

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ АКВАКОРМОВ С ГАПРИНОМ НА МОРФОБИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ СТЕРЛЯДИ

© Агапова В.Н.,
Ранделин Д.А., Агапов С.Ю.



Василина Николаевна Агапова

Волгоградский государственный аграрный университет

Волгоград, Российская Федерация

e-mail: 55avn5@mail.ru

ORCID: 0009-0003-5735-6526 ResearcherID: AAA-3303-2022



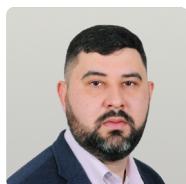
Дмитрий Александрович Ранделин

Волгоградский государственный аграрный университет

Волгоград, Российская Федерация

e-mail: randelin_dm@mail.ru

ORCID: 0009-0001-2172-3908 ResearcherID: N-6479-2015



Сергей Юрьевич Агапов

Волгоградский государственный аграрный университет

Волгоград, Российская Федерация

e-mail: agapov_s_y@mail.ru

ORCID: 0000-0002-0896-4336 ResearcherID: AAA-3289-2022

Для изучения влияния аквакормов с гаприном на морфобиохимические показатели крови стерляди были поставлены серии опытов и произведен забор биологической жидкости в условиях центра «Разведение ценных пород осетровых» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет». Отбор крови осуществлялся из хвостовой вены путем ее пересечения. Гематологический анализ включал определение концентрации гемоглобина, общего количества эритроцитов, лейкоцитов, гематокрита, общего белка в сыворотке крови, глюкозы. Биохимические исследования проводились по следующим показателям: АЛТ, АСТ, альбумин, билирубин, креатинин, мочевина, кальций общий, железо. Полученный экспериментальный материал был подвергнут биометрической обработке с использованием программного обеспечения Microsoft Office. В рамках этого процесса использовалось приложение для определения критерия достоверности разности по Студенту – Фишеру. Включение в рацион стерляди аквакормов совместно с высокобелковым препаратом гаприн патологического эффекта на состояние рыбы не оказало. Гаприн положительно повлиял на процессы эритропоэза – проявление повышения показателя гемоглобина и количества эритроцитов. В контрольной группе, где не использовался препарат гаприн, уровень гемоглобина и количество эритроцитов соста-

вило $85,9 \text{ г/л}$ и $0,51 \times 10^{12} \text{ л}$, в 1-й опытной группе – $91,0 \text{ г/л}$ и $0,55 \times 10^{12} \text{ л}$; во 2-й опытной группе – $91,2 \text{ г/л}$ и $0,55 \times 10^{12} \text{ л}$; в 3-й опытной группе – $91,8 \text{ г/л}$ и $0,56 \times 10^{12} \text{ л}$. Включение в рацион рыб опытных групп производного корма совместно с препаратом гаприн привело к интенсификации белкового обмена по сравнению с контролем: в 1-й группе – на 16,6%, во 2-й группе – на 17,6%, в 3-й группе – на 21,4%. Состав крови, полученной от рыб опытных групп, отличался от контроля показателями ферментной активности: у опытных образцов активность АЛТ, а также АСТ в сравнении с контрольной группой была выше: в 1-й, 2-й и 3-й группах – 7,01, 20,56 и 23,36%, а также 2,32, 0,84 и 3,37% соответственно. Концентрация кальция и железа в крови подопытных рыб находилась на одном уровне ($2,7\text{--}2,9 \text{ ммоль/л}$; $29,9\text{--}30,3 \text{ ммоль/л}$ соответственно).

Гаприн, нетрадиционный источник белка, стерлядь, осетровые, гематологические показатели, кровь рыб.

Введение

Мировой рост цен на продукты питания, инфляционные риски ясно указывают на то, что продовольственная безопасность России остается самым актуальным вопросом (Шумак, 2016; Safonov et al., 2025). Решение проблемы обеспечения населения качественным продовольствием связано с отраслями сельского хозяйства, в том числе рыбохозяйственным комплексом. В Стратегии развития морской деятельности Российской Федерации до 2030 года, утвержденной Распоряжением Правительства РФ от 08.12.2010 № 2205-р, а также Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации, утвержденной Указом Президента РФ от 30.01.2010 № 120 указано, что одной из важнейших задач рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации является укрепление продовольственной безопасности страны и обеспечение ее населения высококачественной и доступной отечественной рыбной продукцией. Рыба является важным продуктом в питании людей. В последние годы в РФ интенсивно наращивается объем разведения рыбы (Сидорова и др., 2017; Батракова и др., 2022; Николаев и др., 2023).

Товарное рыбоводство по выращиванию осетровых пород рыб пользуется огромным спросом. Оно основано на интенсив-

ных методах, основой которых выступают корма и добавки. Самой затратной частью корма является белковая (Зенкович и др., 2023; Крымов и др., 2019). Установлено, что максимальной эффективностью обладает кормовой белок, представляющий сумму белков животного, растительного и микробного происхождения (Агапова и др., 2023; Металлов и др., 2022).

Цель исследования заключалась в изучении влияния аквакормов с вводом препарата микробиального синтеза гаприна с частичной заменой белковой составляющей корма (рыбной муки) на морфологические и биохимические показатели крови стерляди.

Задачи исследования:

- разработка рационов и определение оптимальных норм ввода гаприна взамен рыбной муки в комбикорма подопытной стерляди;
- изучение влияния гаприна – продукта микробиального синтеза – на морфобиохимические показатели крови молоди стерляди.

Научная новизна исследования связана с разработкой и изготовлением индустриальных гранулированных аквакормов для стерляди, в состав которых взамен рыбной муки вводился гаприн. Микробиальный белок в составе рациона не оказывал отрицательного воздействия на

морфобиохимические показатели крови. Научная новизна подтверждена тремя патентами РФ: «Гранулированный комби-корм для молоди стерляди» (№ 2805315), «Гранулированный комби-корм для молоди нильской тилапии» (№ 2805314), «Гранулированный комби-корм для молоди форели с белковым сырьем микробного синтеза» (№ 2802758).

Объекты и методы исследования

Объект исследования – молодь стерляди. Для достижения поставленной цели был проведен эксперимент в условиях ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» в бассейновом цехе центра «Разведения ценных пород осетровых». Для опыта были отобраны 400 голов стерляди средней живой массой 130 г. Впоследствии из них сформировано 4 группы: контрольная и 3 опытные по 100 голов в каждой. Во время проведения исследований рыба содержалась в бассейнах УЗВ. Опыт продолжался 60 дней.

Для постановки эксперимента сформированные группы осетровых кормили согласно схеме опыта: рыбам контрольной группы давался основной рацион; 1-й опытной группе 25% рыбной муки, содержащейся в корме, заменили на белок микробиологического происхождения гаприн; 2-й опытной группе скармливался основной рацион с 50% заменой рыбной муки на гаприн; 3-й опытной было заменено 75% рыбной муки на белковый микробиальный продукт гаприн. Схема эксперимента представлена в табл. 1.

При проведении оптимизации рецептов кормления с использованием программного комплекса «КормОптима» был осуществлен комплексный подход к разработке комби-кормов, который учитывает как качественные, так и количественные показатели кормов, что крайне важно для достижения эффективного откорма. Производство пробных партий комби-корма

Таблица 1. Схема эксперимента на подопытной молоди осетровых

Группа	Рационы	Количество особей в каждой группе, гол.	Продолжительность эксперимента, дней
контрольная	ОР	100	60
1-я опытная	ОР + 25% гаприна взамен рыбной муки	100	60
2-я опытная	ОР + 50% гаприна взамен рыбной муки	100	60
3-я опытная	ОР + 75% гаприна взамен рыбной муки	100	60

Источник: результаты исследований авторов.

на современном предприятии ООО «Инновация» в г. Волгограде с использованием промышленного оборудования, включая процессы экструдирования и вакуумного напыления жира, позволило достичь оптимальной структуры и питательности корма. Процесс кормления, организованный вручную три раза в сутки, обеспечил точность в распределении кормов и позволил оперативно реагировать на потребности изучаемой рыбы. Осуществлялись пересмотры дозировок кормов по результатам контрольного взвешивания, что позволило адаптировать кормление в зависимости от изменений в весе и состоянии здоровья рыб. Учет содержания сырого протеина, углеводов, жира, клетчатки, а также состава и концентрации аминокислот в экспериментальных рецептах комби-кормов обеспечивает сбалансированность рациона.

Отбор крови осуществлялся из хвостовой вены путем ее пересечения с соблюдением ветеринарно-санитарных правил и принципов гуманного отношения к животным. Кровь отбирали в утреннее время до кормления. Для получения сыворотки крови антикоагулянт не использовали.

В полученных биообразцах были изучены: эритроциты, гемоглобин, гемато-

крит, лейкоциты, лимфоциты, моноциты, тромбоциты, СОЭ, АЛТ, АСТ, альбумин, билирубин общий, билирубин прямой, глюкоза, креатинин, мочевина, общий белок, триглицериды, щелочная фосфатаза, фосфор, кальций общий, железо, хлориды.

Результаты и обсуждение

Состав рациона оказывает прямое воздействие на рост и развитие подопытной рыбы. Потребность рыбы в белке является ключевым аспектом при формировании ее рациона. Высокое содержание белка (до 60%) требует внимательного подхода к выбору компонентов корма, особенно учитывая, что такие высокобелковые ингредиенты, как рыбная мука и соевый белок, могут быть довольно дорогими (Xu et al., 2012).

Величина показателя содержания сырого жира, сырого протеина, сырой клетчатки в экспериментальных аквакормах во всех группах варьировалась в интервале 15,37–15,81%; 46–50%; 1,75%.

Согласно полученным данным, по мере увеличения ввода гаприна в аквакорма содержание жира и минеральной составляющей становилось ниже по сравнению с аналогичными показателями кормов контрольной группы.

Содержание клетчатки во всех рационах для подопытной стерляди было одинаковым (1,75%), что является важным показателем для достоверности проведения опыта, так как известно, что структурные углеводы по своей сути являются антипитательным фактором для рыб.

Самые высокие цифры показателя по содержанию белка в кормах соответствовали рационам всех трех опытных групп. Наибольшее количество сырого протеина было отмечено в 3-й опытной группе по отношению ко 2-й, 1-й опытным и контрольной (2,78, 5,71 и 8,66%) соответственно.

Обеспечение рыб рациональным питанием со сбалансированным составом

аминокислот является одной из основных задач в аквакультуре (Сидорова и др., 2017; Скоков и др., 2023). Питание рыб напрямую влияет на их здоровье, рост, продуктивность и качество продукта. Концепция идеального кормового белка в аквакультуре основана на сбалансированном составе аминокислот, что крайне важно для оптимизации роста и здоровья рыб (Лебедева и др., 2022).

Согласно вышеназванной концепции идеальным считается белок с сбалансированным составом аминокислот, особое внимание уделяется именно незаменимым аминокислотам, таковыми в кормлении рыб принято считать 2-амино-5-гуанидинпентановую кислоту, L- α -амино- β -имидаэпилпропионовую кислоту, I; 2-амино-3-метилпентановую кислоту, 2-амино-4-метилпентановую кислоту, 2,6-диаминогексановую кислоту, 2-амино-4-(метилтио)бутановую кислоту, α -амино- β -фенилпропионовую кислоту, α -амино- β -гидроксимасляную кислоту, β -(β -индолил)- α -аминопропионовую кислоту и 2-амино-3-метилбутановую кислоту.

Согласно полученным данным, наибольшее количество незаменимых аминокислот содержалось в рационе контрольной группы и составило 17,6%, а наименьшее содержалось в рационе, скармливаемом 3-й опытной группе – 17,27%, соответственно разница составила 0,21%. Следует отметить, что содержание в кормах для стерляди незаменимой кислоты триптофана показало разницу в сторону его повышения в контрольной группе в сравнении с 1-й, 2-й, 3-й опытными группами на 0,04, 0,07 и 0,07% соответственно.

В контрольной группе количество эритроцитов составило $0,51 \times 10^{12}/\text{л}$ что на 3,9, 7,8 и 9,8% меньше, чем в 1-й, 2-й и 3-й опытных группах соответственно. Количество эритроцитов в опытных группах соответствовало таким показателям, как $0,53 \times 10^{12}/\text{л}$ – в 1-й опытной группе,

$0,55 \times 10^{12}/\text{л}$ – во 2-й опытной и $0,56 \times 10^{12}/\text{л}$ – в 3-й опытной группе.

Морфологические показатели крови стерляди опытных групп находились в пределах физиологической нормы и не имели достоверных различий. Однако скармливание продукционного корма совместно с препаратом гаприн положительно повлияло на эритропоэз, что отразилось и на количестве гемоглобина. Количество гемоглобина у представителей опытных групп было выше, чем в контрольной. Данный показатель в контрольной группе составил 85,9 г/л, что ниже на 5,1 г/л, чем в 1-й опытной группе, на 5,3 г/л – 2-й опытной и на 5,9 г/л – 3-й опытной.

Скармливание продукционного корма совместно с продуктом микробиального синтеза сопровождалось незначительным увеличением лейкоцитов у представителей опытных групп по сравнению с контролем. Содержание лейкоцитов в крови рыб 3-й опытной и контрольной групп было одинаковым ($9,9 \times 10^9/\text{л}$).

Таким образом, в ходе анализа биохимических показателей сыворотки крови рыб в опытных группах выявлены значения, отличающиеся от значений контроля (табл. 2).

Включение в рацион рыб опытных групп высокобелкового продукта гаприна привело к интенсификации белкового обмена. Об этом свидетельствует повышение значений общего белка во всех опытных группах по сравнению с контролем: в 1-й – на 16,6%, во 2-й – на 17,6%, в 3-й – на 21,4%.

Питание играет ключевую роль в формировании состава крови у гидробионтов, что отражает общее состояние их здоровья и обмен веществ в организме (Afzal et al., 2022). Важно отметить, что концентрация альбумина в сыворотке крови является индикатором как питания, так и метаболической активности. В опытных группах наблюдается увеличение концентрации альбумина на 1,01–3,75% по сравнению с контрольной группой, следовательно, изменения в рационе питания имеют положительное влияние на белковый обмен и общую активность рыб.

Кроме того, повышение уровня билирубина от 2,1 до 7,4% в крови рыб всех групп, которые получали корма с вводом гаприна, свидетельствует о том, что питательные добавки могут активизировать обмен веществ, даже если увеличение уровня билирубина остается в пределах физиологической нормы. Это может указывать на улучшение функции печени.

Таблица 2. Биохимические показатели крови стерляди по результатам кормления особей аквакормом совместно с препаратом гаприн

Показатель	Ед. изм.	Группа			
		контрольная	1-я опытная	2-я опытная	3-я опытная
Глюкоза	ммоль/л	4,0±0,18	3,9±0,12	3,9±0,24	3,8±0,21
Общий белок	г/л	29,5±1,86	34,4±1,97	34,7±3,64	35,8±3,51
Альбумин	г/л	8,0±0,45	8,3±0,25	8,3±0,5	8,1±0,29
АСТ	ед/л	47,5±2,33	48,6±1,47	47,9±2,9	49,1±2,84
АЛТ	ед/л	21,4±2,52	22,9±2,51	25,8±5,06	26,4±5,08
Билирубин общий	мкмоль/л	9,5±0,34	9,7±0,29	9,8±0,58	10,2±0,44
Мочевина	мкмоль/л	1,1±0,04	1,2±0,04	1,2±0,08	1,1±0,04
Креатинин	мкмоль/л	80,9±4,42	81,5±3,99	80,5±7,87	79,3±7,04
Железо	ммоль/л	30,3±1,71	30,8±0,93	30,4±1,84	29,9±1,6
Кальций общий	ммоль/л	2,9±0,17	2,9±0,09	2,8±0,17	2,7±0,1

Источник: результаты исследований авторов.

Уровень мочевины в крови опытных групп оставался на уровне 1,1–1,2 мкмоль/л, что указывает на стабильность процессов белкового обмена. Также это может свидетельствовать о сбалансированном питании или о полном отсутствии избыточной нагрузки на организм рыб.

Состав крови, полученной от рыб опытных групп, отличался от контроля показателями ферментной активности: у опытных образцов активность АЛТ, а также АСТ, в сравнении с контрольной группой была выше: в 1-й, 2-й и 3-й группах – 7,01, 20,56 и 23,36%, а также 2,32, 0,84 и 3,37% соответственно.

Концентрация кальция и железа в крови подопытных рыб находилась на одном уровне (2,7–2,9 ммоль/л; 29,9–30,3 ммоль/л соответственно).

Результаты проведенных исследований показывают, что частичная замена рыбной муки высокобелковым препаратом гаприном, применяемым в изготовлении индустриальных аквакормов для рыбоводных предприятий, способствует их дальнейшему экономическому развитию, а также расширению кормовой базы и ассортимента отечественных кормов, применяемых для выращивания осетровых видов рыб в сравнении с иностранными аналогами.

Выводы

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что скармливаемые рационы с гаприном – белком микробного синтеза, введенным взамен рыбной муки в объемах 25, 50 и 75% – не оказали негативного влияния на биохи-

мические показатели крови подопытной стерляди.

Для полноценного понимания результатов исследования проведен сравнительный анализ контроля с опытными группами, которые получали аквакорма с препаратом гаприн.

Установлено, что рационы с продуктом микробиального синтеза положительно повлияли на процессы гемопоэза, а именно на продукцию красных кровяных телец, что в свою очередь привело к количественным изменениям гемоглобина и эритроцитов. В контрольной группе количество гемоглобина и эритроцитов составило 85,9 г/л и $0,51 \times 10^{12}$ /л; в 1-й опытной группе – 91,0 г/л и $0,55 \times 10^{12}$ /л; во 2-й опытной группе – 91,2 г/л и $0,55 \times 10^{12}$ /л; в 3-й опытной группе – 91,8 г/л и $0,56 \times 10^{12}$ /л. Включение в рацион рыб опытных групп высокобелкового продукта микробиального синтеза привело к интенсификации белкового обмена во всех опытных группах по сравнению с контролем: в 1-й – на 16,6%, во 2-й – на 17,6%, в 3-й – на 21,4%.

Состав крови, полученной от осетровых опытных групп, отличался от контроля показателями ферментной активности. У опытных образцов активность АЛТ, а также АСТ в сравнении с контрольными образцами была выше: в 1-й, 2-й и 3-й опытных группах – 7,01, 20,56 и 23,36%, а также 2,32, 0,84 и 3,37% соответственно.

Концентрация кальция и железа в крови подопытных рыб находилась на одном уровне (2,7–2,9 ммоль/л; 29,9–30,3 ммоль/л соответственно), достоверных различий не отмечено.

ЛИТЕРАТУРА

- Агапова В.Н., Ранделин Д.А., Кравченко Ю.В., Новощекова А.И. (2023). Эффективность применения белкового сырья микробного синтеза на показатели роста и развития стерляди // Известия Нижневолжского агрониверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. № 2 (70). С. 402–407. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-04-47
- Зенкович П.А., Корентович М.А., Литвиненко А.И., Томилова Е.В. (2023). Влияние кормления стартовыми искусственными кормами, обогащенными гаприном, на содержание микроэлементов в ранней молоди сибирского осетра // Journal of Agriculture and Environment. № 11 (39). DOI: 10.23649/JAE.2023.39.21

- Крымов В.Г., Вершинин С.И., Юрина Н.А. и др. (2019). Использование комбикормов с разным содержанием протеина и жира в процессе индустриального товарного выращивания осетровых рыб в установках с замкнутым циклом водоиспользования // Вестник Камчатского государственного технического университета. № 47. С. 68–78.
- Лебедева Е.Ю., Касьянов Г.И. (2022). Инновационные технологии переработки комбинированного рыбного и растительного сырья // Вестник Астраханского государственного технического университета. № 2 (74). С. 24–30. DOI: 10.24143/1812-9498-2022-2-24-30
- Металлов Г.Ф., Левина О.А., Григорьев В.А., Ковалева А.В. (2022). Биологически активные добавки в производственных кормах для осетровых рыб // Вестник АГТУ. Рыбное хозяйство. № 3. С. 146–152.
- Николаев С.И., Карапетян А.К., Каширина А.А. и др. (2023). Применение высокобелковых нетрадиционных кормовых источников в рецептурах комбикормов для радужной форели // Известия Нижневолжского агрониверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. № 1 (69). С. 339–345.
- Батракова Ю.М., Ставцев А.Э., Японцев А.Э., Морозова Е.А. (2022). Повышение продуктивности осетров при использовании отечественных комбикормов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. № 3(209). С. 69–74.
- Сидорова В.И., Январева Н.И., Асылбекова С.Ж. [и др.] (2017). Разработка новых технологий и техники производства кормов для рыб // Новости науки Казахстана. № 4 (134). С. 164–182.
- Скоков Р.Ю., Ранделин Д.А., Соловьев А.В., Сейдалиев Т.А. (2023). Тростник Южный в кормах для прудовых растительноядных рыб: экологический, социальный, экономический эффекты // Рыбное хозяйство. № 5. С. 60–66. DOI: 10.37663/0131-6184-2023-5-60-66
- Шумак В.В. (2016). Программа расчета разовых норм кормления с учетом роста рыбы // Аграрная Россия. № 11. С. 8–10.
- Safonov Y., Agapova V., Randelin D., Agapov S. (2025). The influence of Gaprin on the dynamics of live weight, digestibility of nutrients in young starlet. *BIO WEB of Conferences* 160: 01041. DOI: 10.151/bioconf/202516001041
- Afzal G., Ahmad H.I., Hussain R. (2022). Bisphenol A induces histopathological, hematobiochemical alterations, oxidative stress, and genotoxicity in common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2022(1): 5450421. DOI: 10.1155/2022/5450421
- Xu Q.Y., Wang C.A., Zhao Z.G., Luo L. (2012). Effects of Replacement of Fish Meal by Soy Protein Isolate on the Growth, Digestive Enzyme Activity and Serum Biochemical Parameters for Juvenile Amur Sturgeon (*Acipenser schrenckii*). *Asian-Australasian Journal Animal Sciences*, 25(11), 1588–1594. DOI: 10.5713/ajas.2012.12192

Сведения об авторах

Василина Николаевна Агапова – доцент, Волгоградский государственный аграрный университет (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. Балыклейская, д. 30А; e-mail: 55avn5@mail.ru)

Дмитрий Александрович Ранделин – доктор биологических наук, заведующий кафедрой, профессор, Волгоградский государственный аграрный университет (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, Университетский пр-т, д. 26; e-mail: randelin_dm@mail.ru)

Сергей Юрьевич Агапов – доцент, Волгоградский государственный университет (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, Университетский пр-т, д. 26; e-mail: agapov_s_y@mail.ru)

STUDYING THE EFFECT OF AQUAFOODS WITH HAPRIN ON MORPHOBIOCHEMICAL PARAMETERS OF STERLET BLOOD (ACIPENSER RUTHENUS)

Agapova V.N., Randelin D.A., Agapov S.Yu.

To study the effect of aquafoods with haprin on the morphobiochemical parameters of sterlet blood, a series of experiments were conducted and the biological fluid was taken in the conditions of the center "Breeding of valuable Sturgeon breeds" of the Volgograd State Agrarian University. Blood sampling was carried out from the caudal vein, by crossing it. Hematological analysis included determination of hemoglobin concentration, total number of erythrocytes, leukocytes, hematocrit, total protein in blood serum, glucose. Biochemical studies were carried out according to the following indicators: ALT, AST, albumin, bilirubin, creatinine, urea, total calcium, iron. The experimental material obtained was biometrically processed using Microsoft Office software. As part of this process, an application was used to determine the criterion for the reliability of the difference in the Fisher Student. The inclusion of aquaculture feeds in the sterlet's diet together with the high-protein drug haprin did not have a pathological effect on the condition of the fish. Haprin had a positive effect on the processes of erythropoiesis – the manifestation of an increase in hemoglobin and an increase in the number of red blood cells. In the control group where haprin was not used, the hemoglobin level and the number of red blood cells were 85.9 g/l and $0.51 \times 10^{12}/l$, in the 1st experimental group – 91.0 g/l and $0.55 \times 10^{12}/l$; in the 2nd experimental group – 91.2 g/l and $0.55 \times 10^{12}/l$; in the 3rd experimental group – 91.8 g/l and $0.56 \times 10^{12}/l$. The inclusion of food in the diet of the experimental fish groups together with the drug haprin led to an intensification of protein metabolism compared with the control: in group 1 – by 16.6%, in group 2 – by 17.6%, in group 3 – by 21.4%. The composition of the blood obtained from the fish of the experimental groups differed from the control in terms of enzyme activity: in the experimental samples, the activity of ALT and AST was higher than in the control group: in groups 1, 2 and 3 – 7.01, 20.56 and 23.36%, as well as 2.32, 0.84 and 3.37%, respectively. The concentration of calcium and iron in the blood of experimental fish was at the same level (2.7–2.9 mmol/l; 29.9–30.3 mmol/l, respectively).

Haprin, unconventional protein source, sterlet, sturgeon, hematological parameters, fish blood.

REFERENCES

- Afzal G., Ahmad H.I., Hussain R. (2022). Bisphenol A induces histopathological, hematobiochemical alterations, oxidative stress, and genotoxicity in common carp (*Cyprinus carpio L.*). *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2022(1), 5450421. DOI: 10.1155/2022/5450421
- Agapova V.N., Randelin D.A., Kravchenko YU.V., Novoshchekova A.I. (2023). The effectiveness of the use of protein raw materials of microbial synthesis on the growth and development of sterlet. *Izvestiya Nizhevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vyshee professional'noe obrazovanie*, 2(70), 402–407. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-04-47 (in Russian).
- Batrakova Yu.M., Stavtsev A.E., Yapontsev A.E., Morozova E.A. (2022). Increasing the productivity of sturgeons using domestic compound feeds. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 3(209), 69–74 (in Russian).
- Krymov V.G., Vershinin S.I., Yurina N.A. et al. (2019). The use of compound feeds with different protein and fat contents in the process of industrial commercial cultivation of sturgeon fish in installations with a closed water use cycle. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 47, 68–78 (in Russian).

- Lebedeva E.Yu., Kas'yanov G.I. (2022). Innovative technologies for processing combined fish and vegetable raw materials. *Vestnik Astrakhanского государственного технического университета*, 2(74), 24–30. DOI: 10.24143/1812-9498-2022-2-24-30 (in Russian).
- Metallov G.F., Levina O.A., Grigor'ev V.A., Kovaleva A.V. (2022). Biologically active additives in food products for sturgeon fish. *Vestnik ACTU. Rybnoe khozyaistvo*, 3, 146–152 (in Russian).
- Nikolaev S.I., Karapetyan A.K., Kashirina A.A. et al. (2023). The use of high-protein non-traditional feed sources in the formulations of compound feeds for rainbow trout. *Izvestiya Nizhevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*, 1(69), 339–345 (in Russian).
- Safonov Yu., Agapova V., Randelin D., Agapov S. (2025). The influence of Haprin on the dynamics of live weight, digestibility of nutrients in young starlet. *BIO WEB of Conferences* 160, 01041. DOI: 10.151/bioconf/202516001041
- Shumak V.V. (2016). A program for calculating one-time feeding rates based on fish growth. *Agrarnaya Rossiya*, 11, 8–10 (in Russian).
- Sidorova V.I., Yanvareva N.I., Asylbekova S.ZH. et al. (2017). Development of new technologies and techniques for the production of fish feed. *Novosti nauki Kazakhstana*, 4(134), 164–182 (in Russian).
- Skokov R.Yu., Randelin D.A., Solov'ev A.V., Seidaliev T.A. (2023). Southern reed in feed for pond herbivorous fish: Ecological, social, economic effects. *Rybnoe khozyaistvo*, 5, 60–66. DOI: 10.37663/0131-6184-2023-5-60-66 (in Russian).
- Xu Q.Y., Wang C.A., Zhao Z.G., Luo L. (2012). Effects of replacement of fish meal by soy protein isolate on the growth, digestive enzyme activity and serum biochemical parameters for juvenile amur sturgeon (*Acipenser schrenckii*). *Asian-Australasian Journal Animal Sciences*, 25(11), 1588–1594. DOI: 10.5713/ajas.2012.12192
- Zenkovich P.A., Korentovich M.A., Litvinenko A.I., Tomilova E.V. (2023). The effect of feeding with start-er artificial feeds enriched with haprin on the content of trace elements in early Siberian sturgeon juveniles. *Journal of Agriculture and Environment*, 11(39). DOI: 10.23649/JAE.2023.39.21 (in Russian).

Information about the authors

Vasilina N. Agapova – Associate Professor, Volgograd State Agricultural University (30A, Balykleiskaya Street, Volgograd, 400002, Russian Federation; e-mail: 55avn5@mail.ru)

Dmitrii A. Randelin – Doctor of Sciences (Biology), head of department, professor, Volgograd State Agricultural University (26, Universitetsky Avenue, Volgograd, 400002, Russian Federation; e-mail: randelin_dm@mail.ru)

Sergei Yu. Agapov – Associate Professor, Volgograd State Agricultural University (26, Universitetsky Avenue, Volgograd, 400002, Russian Federation; e-mail: agapov_s_y@mail.ru)