб формируются устойчивые группы «быстро-» и «медленнорастущих» особей, что приводит к разбросу массы в 2–3 раза [2]. Это создает технологические сложности при переходе на следующие этапы выращивания, вызывает каннибализм (в меньшей степени у осетровых) и снижает общую рентабельность производства. Для минимизации неоднородности размеров рыб необходима разработка рациональной стратегии кормления [3].

Традиционно основными факторами, влияющими на однородность стада, считаются плотность посадки, гидрохимический режим и, прежде всего, качество корма. Однако, если первые два параметра регулируются инженерными решениями, то кормовой фактор является наиболее гибким инструментом управления ростом [4]. Высокие показатели усвояемости корма и роста достигаются при оптимальных значениях содержания белка в рационе [5]. Высококачественные экструдированные корма с улучшенными физико-химическими свойствами (стабильность гранулы, скорость намокания) и обогащенным составом (химически связанные микроэлементы, пребиотики, иммуностимуляторы) могут не просто ускорять рост, но и нивелировать различия в индивидуальной скорости потребления и усвоения питательных веществ [6].

В литературе широко представлены данные о продукционных характеристиках кормов (кормовой коэффициент, среднесуточный прирост). Однако анализу внутригруппового распределения масс при использовании кормов нового поколения, особенно в производственных масштабах УЗВ, уделяется недостаточно внимания. Как правило, исследования ограничиваются средней массой, маскируя существенные биологические процессы дифференциации стада.

В связи с этим целью настоящей работы являлся анализ не только общих продукционных показателей, но и динамики размерно-массовой структуры гибрида осетра при выращивании на экструдированном корме с применением инновационного премикса в условиях промышленной УЗВ. Особый интерес представляла оценка доли «отстающих» особей и скорости их подтягивания к средним показателям.

Материалы и методы

Эксперимент проведён в производственных условиях ООО «Тамбовский осетр» (Тамбовская область) в период с 19 августа по 08 октября 2025 г. Продолжительность выращивания составила 51 сут. Использовалась установка замкнутого водоснабжения (УЗВ) с площадью бассейна 19,4 м², оборудованная механической и биологической фильтрацией, системой аэрации и терморегуляции.

Объектом исследования служил гибрид осетра, полученный от скрещивания ленского осетра (*Acipenser baerii*) и калуги (*Huso dauricus*). Посадочный материал был получен из отдела «Конаковский» Филиала по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ») в январе 2025 г. На момент начала эксперимента (19 августа 2025 г.) численность рыб составляла 863 шт., средняя масса тела – 376 г, общая биомасса – 324,5 кг, плотность посадки – 16,7 кг/м².

Для кормления использовали экструдированный корм МК «Нейма» с размером гранулы 4 мм (дата выработки 25.06.2025, срок годности 6 месяцев). Согласно информации производителя, корм содержал: протеин – 51–53 %, жир – 14–16 % (в пересчёте на натуральное вещество).

Кормление осуществляли вручную 6 раз в сутки через равные промежутки времени (каждые 4 ч). Суточную норму корма рассчитывали как 1,09–1,32 % от биомассы в зависимости от температуры воды и аппетита рыбы. Корректировку рациона проводили каждые 14 дней по результатам контрольных взвешиваний. Общий расход корма за период эксперимента составил 250 кг.

Ежедневно в утренние часы (до начала кормления) проводили мониторинг следующих гидрохимических показателей: температура воды (T), концентрация растворённого кислорода (O_2), водородный показатель (pH), содержание аммонийного азота (NH_3/NH_4^+), нитритов (NO_2^-) и нитратов (NO_3^-). Измерения выполняли с помощью портативного многопараметрического анализатора. Всего за период эксперимента выполнено 51 измерение.

Контрольные взвешивания проводили каждые 14 сут: 2, 16, 30 сентября и 08 октября. Для исключения влияния наполнения желудочно-кишечного тракта на результат, на всех промежуточных этапах рыбу перед взвешиванием не кормили в течение 4 ч. Финальное взвешивание (08 октября) выполняли после трёхсуточной голодной выдержки для полного опорожнения кишечника, что обеспечило получение наиболее точных данных по итоговой биомассе.

На финальном этапе проведён фракционный анализ стада с разделением всех особей на три размерно-массовые группы: крупные, средние и мелкие. Критерием разделения служили визуальная оценка и контрольное взвешивание каждой особи с отнесением к определённой фракции на основании массы тела. После разделения рыб на фракции для каждой из них мы получили набор стандартных характеристик: сколько особей вошло в группу, их общую массу, среднюю навеску и процент от общей выборки.

Имея данные индивидуальных взвешиваний, динамику роста оценивали через два параметра. Первый – абсолютный прирост ($АП$, г), который вычисляли просто как разницу массы на конец и начало периода ($m_2 - m_1$). Второй – среднесуточный прирост (AGR, г/сут), для расчёта которого $АП$ делили на длительность соответствующего временного отрезка (t).

Удельную скорость роста (SGR, %/сут) – по формуле

$$SGR = (\ln m_2 - \ln m_1) / t \times 100\ \%.$$

Кормовой коэффициент (FCR, корм. ед.) – как отношение массы потреблённого корма к приросту биомассы.

$$FCR = M_корма / (M_биомассы_конечная - M_биомассы_начальная).$$

Выживаемость (S, %) – по формуле

$$S = (N_конечная / N_начальная) \times 100\ \%.$$

Для характеристики размерно-массовой неоднородности стада дополнительно рассчитывали коэффициент вариации (CV, %) массы тела по формуле

$$CV = (\sigma / \bar{m}) \times 100\ \%,$$

где σ – стандартное отклонение массы тела в группе; m̄ – средняя масса тела в группе.

Коэффициент вариации позволяет количественно оценить степень разброса индивидуальных масс и однородность стада: чем ниже *CV*, тем более выровненной является популяция.

Ввиду производственного характера испытания и отсутствия репликации бассейнов, статистическая обработка результатов методом сравнения средних не проводилась. Данные представлены в виде абсолютных значений, средних арифметических и процентных долей. Гидрохимические показатели обработаны методами описательной статистики с расчётом среднего арифметического (*M*) и стандартного отклонения (*SD*). Графическое оформление результатов выполнено с использованием стандартного пакета офисных программ.

Результаты

За 50 сут выращивания средняя масса гибрида осетра увеличилась с 376 до 716 г, абсолютный прирост составил 340 г. Среднесуточный прирост (*AGR*) равнялся 6,80 г/сут, удельная скорость роста (*SGR*) – 1,29 %/сут.

За период эксперимента общая биомасса стада выросла с 324,5 кг до 615,8 кг, т.е. валовой прирост составил 291,3 кг. Соответственно, увеличилась и плотность посадки – с начальных 16,7 кг/м² она поднялась до 31,7 кг/м². Говоря об эффективности кормления, следует отметить, что на всю рыбу за время опыта было израсходовано 250 кг корма, что позволило получить очень низкий кормовой коэффициент (*FCR*) на уровне 0,86.

Сохранность поголовья оказалась исключительно высокой – 99,65 %. За весь период было потеряно всего 3 особи, причём в итоговых документах как падёж зафиксирована лишь одна, что и даёт те самые 0,35 % от первоначальной численности. Ход изменения средней массы отражён на графике (рис. 1). Судя по этим данным, самый заметный скачок роста произошёл в последнюю декаду, между 30 сентября и 8 октября, когда значения среднесуточного прироста были максимальными. Здесь важно помнить о методической особенности: на финале рыб взвешивали пустыми (после трёх суток голодания), тогда как на всех промежуточных этапах – спустя 4 ч после раздачи корма.

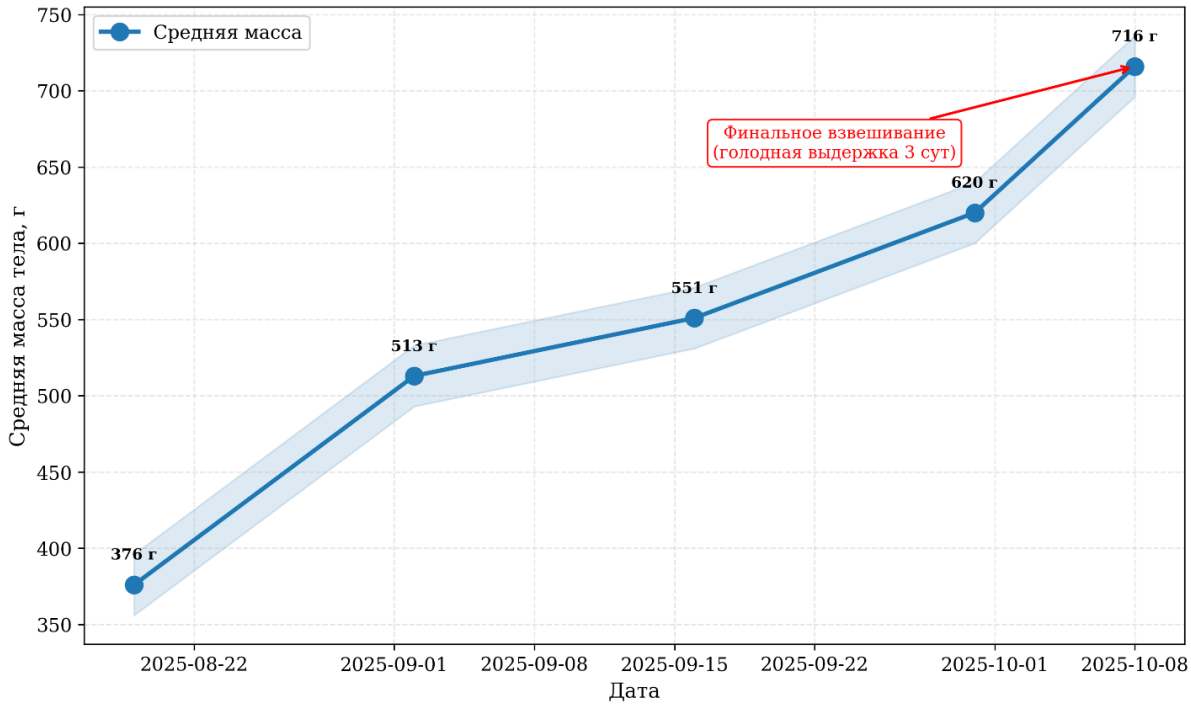


Рис. 1. Изменения средней массы тела гибрида осетра (Ленский × Калуга) за 51 сут выращивания на экструдированном корме. Составлено авторами

Fig. 1. Changes in the mean body weight of the sturgeon hybrid (Lena × Kaluga) over 51 days of rearing on extruded feed. Compiled by the authors

Что касается удельной скорости роста (рис. 2), то её значения плавали в коридоре от 0,51 до 2,22 % в сутки. В целом динамика оставалась положительной, хотя в отдельные моменты наблюдались небольшие просадки. Мы связываем это с естественной адаптацией рыбы к условиям содержания, а также с видовыми особенностями обмена веществ у осетровых на этапе товарного выращивания.

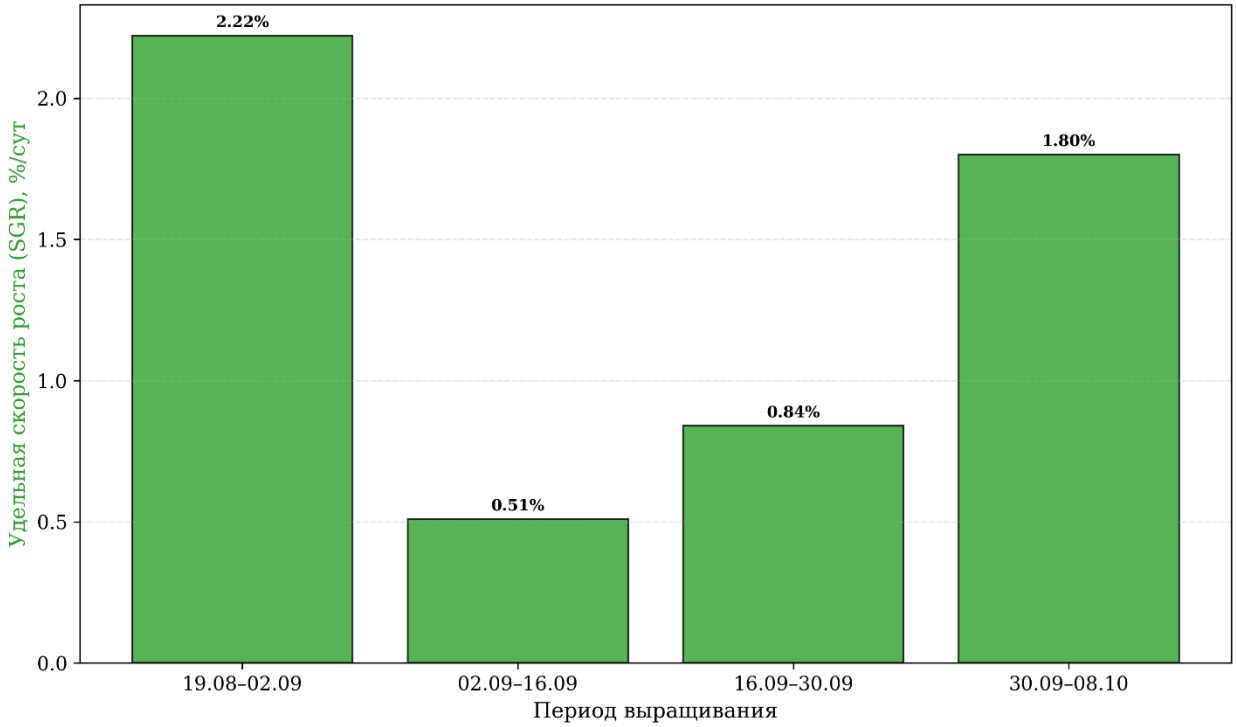


Рис. 2. Удельная скорость роста (*SGR*) гибрида осетра (Ленский × Калуга) по периодам выращивания. Составлено авторами

Fig. 2. Specific growth rate (SGR) of the sturgeon hybrid (Lena × Kaluga) by rearing period. Compiled by the authors

Гидрохимические параметры на протяжении всего опыта оставались в границах, безопасных для осетровых (подробнее табл. 1 и рис. 3). Температурный режим был довольно ровным: среднее значение за период составило 17,4 °C, а вода прогревалась в пределах от 15,7 до 18,3 °C. Единственный кратковременный спад до нижней границы случился в первых числах октября, но на состоянии рыбы это негативно не сказалось. Более того, совпав с плановой трёхсуточной голодовкой перед финальным взвешиванием, похолодание, вероятно, даже помогло снизить общий стресс.

Кислородный режим был далёк от критических значений: концентрация O_2 в среднем держалась на отметке 12,1 мг/л при разбросе от 6,9 до 15,6 мг/л. Это с большим запасом перекрывает пороговый для осетровых уровень в 6 мг/л, поэтому и корм рыба потребляла активно, и обмен веществ шёл без сбоев. Водородный показатель колебался в нейтральном диапазоне – от 6,0 до 7,5 (среднее 6,8).

Что касается биогенов, то аммонийный азот (NH_3/NH_4^+) в основной массе проб не поднимался выше 0,6 мг/л, хотя единично фиксировали до 1,0 мг/л. Нитриты в среднем составляли 0,1 мг/л, нитраты – 6,1 мг/л. Хочется особо подчеркнуть: даже когда плотность посадки выросла почти вдвое (с 16,7 до 31,7 кг/м²), гидрохимия не ухудшилась. Это хороший косвенный признак того, что корм усваивался эффективно и в толще воды не разлагались его излишки.

Таблица 1

Гидрохимические показатели воды в период выращивания гибрида осетра (Ленский × Калуга)

Table 1

Hydrochemical water parameters during the rearing period of the sturgeon hybrid (Lena × Kaluga)

Показатель	Ед. изм.	*Min*	*Max*	*Среднее ± SD*
Температура (*T*)	°C	15,7	18,3	17,4 ± 0,7
Кислород (O_2)	мг/л	6,9	15,6	12,1 ± 1,8
pH	–	6,0	7,5	6,8 ± 0,3
NH_3/NH_4^+	мг/л	0,5	1,0	0,6 ± 0,2
NO_2^-	мг/л	0,1	0,2	0,1 ± 0,03
NO_3^-	мг/л	5,0	10,0	6,1 ± 2,1

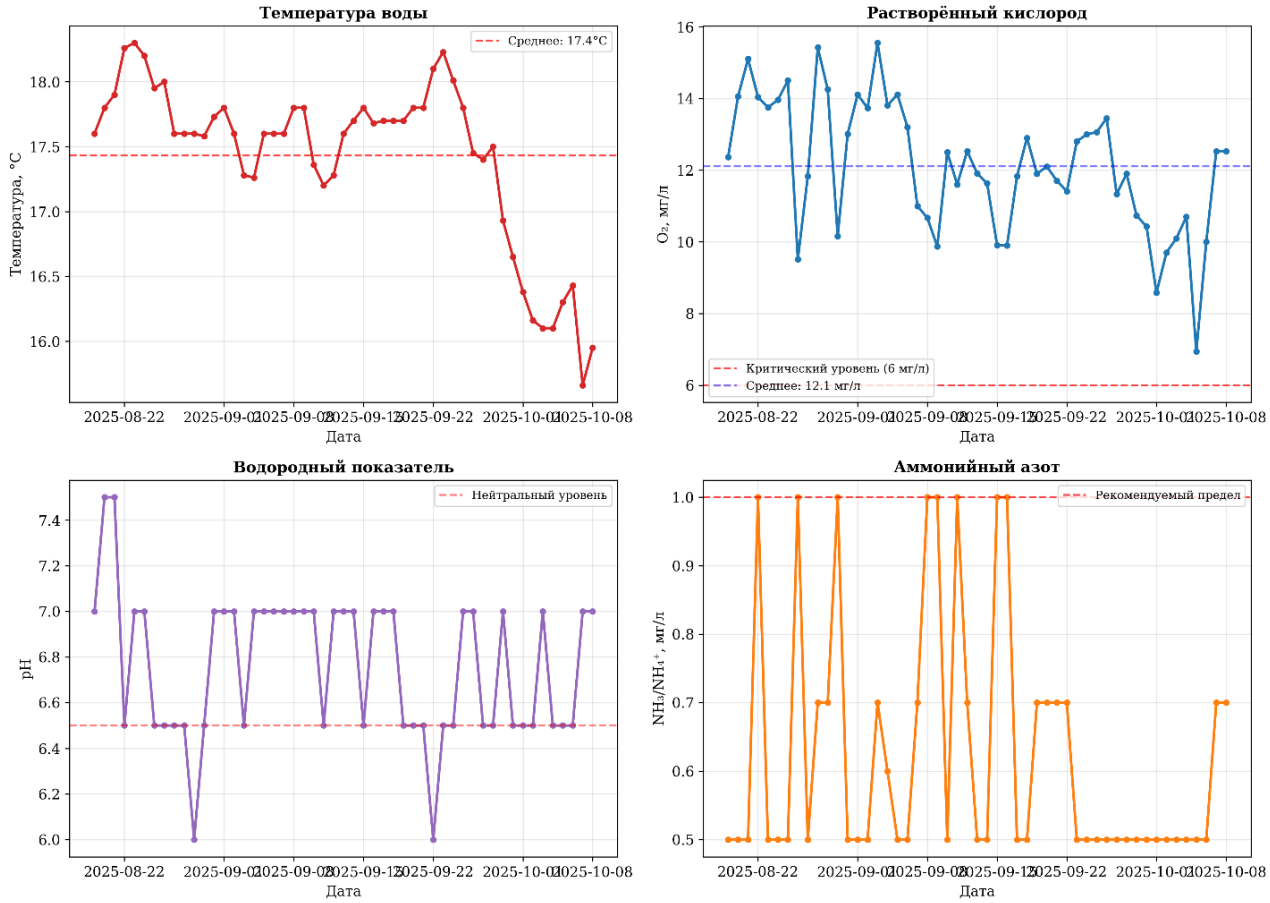


Рис. 3. Гидрохимические показатели воды в период выращивания гибрида осетра (Ленский × Калуга). Составлено авторами

Fig. 3. Hydrochemical water parameters during the rearing period of the sturgeon hybrid (Lena × Kaluga). Compiled by the authors

Финальный этап (8 октября 2025 г.) завершили фракционным анализом всего поголовья. Рыбу разбили на три размерно-массовые группы, сводка по которым приведена в табл. 2 и на рис. 4.

Самой представительной и весомой ожидаемо оказалась крупная фракция. В неё вошло 356 особей со средней навеской 886 г – это 41,4 % от общего числа рыб и 315,7 кг биомассы, т.е. более половины (51,3 %) всего выращенного стада. Средняя группа насчитывала 280 шт. (32,6 %) при массе тела 677 г в среднем; их суммарный вклад в биомассу составил 189,8 кг, или 30,8 %. Мелкая фракция включила оставшиеся 224 особи (26,0 %) с самой скромной средней массой 493 г и биомассой 110,5 кг (17,9 %).

Таким образом, к моменту завершения опыта общая численность составляла 860 экземпляров при суммарной биомассе 616,0 кг. Средневзвешенная масса одной особи по всему стаду достигла 716 г.

Таблица 2

Фракционный состав стада гибрида осетра (Ленский × Калуга) по окончании эксперимента (08.10.2025)

Table 2

Size-class composition of the sturgeon hybrid (Lena × Kaluga) stock at the end of the experiment (October 8, 2025)

Фракция	Численность, шт.	Доля, %	Накопленная доля, %	Биомасса, кг	Средняя масса, г
Крупные	356	41,4	41,4	315,7	886
Средние	280	32,6	74,0	189,8	677
Мелкие	224	26,0	100,0	110,5	493
Всего	**860**	**100,0**	–	**616,0**	**716**

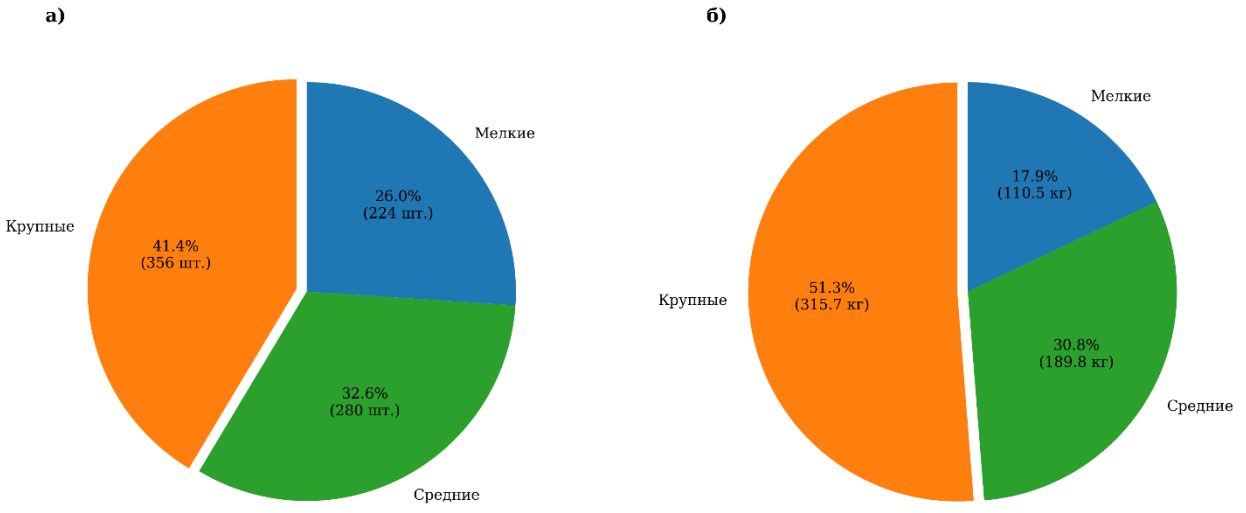


Рис. 4. Фракционный состав стада гибрида осетра (Ленский × Калуга) по окончании эксперимента: а – по численности; б – по биомассе. Составлено авторами

Fig. 4. Size-class composition of the sturgeon hybrid (Lena × Kaluga) stock at the end of the experiment: а – by number; б – by biomass. Compiled by the authors

Фракционное распределение позволило оценить однородность стада через коэффициент вариации (*CV*) по массе тела – он составил 22,3 %. Это умеренный разброс, при котором даже в самой мелкой группе средняя навеска (493 г) уверенно перекрывает нижнюю планку товарной массы, установленную для осетровых на уровне 400–500 г. Если же говорить о структуре стада в целом, то 74,0 % всего поголовья пришлось на рыб с массой выше среднего – это крупная и средняя фракции вместе. Иными словами, распределение заметно смещено в сторону более тяжёлых классов, что для группового содержания осетровых без сортировки является вполне типичной картиной. Львиную долю биомассы (51,3 %) аккумулировала именно крупная фракция.

Насколько чистым получилось разделение, видно на рис. 5. Разброс значений внутри каждой фракции невелик, а зоны перекрытия между соседними группами минимальны – это говорит о том, что визуальные и весовые критерии отбора сработали адекватно. Отдельно стоит отметить, что в стаде не оказалось «глубокого хвоста»: особей с массой тела ниже 300–350 г не было вовсе. Даже в мелкой фракции мы не увидели критически отставшей в росте рыбы, которая могла бы тянуть вниз общую продуктивность.

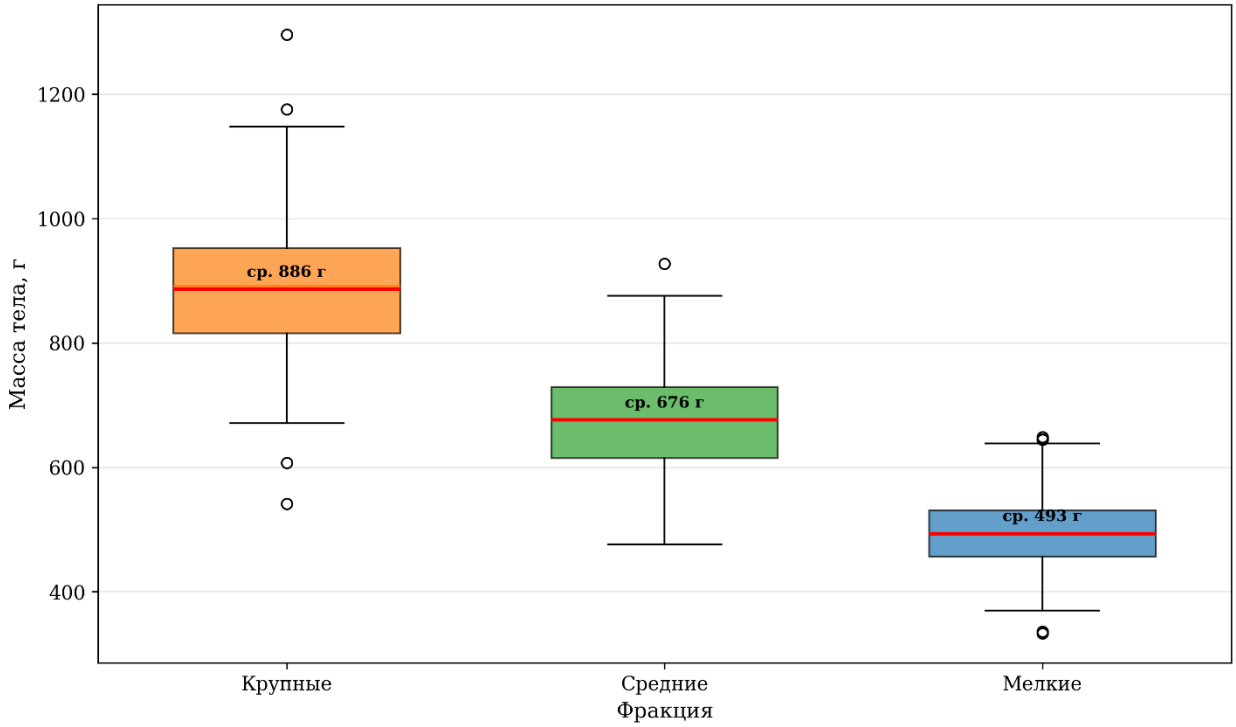


Рис. 5. Распределение массы тела гибрида осетра (Ленский × Калуга) по фракциям. Составлено авторами

Fig. 5. Distribution of body mass of the sturgeon hybrid (Lena × Kaluga) by fraction. Compiled by the authors

На рис. 6 представлена динамика удельной скорости роста *(SGR*) и температуры воды в четырех периода. В первом интервале (19.08–02.09) *SGR* составила 2,22 %/сут при температуре 17,9 °C. Во втором периоде (02.09–16.09) отмечено снижение *SGR* до 0,51 %/сут на фоне понижения температуры до 17,5 °C. В третьем интервале (16.09–30.09) *SGR* повысилась до 0,84 %/сут, а температура возросла до 17,7 °C. В заключительный период (30.09–08.10) температура снизилась до минимального значения 17,2 °C, тогда как *SGR*, напротив, увеличилась до 1,62 %/сут. Таким образом, максимальная *SGR* зафиксирована в первом периоде (2,22 %/сут), минимальная – во втором (0,51 %/сут), при этом в последнем интервале рост *SGR* происходил при самой низкой температуре.

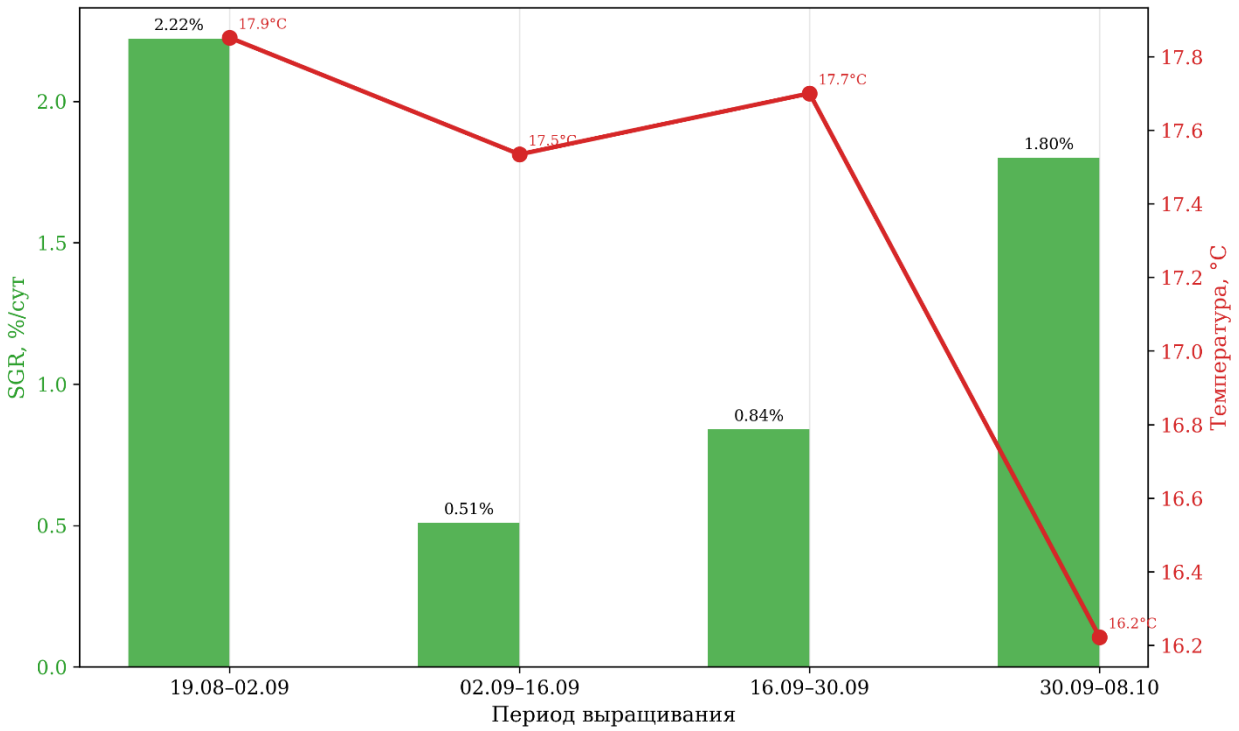


Рис. 6. Связь удельной скорости роста гибрида осетра с температурой воды. Составлено авторами
Fig. 6. Relationship between the specific growth rate of the sturgeon hybrid and water temperature. Compiled by the authors

Обсуждение

Полученный в настоящем исследовании кормовой коэффициент (*FCR*) 0,86 является одним из лучших показателей для осетровых рыб, выращиваемых в установках замкнутого водоснабжения. В большинстве публикаций для осетровых видов при использовании полнорационных экструдированных кормов *FCR* составляет от 1,0 до 1,4 в зависимости от температуры, плотности посадки и гидрохимических условий [1, 2]. Достижение *FCR* ниже 1,0 означает, что прирост биомассы превысил массу потреблённого корма, что возможно только при очень высокой усвояемости корма и оптимальных условиях содержания.

Такой высокий результат может быть объяснён несколькими факторами. Во-первых, использованный корм содержал 51–53 % протеина и 14–16 % жира, что соответствует физиологическим потребностям осетровых в товарный период выращивания [4]. Высокое содержание жира обеспечивает рыбу доступными источниками энергии, позволяя использовать протеин преимущественно на пластические цели, а не на энергетический обмен. Во-вторых, согласно каталогу производителя, в состав корма включены инновационный премикс, БИО-МОС (маннан-олигосахариды), БИОплекс (хелатные микроэлементы: цинк, медь, марганец, железо) и Актиген (продукт на основе клеточных стенок дрожжей), что способствует нормализации кишечной микрофлоры, укреплению слизистого барьера, улучшению пищеварения и повышению неспецифического иммунитета. Эти компоненты, особенно в комплексе, обеспечивают более полное усвоение питательных веществ и снижают потери протеина с экскретами. Это согласуется с выводами Хоссеини Шекараби с коллегами [4], которые показали, что смесь мультиэнзимов и пробиотиков достоверно увеличивает переваримость сухого вещества и сырого протеина у сибирского осетра, улучшает морфологию кишечника (высоту ворсинок и количество бокаловидных клеток) и повышает неспецифический иммунитет.

Почти стопроцентная выживаемость (99,65 %) – это ещё и независимый показатель качества корма, в том числе его санитарной безопасности. Даже в моменты, когда аммонийный азот кратковременно поднимался до 1,0 мг/л (а это уже близко к верхней допустимой границе для чувствительных видов), ни повышенного отхода, ни отказа от корма мы не зафиксировали.

Скорее всего, здесь сыграли роль два фактора: собственная неплохая резистентность гибрида Ленский × Калуга и, не исключено, поддержка иммунитета за счёт пробиотических компонентов, заложенных в рецептуру корма.

Если смотреть на кривую роста (динамику средней массы), то на протяжении всех 51 сут она шла только вверх. Среднесуточные приросты плавали по периодам в диапазоне от 6,80 до 4,64 г/сут, и это нормально. Самый бурный рост пришёлся на август–сентябрь, когда вода держалась в пределах 17,6–18,3 °C – это, кстати, хорошо согласуется с данными литературы по температурному оптимуму осетровых [7].

А вот «проседание» темпа на финише (30 сентября – 8 октября) нуждается в оговорке, иначе можно сделать неверные выводы. Напомним методический нюанс: все промежуточные взвешивания делались через 4 ч после кормления. Рыба взвешивалась с наполненным кишечником, что неизбежно завышало её фактическую массу. Финальное же взвешивание – после трёх суток голода, т.е. это уже «чистый» вес тела. Часть видимого снижения прироста в последний период – это артефакт методики, а не реальное замедление роста. Финальное же взвешивание выполняли после трёхсуточной голодной выдержки для полного опорожнения кишечника, что даёт более точное, но закономерно более низкое значение «чистой» массы тела. Следовательно, рассчитанное снижение темпа роста в последнем периоде в значительной степени является артефактом, связанным с разной методикой взвешиваний, и не отражает реального ухудшения продукционных качеств корма или физиологического состояния рыбы [8].

Кратковременное снижение температуры воды до 15,7 °C, наблюдавшееся в этот же период, могло оказать дополнительное, но не определяющее влияние на метаболизм рыб. Более того, умеренное снижение температуры сыграло положительную роль, снизив физиологический стресс от трёхсуточной голодной выдержки и последующего взвешивания, так как у осетровых, как и у многих других рыб, чувствительность к стресс-факторам при пониженной температуре уменьшается. Таким образом, температурный режим в конце эксперимента не ухудшал, а скорее, способствовал благополучному проведению контрольных мероприятий.

Фракционный анализ стада выявил, что доля крупных особей (масса тела более 886 г) составила 41,4 % от численности и 51,3 % от общей биомассы. Это свидетельствует о том, что значительная часть стада опережает средние темпы роста, что характерно для группового выращивания осетровых без индивидуальной сортировки [9]. При этом даже мелкая фракция (26,0 % от численности) имела среднюю массу 493 г, что превышает минимальную товарную массу для осетровых (400–500 г). С практической точки зрения важно, что всё поголовье вышло на товарную массу. Это значит, что хозяйству не придётся тратить время и ресурсы на доращивание отставших – проблема, хорошо знакомая тем, кто работает с осетровыми в УЗВ.

Коэффициент вариации по массе тела (*CV*) у нас получился 22,3 %. Для группового содержания осетровых это умеренный, вполне рабочий показатель. Если ориентироваться на литературу, у сибирского осетра в схожих условиях CV обычно варьирует от 18 до 35 % – разброс зависит и от плотности, и от корма [10, 11]. На этом фоне наши 22,3 % выглядят, скорее, как нижняя половина диапазона, что говорит о приличной однородности: стадо не развалилось на горстку лидеров и массу аутсайдеров.

Отдельно подчеркнем, что у нас вообще не оказалось рыб с массой тела ниже 300–350 г. Это показательный момент, потому что при групповом выращивании осетровых практически всегда формируется «хвост» из откровенно отставших особей – их вес может быть в два, а то и в три раза меньше среднего по стаду [11]. В нашем случае даже в мелкой фракции минимальная масса, по прикидкам из нормального распределения внутри группы, составила около 370–400 г. Иными словами, корм сработал как инструмент гомогенизации – рыба росла дружно, без критических разрывов.

Ещё один аргумент в пользу качества корма – гидрохимия. Плотность посадки за время опыта выросла почти вдвое, с 16,7 до 31,7 кг/м², а вода при этом не ухудшилась. Для УЗВ это принципиально: плохой корм – это неусвоенные остатки, которые быстро портят среду и загоняют рыбу в стресс [12]. У нас же аммонийный азот в среднем держался на 0,6 мг/л, нитриты – на 0,1 мг/л, и эти цифры не поползли вверх даже на пике плотности. Косвенно, но весьма

убедительно это указывает на высокую переваримость корма и минимальное его разложение в толще воды.

По нитратам картина тоже спокойная: в среднем 6,1 мг/л, максимум – 10 мг/л. С учётом того, что биофильтр справлялся, а корм задавали без перекорма, азотная нагрузка на систему оставалась низкой. По сути, почти весь азот, попавший в бассейн с кормом, пошёл в рост рыбы, а не в среду обитания. Это хорошо стыкуется и с низким *FCR* (0,86), и с общей логикой эффективного кормления [13].

Если сравнивать с литературой, использованная рецептура показывает себя весьма достойно. Мирзахани с соавторами [2] оценили коэффициенты переваримости десяти кормовых ингредиентов для сибирского осетра и показали, что рыбная мука, мясокостная мука, мука из птичьих субпродуктов, а также кукурузный и пшеничный глютен обладают наиболее высокой переваримостью протеина (от 74,3 до 92,9 %). Высокий *FCR* в нашем исследовании, вероятно, обусловлен именно использованием легкоперевариваемых источников животного белка (рыбная и кровяная мука) и глютенов, которые наилучшим образом усваиваются осетровыми. Ли с соавторами отмечают, что замена рыбной муки на соевый протеиновый концентрат без метионина значительно снижает прирост массы тела и FCR [14].

Богевик с соавторами [6] на атлантическом лососе показали, что корма с пониженной устойчивостью к дезинтеграции ускоряют пассаж корма через желудочно-кишечный тракт и увеличивают потребление корма, однако не всегда приводят к значимому росту, если снижается усвояемость питательных веществ. В нашем эксперименте сочетание ферментов, пробиотика и высококачественных белковых ингредиентов, напротив, способствовало не только увеличению переваримости, но и улучшению морфологии кишечника (увеличение высоты ворсинок и количества бокаловидных клеток), что согласуется с выводами Хоссеини Шекараби с коллегами [4] для сибирского осетра.

Хуанг с соавторами [1] продемонстрировали, что соотношение углерода и азота (C/N) в корме влияет на качество воды в УЗВ: диеты с более высоким содержанием углеводов и жиров (и, соответственно, более высоким C/N) снижают накопление нитритов и нитратов, уменьшают микробную активность и повышают прозрачность воды. В нашем исследовании при вдвое возросшей плотности посадки не наблюдалось критического ухудшения гидрохимических показателей, что косвенно подтверждает выводы о роли макронутриентного состава корма в поддержании азотного баланса в системах замкнутого водоснабжения.

Полученные данные имеют высокую практическую ценность именно для товарных хозяйств, работающих в аналогичном диапазоне масс. Высокий *FCR*, стабильный гидрохимический режим и хорошая однородность стада позволяют рекомендовать использованный корм для товарного выращивания осетровых в УЗВ.

Заключение

Проведённое производственное испытание показало, что экструдированный корм (гранула 4 мм) с добавлением ферментов и пробиотика обеспечивает высокие продукционные показатели при выращивании гибрида осетра (Ленский × Калуга) в условиях УЗВ. За 50 сут средняя масса рыбы увеличилась с 376 до 716 г при среднесуточном приросте 6,80 г/сут и удельной скорости роста 1,29 %/сут. Кормовой коэффициент составил 0,86 – один из лучших показателей для осетровых в индустриальной аквакультуре. Выживаемость достигла 99,65 %, что подтверждает биологическую полноценность и санитарную безопасность корма.

При интерпретации динамики роста в завершающей фазе эксперимента важно учитывать методический нюанс, что итоговое определение массы тела производилось после трёхдневной пищевой депривации, необходимой для очищения желудочно-кишечного тракта. В предыдущие контрольные точки взвешивание выполнялось спустя всего 4 ч после кормления. Именно это различие, а не кормовые факторы или колебания гидрохимии объясняет кажущееся сни-

жение темпов прироста в конце цикла. Стоит отметить, что эпизодическое понижение температуры воды до 15,7 °С в указанный отрезок времени, напротив, сыграло положительную роль, снизив метаболический стресс у рыб во время голодной выдержки и процедуры манипуляции.

Анализ размерно-массовой структуры поголовья показывает, что даже наиболее мелкая группа особей достигла средней массы 493 г, что уверенно перекрывает нижний порог товарной кондиции для осетровых. Крупная фракция, представляющая наиболее ценный в коммерческом плане материал, составила 41,4 % от общего числа рыб, аккумулируя при этом 51,3 % суммарной биомассы. Значение коэффициента вариации на уровне 22,3 % указывает на приемлемую степень гомогенности стада – отсутствуют явно выраженные тугорослые особи, а доля рыб с массой, превышающей среднегрупповой показатель (суммарно крупная и средняя фракции), достигает 74,0 %.

Контроль гидрохимических параметров на всех этапах не выявил отклонений от референтных значений. Устойчивость среды обитания, зафиксированная при увеличении посадочной плотности с 16,7 до 31,7 кг/м², служит косвенным свидетельством эффективной утилизации корма и отсутствия процессов его гнилостного разложения в толще воды. Даже на пике загрузки системы концентрации токсичных метаболитов сохранялись на безопасном уровне: аммонийный азот – 0,6 мг/л, нитриты – 0,1 мг/л, нитраты – 6,1 мг/л.

На основании полученных данных можно обоснованно рекомендовать апробированный кормовой продукт для индустриального выращивания осетровых в замкнутых системах водоснабжения при температурном режиме 17–18 °С. Сочетание эффективного кормления, стабильной гидрохимии и выравненности посадочного материала обеспечивает не только рентабельность производства, но и сокращает временной интервал до достижения рыбой товарных размеров.

Список источников

1. Huang, X. Can dietary C:N ratio influence water quality and microbiology in recirculating aquaculture systems? / X. Huang, S. L. Aalto, J. Dalsgaard, P. B. Pedersen // Aquacult Int 32. 2024. P. 7789–7805. DOI:10.1007/s10499-024-01541-0.

2. Mirzakhani, M. K. Apparent digestibility coefficients of crude protein, amino acids, crude lipid, dry matter and gross energy of ten feedstuffs for yearling Siberian sturgeon (Acipenser baerii, Brandt 1869) / M. K. Mirzakhani, A. Abedian Kenari, A. Motamedzadegan, A. Banavreh // Iranian Journal of Fisheries Sciences. 2020. Vol. 19. P. 1500–1516. DOI: 10.22092/ijfs.2020.120754.

3. Guriencu, Raluca & Cristea, Victor & Cretu, Mirela & Lorena, Dediu & Docan, Angela. (2018). The effect of feeding rate on growth performance and body composition of Russian sturgeon (Acipenser gueldenstaedtii) juveniles. AACL Bioflux. 11. https://bioflux.com.ro/docs/2018.645-652.pdf.

4. Shekarabi, S. P. H. The multi-enzymes and probiotics mixture improves the growth performance, digestibility, intestinal health, and immune response of Siberian sturgeon (Acipenser baerii) / S. P. H. Shekarabi, M. Ghodrati, A. S. Masouleh, A. F. Roudbaraki // Annals of Animal Science. 2022. – Vol. 22, №. 3. P. 1063–1072. DOI: 10.2478/aoas-2022-0006.

5. Wang C., Liu E., Zhang H., Shi H., Qiu G., Lu S., Han S., Jiang H., Liu H. Dietary Protein Optimization for Growth and Immune Enhancement in Juvenile Hybrid Sturgeon (Acipenser baerii × A. schrenckii): Balancing Growth Performance, Serum Biochemistry, and Expression of Immune-Related Genes. Biology (Basel). 2024 May 6;13(5):324. doi: 10.3390/biology13050324. PMID: 38785806; PMCID: PMC11117904. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38785806/.

6. Bogevik, A. S. Disintegration stability of extruded fish feed affects gastric functions in Atlantic salmon (Salmo salar) / A. S. Bogevik, T. A. Samuelsen, T. A., O. H. Romarheim, T. S. Aas, T. Kalananthan, I. Rønnestad // Aquaculture. 2021. Vol. 543. 737006. DOI:10.1016/j.aquaculture.2021.737006.

7. Привезенцев, Ю. А. Рыбоводство : учебник для вузов / Ю. А. Привезенцев, В. А. Власов. М. : Мир, 2004. 234 с.

8. Матишов, Г. Г. Выращивание осетровых рыб в условиях замкнутого водоснабжения / Г. Г. Матишов, Е. Н. Пономарёва, П. А. Балыкин // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и Северо-Западной части Тихого океана, 2008. Вып. 8. 168 с.

9. Gessner, J. . Biology and Conservation of the European Sturgeon Acipenser sturio L. 1758. 2011. DOI: 10.1007/978-3-642-20611-5.

10. Dediu L., Docan A., Crețu M., Grecu I., Mogodan A., Maereanu M., Oprea L. Effects of Stocking Density on Growth Performance and Stress Responses of Bester and Bester ♀ × Beluga ♂ Juveniles in Recirculating Aquaculture Systems. Animals. 2021; 11(8):2292. DOI:10.3390/ani11082292.

11. Pourali Fashtomi, H. R. and Mohseni, M. (2006). Survival and growth of larval and juvenile Persian sturgeon (Acipenser persicus) using formulated diets and live food. Journal of Applied Ichthyology, 22: 303-306. DOI: 10.1111/j.1439-0426.2007.00974.x.

12. Pillay, T. V. R. Aquaculture: Principles and Practices / T. V. R. Pillay, M. N. Kutty. 2nd ed. Blackwell Publishing, 2005. 624 p.

13. Койшибаева, С. К. Рекомендации по технологии выращивания осетровых рыб в условиях рыбоводных хозяйств Казахстана / С. К. Койшибаева, Н. С. Бадрызлова, Е. В. Федоров. В.В. Фефелов. В.Н. Уфимцев. Алматы, 2011. 40 с. https://www.slideshare.net/slideshow/ss-11868688/11868688.

14. Li, Z.; Xie, K.; Gu, J.; Li, X.; Shi, Y.; Zhang, J.; Hu, Y.; Zhu, X. An Evaluation of Soybean Protein Concentrate as a Replacement for Fish Meal with Methionine Supplementation in Diets for Hybrid Sturgeon (Acipenser baerii ♀ × A. schrenckii ♂). Animals 2025, 15, 787. DOI:10.3390/ani15060787 https://www.mdpi.com/2076-2615/15/6/787.

Сведения об авторах

А. А. Коробов – главный рыбовод ООО «Тамбовский осетр»; соискатель кафедры кормления и кормопроизводства.

А. А. Васильев – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, декан факультета зоотехнологий и агробизнеса, заведующий кафедрой кормления и кормопроизводства.

Ю. А. Гусева – доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры кормления и кормопроизводства.

А. И. Никитенко – кандидат биологических наук, руководитель группы гидробиологии.

Д. Ю. Тюлин – кандидат биологических наук, главный специалист группы гидробиологии.

И. А. Жернаков – главный специалист группы гидробиологии.

А. В. Солодовник – младший специалист группы гидробиологии.

М. Д. Качалин – доктор ветеринарных наук, доцент, профессор кафедры ветеринарной хирургии.

Information about the authors

A. A. Korobov – Chief fish breeder of Tambov Sturgeon LLC, PhD in the Department of Feeding and Feed Production.

A. A. Vasiliev – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Dean of the Faculty of Zootechnology and Agribusiness, Head of the Department of Feeding and Feed Production.

Yu. A. Guseva – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Feeding and Feed Production.

A. I. Nikitenko – PhD in Biological Sciences, Head Group of the Hydrobiology.

D. Yu. Tyulin – PhD in Biological Sciences, Head Specialist of the Hydrobiology.

I. A. Zhernakov– Chief Specialist of the Hydrobiology.

A. V. Solodovnik – Junior Specialist of the Hydrobiology Group.

M. D. Kachalin – Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Veterinary Surgery.

Статья поступила в редакцию 23.07.2026; одобрена после рецензирования 14.08.2026; принята к публикации 10.09.2026.

The article was submitted 23.07.2026; approved after reviewing 14.08.2026; accepted for publication 10.09.2026.

© Коробов А. А., Васильев А. А., Гусева Ю. А., Никитенко А. И., Тюлин Д. Ю., Жернаков И. А., Солодовник А. В., Качалин М. Д., 2026.

«Влияние экструдированного корма с инновационным премиксом на продукционные показатели и размерно-массовую структуру стада гибрида осетра в условиях УЗВ» [Коробов А. А., Васильев А. А., Гусева Ю. А., Никитенко А. И., Тюлин Д. Ю., Жернаков И. А., Солодовник А. В., Качалин М. Д.] распространяется под лицензией Creative Commons Attribution (CC BY 4.0).