

ISSN 1817-7204 (Print)

ISSN 1817-7239 (Online)

ЖЫВЁЛАГАДОЎЛЯ І ВЕТЭРЫНАРНАЯ МЕДЫЦЫНА
ANIMAL HUSBANDRY AND VETERINARY MEDICINE

УДК 639.371.043:597.42/.55

<https://doi.org/10.29235/1817-7204-2026-64-2-141-152>

Поступила в редакцию 24.09.2025

Received 24.09.2025

Ж. В. Кошак¹, С. М. Дегтярик¹, Д. Н. Денисов²

¹ *Институт рыбного хозяйства, Национальная академия наук Беларуси,
Минск, Республика Беларусь*

² *Научно-производственный центр «Экобиосфера», Жиздра, Российская Федерация*

**КОМБИКОРМА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ
ДЛЯ ОСЕТРОВЫХ И ЛОСОСЕВЫХ РЫБ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ**

Аннотация. Проанализировано становление категории функциональных комбикормов в современной аквакультуре. На основе изучения специфического воздействия биоактивных добавок на организм рыб раскрыто содержание данного понятия и обоснована актуальность его внедрения в практику выращивания ценных видов рыб (осетровых и лососевых). Установлено, что использование биологически активных добавок позволяет трансформировать традиционные корма в функциональные, наделяя их лечебно-профилактическими свойствами, выходящими за рамки стандартных показателей питательности. Представлены результаты разработки РУП «Институт рыбного хозяйства», касающиеся создания рецептур, обогащенных биологически активными гуминовыми веществами. Раскрыт механизм комплексного воздействия данных компонентов и доказано, что применение разработанных функциональных кормов способствует восстановлению морфофункционального состояния печени после скармливания высокоэнергетических рационов, нормализует обмен веществ и повышает резистентность к стрессовым факторам. Экспериментально подтверждено улучшение рыбоводных показателей (повышение выживаемости, увеличение среднесуточных привесов и снижение кормового коэффициента). Полученные результаты обосновывают экономическую эффективность использования функциональных добавок в интенсивном рыбоводстве и подтверждают высокую значимость разработок для импортозамещения в сегменте высокотехнологичных кормов.

Ключевые слова: комбикорма, осетровые рыбы, радужная форель, гуминовые вещества, обмен веществ, состояние печени, содержание гликогена в печени

Для цитирования: Кошак, Ж. В. Комбикорма функционального назначения для осетровых и лососевых рыб с использованием гуминовых веществ / Ж. В. Кошак, С. М. Дегтярик, Д. Н. Денисов // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2026. – Т. 64, № 2. – С. 141–152. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2026-64-2-141-152>

Zhanna V. Koshak¹, Sviatlana M. Degtyarik¹, Danil N. Denisov²

¹ *Fish Industry Institute, National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus*

² *Scientific and Production Center “Ecobiosphere”, Zhizdra, Russian Federation*

**FUNCTIONAL-PURPOSE COMPOUND FEED FOR STURGEON AND SALMON FISH
CONTAINING HUMIC SUBSTANCES**

Abstract. This article analyzes the development of the functional feed category in modern aquaculture. Based on a study of the specific effects of bioactive additives on fish, the concept is explored and the relevance of its implementation in the cultivation of valuable fish species (sturgeon and salmon) is substantiated. It is established that the use of biologically active additives allows for the transformation of traditional feeds into functional ones, imparting therapeutic and prophylactic properties that go beyond standard nutritional indicators. The results of the development of formulations enriched with biologically active humic substances by the Fish Industry Institute, a state-owned enterprise, are presented. The mechanism of the complex action of these components is revealed, and it is proven that the use of the developed functional feeds promotes the restoration of the morphofunctional state of the liver after feeding high-energy diets, normalizes metabolism, and increases resistance

to stress factors. Improved fish farming performance (increased survival, increased average daily weight gain, and a decrease in the feed conversion factor) has been experimentally confirmed. The obtained results substantiate the economic efficiency of using functional additives in intensive fish farming and confirm the high significance of developments for import substitution in the high-tech feed segment.

Keywords: compound feed, sturgeon, rainbow trout, humic substances, metabolism, liver condition, glycogen content in the liver

For citation: Koshak Zh. V., Degtyarik S. M., Denisov D. N. Functional-purpose compound feed for sturgeon and salmon fish containing humic substances. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2026, vol. 64, no. 2, pp. 141–152 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2026-64-2-141-152>

Введение. Термин «функциональный комбикорм» в настоящее время нормативно не определен, однако, по сути, он идентичен понятию «функциональные продукты питания». Это специализированные корма, которые, помимо базовой нутритивной ценности, за счет обогащения дополнительными ингредиентами, новыми или уже существующими, приобретают дополнительные свойства [1]. Интенсификация рыбоводства подразумевает обязательное кормление рыбы. Для выращивания ценных видов рыб используют комбикорма, которые содержат более 40 % сырого протеина и более 20 % сырого жира, большое количество витаминов и минералов [2, 3]. Жиры в составе кормов легко окисляются при хранении и становятся токсичными для рыб. Для предотвращения окисления жиров обычно вводится значительный объем различных антиоксидантов, что увеличивает сроки хранения в ряде случаев до 18 месяцев [4]. В последние годы рыбоводы отмечают, что использование кормов с длительным сроком хранения приводит к стеатозу (побелению) и цирроидному перерождению печени, отмечаются дегенеративные изменения в почечных канальцах. Поскольку в состав кормов обязательно вводится рыбий жир, при длительном хранении содержащиеся в нем жирорастворимые витамины Е и D (даже при наличии антиоксидантов) разрушаются. Например, содержащиеся в жире кальциферолы (витамин D) разрушаются с образованием ядовитого вещества – токсистерола [5]. Для удешевления кормов наравне с рыбным жиром используются растительные масла. Это приводит к тому, что в комбикормах нарушается соотношение полиненасыщенных жирных кислот. Если в естественной пище рыб соотношение незаменимых жирных кислот $\omega 3$ (22 : 6 к 20 : 5) равно примерно 2 : 1, то в комбикормах, особенно со смесью рыбьего жира и растительных масел, это соотношение 1 : 1 и менее [6].

Использование комбикормов, не полностью сбалансированных по аминокислотам, ненасыщенным жирным кислотам, вызывает расстройство физиологических функций, снижение иммунитета и приводит к нарушению обменных процессов в печени. При такой деградации жизненно важной железы организм не в состоянии функционировать дальше, что и отмечается как процесс вялотекущей гибели рыбы [7, 8].

Таким образом, патологии, индуцируемые несбалансированными кормами, а также иными неблагоприятными факторами окружающей среды, представляют значительную угрозу для рентабельности рыбоводной отрасли. Для профилактики и лечения этих заболеваний применяют иммуномодуляторы, средства для регуляции стресса, разрабатываются различные методы воздействия на физиологические механизмы снижения заболеваемости, используются методы биотехнологии, вакцинирования и другие подходы. В целом недостатком этих методов является высокая затратность [9]. В этой связи поиск доступных и высокоэффективных биологически активных компонентов отечественного производства является приоритетной задачей.

В последнее время всё большее внимание исследователей привлекают кормовые добавки на основе гуминовых веществ. Они могут быть использованы для повышения эффективности выращивания объектов животноводства, в том числе аквакультуры [10, 11].

Кормовые добавки представляют собой низкомолекулярные водные растворы, содержащие комплекс гуминовых кислот, фульвовую кислоту, сквален, ненасыщенные жирные кислоты, микроэлементы и аминокислоты. Гуминовые кислоты стабилизируют кишечную микрофлору и способствуют повышению усвояемости питательных веществ, что повышает эффективность кормления. Это позволяет добиться увеличения живого веса без повышения количества корма в рационе.

Гуминовые вещества легко формируют хелатные комплексы с тяжелыми металлами (например, с такими опасными, как кадмий) и затем эффективно выводят их из организма, что позволяет сохранять здоровье поголовья и улучшать качество продукции рыбоводства. Выраженное хелатное действие гуминовых веществ при такой детоксикации заключается в реализации химического механизма транспортирования хелатных соединений [14]. Обладая высокой биологической активностью, сложные органические молекулы гуминовых веществ являются естественным элементом многих водоемов, в основном пресноводных. В аквакультуре гуминовые соединения способствуют увеличению продолжительности жизни рыбы за счет индукции «мягкого» стресса (гормезиса), повышающего резистентность к выраженному стрессу. Установлено, что воздействие гуминовых соединений в концентрации 50–90 мг/л снижает заболеваемость и смертность рыбы. В частности, включение кормовых добавок с различным содержанием гуминовых кислот в рацион карпа обыкновенного (*Cyprinus carpio*) стимулирует набор массы, снижает смертность, способствует повышению уровня неспецифической резистентности, индуцируя защиту от инфицирования *A. hydrophila* [15].

О влиянии гуминовых кислот на активацию неспецифической резистентности организма животных свидетельствует тот факт, что включение гумата натрия в состав кормов для кроликов приводит к росту показателей фагоцитоза (активность, число и индекс) в 1,3–2,0 раза. У морских свинок на 14-е сутки после введения препарата тоже отмечается отчетливое возрастание фагоцитарной активности лейкоцитов. Способность гумата натрия стимулировать гуморальные факторы защиты подтверждается данными об увеличении активности лизоцима в сыворотке крови на 7-е (26,0 %), 14-е (41,6 %) и 21-е (43,3 %) сутки эксперимента. Под влиянием гумата натрия резко возрастала цитотоксическая активность клеток в вилочковой железе (в 9 раз), селезенке (в 2 раза), мезентериальных лимфатических узлах (в 3 раза) [16, 17]. Установлено положительное профилактическое действие данного соединения на развитие серотониновых язв: у животных опытной группы, получавших в рационе гумат натрия, регистрировали только воспаление, в то время как у контрольной группы животных (не получавшей его в профилактических целях) происходило изъязвление в эпителиальном слое. При изучении влияния гуминового комплекса на течение токсической анемии, вызванной фенилгидразином, установлено положительное воздействие на динамику заболевания: уровень гемоглобина и эритроцитов восстанавливается быстрее, что приводит к снижению процента гибели животных в эксперименте [18].

Анализ научной литературы по вопросу влияния гуминовых кислот на активность трипсина (субстрат – казеин) позволил выявить механизм конкурентного взаимодействия казеина и гуминовой кислоты за активный центр фермента трипсина. Гуминовые кислоты образуют с трипсином фермент-ингибиторный комплекс, который может диссоциировать в обратном направлении. При этом образования продуктов реакции не происходит, однако наибольшая степень ингибирования отмечена при низких концентрациях щелочного раствора гуминовых кислот. Данный факт обусловлен тем, что в разбавленных растворах этих соединений происходит разворачивание полимерной цепи гуминовых кислот, наряду с этим возникает вероятность изменения конфигурационных состояний. Вероятно, поэтому происходит образование комплекса трипсин – гуминовая кислота и степень ингибирования возрастает. Таким образом, гуминовые кислоты нормализуют обменные процессы и в то же время активизируют регенерацию [19].

Цель исследования – разработка комбикормов функционального назначения, способствующих повышению выживаемости и нормализации обмена веществ (в частности, функций печени) ценных видов рыб при интенсивном выращивании.

Материалы и методы исследований. Объектами для исследований служили: кормовая комплексная добавка «ЗОО Экобиосфера», комбикорм для осетровых рыб «Гумокорм», комбикорм для радужной форели с гуминовыми веществами; сеголетки осетровых рыб (стерлядь и ленский осетр) и радужной форели, а также пробы тканей печени подопытных рыб.

Показатели качества кормовой добавки, содержащей гуминовые вещества, определяли в соответствии с ГОСТ Р 52221-2010. Химический состав комбикормов и мышечной ткани рыбы исследовали общепринятыми методами: содержание сырого протеина – по ГОСТ 13496.4-2019,

сырого жира – по ГОСТ 13496.15-2016, сырой клетчатки – по ГОСТ 13496.2-91, влажность – по ГОСТ 13496.3-92 (ИСО 6496-83) с использованием ИК-анализатора SpectraStar (США).

Минерализацию для определения содержания токсичных элементов выполняли согласно ГОСТ 26929-94. Оценку микро- и макроэлементного состава (кальций, медь, железо, магний, марганец, калий, натрий и цинк) проводили методом атомно-абсорбционной спектроскопии по ГОСТ 32343-2013, дополнительно содержание кальция контролировали согласно ГОСТ 26570-95. Токсичность для рыб устанавливали в соответствии с общепринятыми методиками¹.

Первый этап испытаний на рыбе осуществляли в аквариальных помещениях института в аквариумах объемом по 250 л. Для проведения испытаний по определению ростовых показателей в каждый аквариум помещали по 20 рыб. Количество повторностей на каждый вариант кормления – не менее четырех. Второй этап исследований проводили на базе рыбоводных хозяйств республики – ОАО «Опытный рыбхоз «Селец» и ОАО «Рыбхоз «Альба».

Для этого вырабатывали экструдированные комбикорма на экспериментальной линии по производству комбикормов для рыб, разработанной в РУП «Институт рыбного хозяйства». В состав линии входят измельчитель, дозатор, смеситель, аппарат для влаготепловой обработки, экструдер, сушилка-охладитель, а также установка для вакуумного напыления жира и других жидких и порошкообразных компонентов без подогрева.

Результаты и их обсуждение. На первом этапе определяли химический состав исследуемой кормовой добавки. Результаты, систематизированные в табл. 1–2, подтверждают, что кормовая комплексная добавка «ZOO Экобиосфера» содержит свободные гуминовые кислоты, а также богата кальцием и калием, что может быть использовано при балансировке рецептов комбикормов по их содержанию. Кроме того, значительное содержание в препарате марганца и железа позволяет оптимизировать дозировку этих элементов в премиксах для ценных видов рыб.

Т а б л и ц а 1. Показатели качества кормовой добавки

Table 1. Quality indicators of feed additives

Образец	Массовая доля влаги, %	Зольность, %	Концентрация щелочи, г/дм ³	Выход свободных гуминовых кислот, %	Массовая доля азота, %	pH
Кормовая комплексная добавка «ZOO Экобиосфера» (жидкая)	96,02 ± 0,11	43,43 ± 0,13	48,99 ± 0,47	0,57 ± 0,54	1,01 ± 0,06	8,28 ± 0,02

Т а б л и ц а 2. Содержание макроэлементов в кормовой добавке

Table 2. Macro-nutrient content in the feed additive

Образец	Содержание макро- и микроэлементов, мг/100 г			
	K	Na	Ca	Mg
Кормовая комплексная добавка «ZOO Экобиосфера» (жидкая)	299,580	199,511	596,483	51,646
	Cu	Zn	Mn	Fe
	0,721	1,944	2,424	116,365

Определено общее микробное число (ОМЧ) добавки, которое составило 112 000 КОЕ/г. Данный показатель соответствует требованиям Ветеринарно-санитарных правил (постановление Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 10.02.2011 № 10), согласно которым ОМЧ кормовых добавок должно составлять не более 5×10^5 КОЕ/г.

¹ Методические указания по определению токсических свойств препаратов, применяемых в ветеринарии и животноводстве // Ветеринарные препараты: справочник / под ред. А. Д. Третьякова; сост.: Л. П. Маланин, А. П. Морозов, А. С. Селиванова. М., 1988. С. 239–289; Методические указания по токсикологической оценке химических веществ и фармакологических препаратов, применяемых в ветеринарии / М-во сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь, НАН Беларуси, Ин-т эксперим. ветеринарии им. С. Н. Вышеселского; сост.: А. Э. Высоцкий [и др.]. Мн.: [б. и.], 2007. 153 с.

На следующем этапе исследований на лабораторной научной линии изготовлены комбикорм для осетра по ТУ ВУ 100035627.029-2022 и комбикорм для радужной форели по ТУ ВУ 100035627.026-2020. Была определена острая токсичность кормов с введением гуматов в концентрациях 6 % (в 0,5 раза выше функциональной дозы) и 10 % (в 2,5 раза выше).

Указанными кормами кормили сеголетка стерляди и радужной форели в опытных группах в течение 14 сут из расчета 3 % от массы тела рыбы. Особи контрольной группы получали комбикорм аналогичного состава, но без введения гуминовых веществ. Всего в эксперименте использовано по 50 сеголеток стерляди и радужной форели.

Полученные данные свидетельствуют об отсутствии острой токсичности для осетровых рыб и радужной форели кормов при введении в рацион добавок с гуминовыми веществами в концентрациях 6–10 %. Поедаемость корма во время и после эксперимента была в норме. Изменений поведения и физиологического состояния рыбы по сравнению с контролем либо ее гибели не отмечено ни в одном варианте опыта. На протяжении 14 сут наблюдения после окончания экспериментов патологических изменений и отклонений в поведении у подопытных рыб не выявлено. При патологоанатомическом вскрытии отмечено, что состояние внутренних органов опытной группы находилось в пределах нормы и отличалось от контрольной в лучшую сторону (отмечались более темный цвет и естественная консистенция печени).

Для изучения хронической токсичности корма с введением минимальной концентрации препаратов (3 %) комбикорм скармливали из расчета 1,5 % от массы посаженной на эксперимент рыбы 21 сут подряд, без перерыва; наблюдение вели на протяжении 30 сут после окончания опыта. Рыба из контрольной группы получала комбикорм аналогичного состава, но без введения гуминовых препаратов. Использовано по 30 экз. сеголеток стерляди и радужной форели.

Отмечено, что изменений поведения и физиологического состояния, возбуждения либо гибели рыбы, не наблюдалось ни при проведении опытов, ни во время периода последующего наблюдения. Рыба в опытных аквариумах не отличалась от контрольной, она активно двигалась и питалась. Состояние (размер, цвет, консистенция) внутренних органов подопытных рыб также находилось в пределах физиологической нормы. Был определен гепатосоматический индекс (ИП) и содержание гликогена в печени стерляди и радужной форели (табл. 3).

Обобщая показатели табл. 3, можно сделать вывод, что наибольшее снижение содержания гликогена в печени осетровых рыб наблюдается при кормлении комбикормом с дозировкой 3,0 % – на 41 % по сравнению с фоновым значением (до кормления). В то же время индекс печени существенно понижен: 0,98 % при норме 2 %. Наибольшее снижение гликогена в печени радужной форели наблюдается при кормлении комбикормом с дозировкой 3,0 % – на 38 % по сравнению с состоянием печени до кормления. В то же время индекс печени понижен незначительно: 1,96 % при норме 2 %. Снижение индекса печени связано с патологическими процессами: пострадавшие клетки печени отмирают, и для восстановления печени до нормальных размеров потребуется время.

Таблица 3. Гепатосоматический индекс и содержание гликогена в печени стерляди и радужной форели при кормлении комбикормом с добавлением кормовой комплексной добавки «ZOO Экобиосфера»

Table 3. Hepatosomatic index and glycogen content in the liver of sturgeon and rainbow trout fed with compound feed with the addition of the feed complex additive “ZOO Ecobiosphere”

Дозировка кормовой добавки	Индекс печени, %	Содержание гликогена, %
Стерлядь до кормления (0 %)	2,05	71,19 ± 1,53
3,0 %	0,98	41,92 ± 3,07
6,0 %	1,95	63,41 ± 0,00
10,0 %	3,08	61,49 ± 3,84
Радужная форель до кормления (0 %)	2,18	42,15 ± 1,12
3,0 %	1,96	26,18 ± 1,30
6,0 %	1,98	36,18 ± 3,12
10,0 %	3,12	38,12 ± 1,11

Таким образом, корма с добавлением кормовой комплексной добавки «ZOO Экобиосфера» в концентрации 3–10 % не обладают острой и хронической токсичностью для осетровых и лососевых рыб.

На основании ранее проведенных испытаний по токсичности и анализа полученных результатов (см. табл. 3) в состав комбикормов для осетровых рыб и радужной форели вводили оптимальное количество кормовой добавки, а именно 3,0 % комплексной кормовой добавки «ZOO Экобиосфера». В состав комбикормов также были включены следующие компоненты: рыбная мука, соевый концентрат, молоко сухое обезжиренное, дрожжи кормовые, альбумин, глютен кукурузный, рыбий жир, пшеница, кормовая добавка с гоматами, премикс для ценных видов рыб, закрепитель гранул, шунгит, добавка-фитогеник Сагарва. Соотношение компонентов различно для осетровых рыб и радужной форели и зависит от особенностей их физиологии. Характеристика качества разработанных комбикормов приведена в табл. 4.

Т а б л и ц а 4. Показатели качества комбикормов для осетровых рыб и радужной форели

Table 4. Quality indicators of compound feed for sturgeon and rainbow trout

Образец комбикорма с 3 % кормовой комплексной добавки «ZOO Экобиосфера»	Влажность, %	Сухое вещество, %	Содержание сырого протеина, %	Содержание сырого жира, %	Содержание сырой клетчатки, %
Для осетровых рыб	10,82 ± 0,10	89,18 ± 0,10	50,74 ± 0,92	12,40 ± 0,11	1,82 ± 0,02
Для радужной форели	10,26 ± 0,02	89,74 ± 0,02	48,86 ± 0,02	20,41 ± 0,04	1,53 ± 0,09

Для установления эффективности кормления комбикормами, содержащими гуминовые вещества, и их функционального влияния на организм рыб был проведен эксперимент по кормлению сеголетков радужной форели и ленского осетра. Рыба содержалась в аквариумах объемом по 250 л каждый. Подбор опытных групп осуществлялся таким образом, чтобы начальная масса рыбы в одном аквариуме незначительно отличалась от массы в двух других аквариумах одного варианта опыта. Следовательно, в каждом аквариуме масса посаженной рыбы была максимально близкой. В течение эксперимента проводили контроль за температурным режимом и содержанием растворенного в воде кислорода. Средняя температура воды в течение опыта для ленского осетра находилась в пределах (20,5 ± 2,4) °C, для радужной форели – (16,0 ± 1,4) °C. Содержание растворенного в воде кислорода не опускалось ниже 8 мг O₂/л [1]. Кормление производилось вручную 3 раза в сутки. Суточные нормы кормления рассчитывали от массы тела рыбы; они составляли от 1,0 до 1,5 % с учетом хорошей поедаемости корма. Учет корма велся ежедневно. Кормление осуществляли в течение 90 сут. Выживаемость рыбы в ходе эксперимента составила 100 %. Результаты кормления представлены в табл. 5.

Т а б л и ц а 5. Результаты кормления ленского осетра и радужной форели комбикормами с гуминовыми веществами

Table 5. Results of feeding sturgeons and rainbow trout with compound feeds containing humic substances

Вариант, комбикорм	Общая масса ± S _x , г		Прирост массы ± S _x , г	Среднесуточный прирост ± S _x , г/сут	Общие затраты корма ± S _x , г	Кормовой коэффициент ± S _x , ед.
	начало кормления	конец кормления				
Ленский осетр, 3 % ввода	1 438,33 ± 6,39	1 561,00 ± 7,232	122,67 ± 0,88	12,27 ± 0,09	194,16 ± 0,86	1,58 ± 0,00
Радужная форель, 3 % ввода	1 575,33 ± 5,17	1 780,70 ± 6,57	205,33 ± 1,86	20,53 ± 0,19	212,65 ± 0,71	1,03 ± 0,01
Ленский осетр (контроль)	2 198,00 ± 2,65	2 304,00 ± 3,46	106,00 ± 1,00	10,60 ± 0,10	296,70 ± 0,37	2,80 ± 0,02
Радужная форель (контроль)	1 304,33 ± 2,33	1 457,67 ± 3,38	153,33 ± 1,20	15,33 ± 0,12	176,07 ± 0,31	1,15 ± 0,01

Обобщая результаты, приведенные в табл. 5, следует отметить, что, несмотря на функциональные изменения печени, комбикорма с гуминовыми веществами способствуют увеличению прироста (для ленского осетра – на 13 %, для радужной форели – на 25,5 %), что обычно нехарактерно для рыб с таким состоянием печени. Форель является быстрорастущей рыбой, особенно по сравнению с осетровыми рыбами, поэтому комбикорм с гуминовыми веществами наиболее

существенно увеличивает темп ее роста. Кроме того, снижаются кормовые коэффициенты: у ленского осетра – на 44 %, у форели – на 10 %. Функциональность разработанных комбикормов проявляется в снижении нагрузки на печень за счет содержащихся в корме гуминовых веществ, что приводит к ускорению темпов роста и снижению кормовых коэффициентов. При кормлении обычными продукционными кормами без гуминовых веществ будет наблюдаться только рост кормовых коэффициентов, снижение темпов роста, постепенная гибель рыб.

Результаты, полученные в ходе биохимического анализа тканей радужной форели и ленского осетра (табл. 6), позволяют судить о влиянии гуминовых добавок на качественные показатели продукции.

Таблица 6. Биохимические показатели тела ленского осетра и радужной форели

Table 6. Biochemical parameters of the body of sturgeon and rainbow trout

Образец	Содержание в теле рыбы, %				
	Влажность	Сухое вещество	Белок	Зола	Жирность
Ленский осетр, 3 % кормовой комплексной добавки «ZOO Экобиосфера»	71,40 ± 0,29	28,60 ± 0,29	15,52 ± 0,12	2,98 ± 0,06	10,10 ± 0,23
Ленский осетр (контроль)	71,74 ± 0,31	28,26 ± 0,31	14,63 ± 0,39	3,08 ± 0,06	10,55 ± 0,64
Радужная форель, 3 % кормовой комплексной добавки «ZOO Экобиосфера»	76,63 ± 0,19	23,37 ± 0,19	14,92 ± 0,41	1,83 ± 0,05	6,64 ± 0,17
Радужная форель (контроль)	76,70 ± 0,03	23,40 ± 0,03	14,70 ± 0,07	2,17 ± 0,02	5,44 ± 0,12

Данные, представленные в табл. 6, свидетельствуют о том, что при использовании комбикормов с гуминовыми веществами в теле ленского осетра накапливается на 5,7 % больше белка. У форели, помимо незначительного увеличения содержания белка, наблюдается повышение содержания жира на 18 %, что улучшает потребительские качества мяса.

Состояние печени и ее функциональные показатели оценивали по ИП и содержанию гликогена в печени ленского осетра и радужной форели (табл. 7).

Таблица 7. Индекс печени и гликоген печени ленского осетра и радужной форели

Table 7. Liver index and liver glycogen of sturgeon and rainbow trout

Образец	Индекс печени	Гликоген печени, %
Печень осетра до кормления комбикормами	3,19 ± 0,14	29,18 ± 0,11
Печень осетра после кормления комбикормом с 3 % кормовой комплексной добавки «ZOO Экобиосфера»	2,40 ± 0,20	17,51 ± 0,15
Печень радужной форели до кормления комбикормами	3,66 ± 0,16	17,59 ± 0,13
Печень радужной форели после кормления комбикормом с 3 % кормовой комплексной добавки «ZOO Экобиосфера»	2,69 ± 0,18	7,95 ± 0,12

Приведенные в табл. 7 данные показывают, что использование функциональных комбикормов с гуминовыми веществами при кормлении радужной форели и ленского осетра приводит к снижению содержания гликогена на 9,64 и 11,67 % соответственно. Индекс печени за этот период кормления практически пришел в норму (2,40 и 2,69 при норме 2,0 %).

Для оценки влияния гуминовых веществ в составе комбикорма для осетровых рыб определяли состояние печени по гепатосоматическому индексу и содержание в ней гликогена до кормления и спустя 21 и 29 сут после кормления ленского осетра в производственных условиях. Данные по гепатосоматическому индексу и содержанию гликогена в печени опытной и контрольной групп представлены в табл. 8.

Анализ полученных результатов свидетельствует, что через 21 сут кормления функциональным комбикормом в опытной группе индекс печени снизился на 30,4 %, количество гликогена – на 6,6 % по сравнению с первоначальной величиной. В контрольной группе в это время отмечается увеличение индекса печени на 6,7 %, гликогена – на 2,8 % по сравнению с первоначальным

Таблица 8. Гепатосоматический индекс и содержание гликогена в печени ленского осетра при кормлении комбикормом с добавлением гуминовых веществ (ОАО «Опытный рыбхоз «Селец»)

Table 8. Hepatosomatic index of the liver and glycogen content in the liver of sturgeon fed with compound feed with the addition of humic substances (OJSC Experimental Fish Farm Selets)

Образец	Индекс печени, %		Содержание гликогена, %	
	опытная группа	контрольная группа	опытная группа	контрольная группа
Печень осетра до кормления	3,36 ± 0,36	3,36 ± 0,36	46,48 ± 2,49	46,48 ± 2,49
Печень осетра через 21 сут кормления	2,34 ± 0,18	3,60 ± 0,12	43,40 ± 1,31	47,82 ± 2,31
Печень осетра через 29 сут кормления	1,54 ± 0,33	2,60 ± 0,11	7,03 ± 0,85	18,11 ± 0,57

состоянием. Обследование через 29 сут показало, что индекс печени снизился в опытной группе на 54,2 %, а содержание гликогена в печени – в 6,6 раза по сравнению с первоначальной величиной. Перевод контрольной группы на функциональный комбикорм также привел к снижению индекса печени на 27,8 %, содержания гликогена на 62,1 % по сравнению с периодом кормления контрольным комбикормом. Таким образом, производственные испытания разработанного комбикорма «Гумокорм» с функциональными свойствами подтвердили его эффективность в отношении устранения функциональных расстройств печени.

Особенности морфологии печени опытных и контрольных особей отражены на рис. 1.

Анализ состояния печени показал различие по группам. Так, печень у рыб контрольной группы плохо держит форму, имеет мажущуюся консистенцию, белесый цвет. У рыб опытной группы форма печени сохраняется, имеет характерный для здорового органа цвет, не воспалена. По данным ОАО «Опытный рыбхоз «Селец», после восстановления состояния печени кормовые коэффициенты при постоянном использовании добавки «Гумокорм» в течение сезона находились на уровне 1,0 ед., что соответствует лучшим зарубежным аналогам.

Испытания на радужной форели проводили в ОАО «Рыбхоз «Альба» в течение двух декад. Рыбу выращивали в бетонных бассейнах. За первую декаду индивидуальная масса рыбы увеличилась на 18,7 г при средней массе 314 г; общий прирост массы достиг 215 кг при затратах 260 кг комбикорма. Кормовой коэффициент комбикорма был равен 1,2 ед. Во второй декаде выращивания температура воды была 13,2 °С, содержание растворенного в воде кислорода находилось на уровне 6,6 мг/л, pH 7,5. За этот период индивидуальная масса увеличилась на 13 г при средней массе 327 г; общий прирост массы за этот период равнялся 149,6 кг при затратах 180 кг комбикорма. Кормовой коэффициент составил 1,2 ед. Таким образом, за две декады кормления кормовой коэффициент разработанного комбикорма не превысил 1,2 ед.

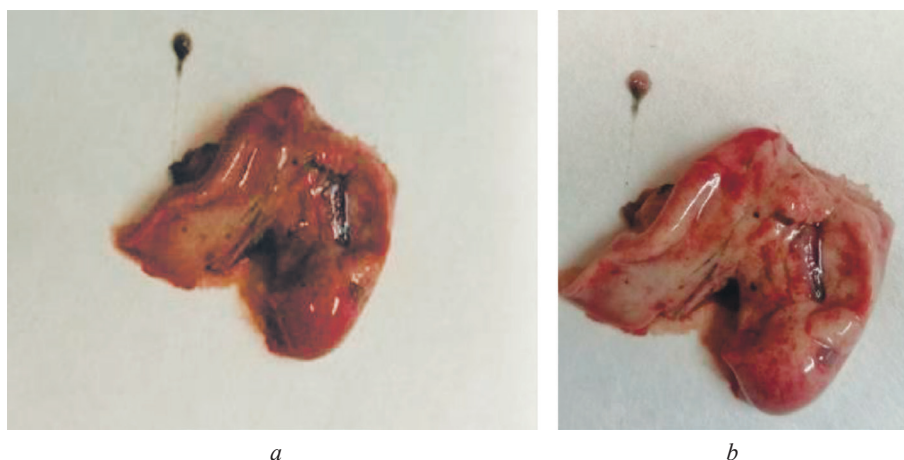


Рис. 1. Внешний вид и состояние внутренних органов ленского осетра: *a* – печень рыбы опытной группы; *b* – печень рыбы контрольной группы

Fig. 1. Appearance and condition of the internal organs of the Lena sturgeon: *a* – liver of fish from the experimental group; *b* – liver of fish from the control group

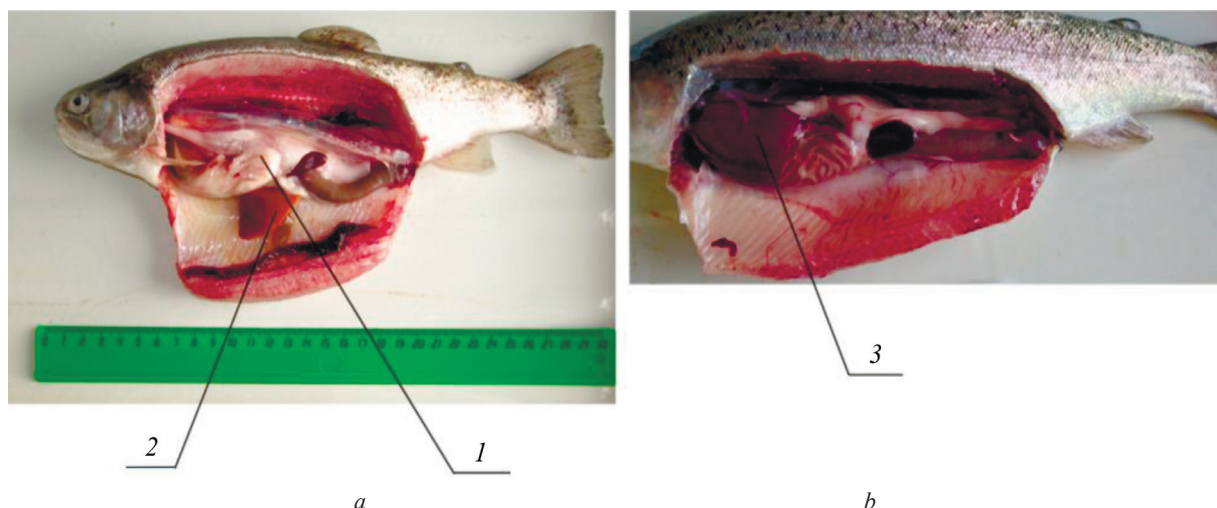


Рис. 2. Внешний вид и состояние внутренних органов радужной форели:
a – при кормлении контрольным комбикормом (1 – ожирение внутренних органов;
 2 – стеатоз (побеление) печени); *b* – при кормлении комбикормом с гуминовыми веществами
 (3 – нормальная пигментация печени)

Fig. 2. External appearance and condition of the internal organs of rainbow trout: *a* – internal organs of rainbow trout fed with control feed (1 – obesity of internal organs; 2 – whitening of the liver); *b* – internal organs of rainbow trout fed with compound feed containing humic substances (3 – normal liver color)

На рис. 2 показаны особенности внешнего вида и состояния внутренних органов радужной форели. Видно, что при интенсивном кормлении контрольным комбикормом в течение производственных испытаний наблюдается ухудшение обмена веществ у форели, а именно ожирение внутренних органов, изменение цвета печени, что свидетельствует об ухудшении ее функционального состояния. В то же время при кормлении функциональным комбикормом, содержащим гуминовые вещества, не наблюдается ожирения внутренних органов, а печень имеет нормальный цвет, форму и размер.

Состояние печени радужной форели характеризуется двумя показателями – гепатосоматическим индексом печени и содержанием гликогена в печени (табл. 9).

Т а б л и ц а 9. Гепатосоматический индекс и содержание гликогена в печени радужной форели

Table 9. Liver index and liver glycogen in rainbow trout

Образец рыбы	Гепатосоматический индекс, %	Содержание гликогена в печени, %
Печень (фон)	3,46	8,50 ± 0,05
Печень (контроль)	4,20	27,85 ± 0,12
Печень (опыт)	1,90	4,22 ± 0,03
Печень (норма)	2,00	2–4

Интерпретация результатов, приведенных в табл. 9, позволяет установить, что при кормлении опытными комбикормами содержание гликогена в печени находится практически в норме. При кормлении контрольным комбикормом (без гуминовых веществ) в течение двух декад содержание гликогена увеличилось в 3,3 раза.

Выводы. В условиях интенсивного развития отечественного рыбоводства актуальным направлением становится разработка кормов функционального назначения, адаптированных для ценных видов рыб. РУП «Институт рыбного хозяйства» разработало новые функциональные комбикорма для осетровых и лососевых рыб, направленные на восстановление функций печени. На данные корма утверждены технические условия: ТУ ВУ 100035627.029-2022 (для осетровых рыб) и ТУ ВУ 100035627.026-2020 (для радужной форели).

Разработанные комбикорма предназначены для профилактики и нормализации обменных процессов в организме рыб, в первую очередь в печени. Установлено, что включение данных рационов в кормление осетровых рыб уже на 21-е сутки приводит к снижению индекса печени на 30,4 % и сокращению содержания гликогена на 6,6 % относительно исходных величин. Систематическое использование данных кормов в течение сезона способствует полному восстановлению функционального состояния печени.

Аналогичная динамика зафиксирована у радужной форели: за 20 сут содержание гликогена снизилось на 16,8 %, а индекс печени – на 45,0 %. Опытным путем доказано, что минимальный эффективный период применения составляет 20 сут, однако наилучшие рыбоводно-биологические результаты достигаются при непрерывном кормлении в течение всего сезона.

Благодарности. Данные исследования выполнялись в рамках Государственной программы научных исследований «Качество и эффективность агропромышленного производства» на 2021–2025 годы и Государственной научно-технической программы «Агропромкомплекс», 2021–2025 годы.

Acknowledgments. These studies were conducted within the framework of the following programs: the “State Scientific Research Program Quality and Efficiency of Agricultural Production” 2021–2025 years and the State Scientific and Technical Program “Agroindustrial Complex”, 2021–2025 years.

Список использованных источников

1. Севастьянова, Т. В. Функциональные кормовые добавки для сельскохозяйственных животных и их влияние на показатели продуктивности / Т. В. Севастьянова, Б. В. Уша // *Аграрная наука*. – 2021. – № 347 (4). – С. 99–103. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-347-4-99-103>
2. Щербина, М. А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре / М. А. Щербина, Е. А. Гамыгин. – М.: Изд-во ВНИРО, 2006. – 360 с.
3. Остроумова, И. Н. Биологические основы кормления рыб / И. Н. Остроумова. – СПб.: [б. и.], 2001. – 372 с.
4. Сергеева, Н. Т. Особенности липидного питания радужной форели / Н. Т. Сергеева // *Физиолого-биохимические основы кормления рыб в аквакультуре: сб. науч. тр. / Калинингр. гос. техн. ун-т. – Калининград, 1995. – С. 4–16.*
5. Тютюнников, Б. Н. Химия жиров / Б. Н. Тютюнников. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Пищевая пром-сть, 1974. – 448 с.
6. Владовская, С. Необходимые добавки к кормам и потребности рыб в них / С. Владовская // *Рыбное хозяйство. Серия: Корма и кормление в аквакультуре: аналит. и реф. информ. / Всерос. науч.-исслед. и проект.-конструкт. ин-т экономики, информ. и автоматизир. систем упр. рыб. хоз-ва. – М., 2001. – Вып. 1. – С. 27–32.*
7. Абрамова, Ж. И. Исследование процессов окисления липидов в искусственных кормах рыб и сравнительная оценка методов их определения / Ж. И. Абрамова, Н. Е. Картавцева, Л. А. Николаева // *Сборник научных трудов / Гос. науч.-исслед. ин-т озер. и реч. рыб. хоз-ва (ГосНИОРХ). – Л., 1981. – Вып. 176: Актуальные проблемы кормления рыб в индустриальном рыбоводстве / под ред. И. Н. Остроумовой. – С. 103–116.*
8. Progress in chemistry of fats and other lipids: [in 16 vol.] / ed.: R. T. Holman, W. O. Lundberg, T. Malkin. – London: Pergamon Press; New York: Academic Press, 1954. – Vol. 2. – 347 p.
9. Дегтярик, С. Болезни – «подводные камни» рыбоводства / С. Дегтярик, О. Марцуль // *Наука и инновации*. – 2020. – № 3 (205). – С. 24–28. <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2020-3-24-28>
10. Корсаков, К. В. Мировой опыт использования гуминовых кислот в птицеводстве / К. В. Корсаков // *Основы и перспективы органических биотехнологий*. – 2018. – № 3. – С. 3–4.
11. Бузуглова, О. С. Применение гуминовых препаратов в животноводстве (обзор) / О. С. Бузуглова, В. Е. Зинченко // *Достижения науки и техники АПК*. – 2016. – Т. 30, № 2. – С. 89–93.
12. Любимова, Н. А. Гуминовые вещества как компоненты кормовых добавок (обзор) / Н. А. Любимова, Г. Ю. Рабинович // *Достижения науки и техники в АПК*. – 2020. – Т. 34, № 9. – С. 77–84. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2020-10914>
13. Использование добавок на основе гуминовых веществ в кормлении сухостойных коров / А. В. Кветковская, В. Н. Заяц, О. Г. Галушко [и др.] // *Зоотехническая наука Беларуси: сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по животноводству. – Жодино, 2008. – Т. 43, ч. 2. – С. 99–110.*
14. Эффективность использования немодифицированных микропористых гуминовых кислот из леонардита в рационе карпа / А. А. Коровушкин, С. А. Нефедова, Ю. В. Якунин, Р. В. Барышев // *Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева*. – 2019. – № 3 (43). – С. 59–63.
15. Гуминовые препараты в составе лечебно-профилактических комбикормов для осетровых рыб / Ж. В. Кошак, Н. Н. Гадлевская, А. Н. Русина [и др.] // *Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по животноводству, Ин-т рыб. хоз-ва. – Мн., 2022. – Вып. 37. – С. 341–356. <https://doi.org/10.47612/978-985-880-000000-0-2022-37-341-356>*
16. Чухарева, Н. В. Влияние термической обработки торфов на состав и свойства гуминовых кислот / Н. В. Чухарева, Л. В. Шишмина, А. А. Новиков // *Химия твердого топлива*. – 2003. – № 4. – С. 37–43.

17. Balla, D. Solute retention in groundwater table controlled fen area with respect to various land use scenarios / D. Balla, O. Dietrich, J. Quast // *International Peat Journal*. – 2000. – № 10. – P. 33–47.
18. Перспективы применения торфа и продуктов его переработки в животноводстве / Л. В. Касимова, Т. П. Жилкова, Э. В. Титова [и др.]. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – 92 с.
19. Грибан, В. Г. К механизму действия препаратов гумусовой природы на организм животных / В. Г. Грибан // *Органическое вещество торфа: тез. докл. Междунар. симп., Минск, 15–19 мая 1995 г. / Междунар. торф. о-во, Ин-т проблем использования природ. ресурсов и экологии Акад. наук Беларуси*. – Мн., 1995. – С. 120.

References

1. Sevastyanova T. V., Usha B. V. Functional feed additives for farm animals and their impact on productivity indicators. *Agrarnaya nauka = Agrarian Science*, 2021, no. 347 (4), pp. 99–103 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-347-4-99-103>
2. Shcherbina M. A., Gamygin E. A. *Fish feeding in freshwater aquaculture*. Moscow, Publishing house of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, 2006. 360 p. (in Russian).
3. Ostroumova I. N. *Biological foundations of fish feeding*. St. Petersburg, 2001. 372 p. (in Russian).
4. Sergeeva N. T. Features of lipid nutrition of rainbow trout. *Fiziologo-biokhimicheskie osnovy kormleniya ryb v akvakul'ture: sbornik nauchnykh trudov* [Physiological and biochemical foundations of fish feeding in aquaculture: collection of scientific papers]. Kaliningrad, 1995, pp. 4–16 (in Russian).
5. Tyutyunnikov B. N. *Chemistry of fats*. 2nd ed. Moscow, Pishchevaya promyshlennost' Publ., 1974. 448 p. (in Russian).
6. Vladovskaya S. Necessary additives to feed and fish needs for them. *Rybnoe khozyaistvo. Seriya: Korma i kormlenie v akvakul'ture* [Fish Industry. Series: Feed and Feeding in Aquaculture]. Moscow, 2001, iss. 1, pp. 27–32 (in Russian).
7. Abramova Zh. I., Kartavtseva N. E., Nikolaeva L. A. Study of lipid oxidation processes in artificial fish feeds and comparative evaluation of methods for their determination. *Aktual'nye problemy kormleniya ryb v industrial'nom rybovodstve: sbornik nauchnykh trudov* [Actual problems of fish feeding in industrial fish farming: collection of scientific papers]. Leningrad, 1981, iss. 176, pp. 103–116 (in Russian).
8. Holman R. T., Lundberg W. O., Malkin T. (eds.). *Progress in chemistry of fats and other lipids. Vol. 2*. London, Pergamon Press; New York, Academic Press, 1954. 347 p.
9. Dziahtsiaryk S., Martsul O. Diseases are “pitfalls” of fish farming. *Nauka i innovatsii = Science and Innovation*, 2020, no. 3 (205), pp. 24–28 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2020-3-24-28>
10. Korsakov K. V. World experience of humic acids using in poultry farming. *Osnovy i perspektivy organicheskikh biotekhnologii = Fundamentals and Perspectives of Organic Biotechnologies*, 2018, no. 3, pp. 3–4 (in Russian).
11. Bezuglova O. S., Zinchenko V. E. Application of humic substances in animal husbandry (review). *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex*, 2016, vol. 30, no. 2, pp. 89–93 (in Russian).
12. Lyubimova N. A., Rabinovich G. Yu. Humic substances as components of feed additives (review). *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology in the Agro-Industrial Complex*, 2020, vol. 34, no. 9, pp. 77–84 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2020-10914>
13. Kvetkovskaya A. V., Zayats V. N., Golushko O. G., Nadarinskaya M. A., Makarova N. L., Ovtchinnikova T. F., Zhmakova N. A. Usage of supplements of natural origin in dry-grass period for cows. *Zootekhnicheskaya nauka Belarusi: sbornik nauchnykh trudov* [Zootechnical science of Belarus: a collection of scientific papers]. Zhodino, 2008, vol. 43, pt. 2, pp. 99–110 (in Russian).
14. Korovushkin A. A., Nefedova S. A., Yakunin Y. V., Baryshev R. V. Efficiency of use of non-modified microporous humic acids from leonardite in the diet of carp. *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P. A. Kostycheva = Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev*, 2019, no. 3 (43), pp. 59–63 (in Russian).
15. Koshak J. V., Gadlevskaya N. N., Rusina A. N., Zenovich N. V., Rybkina E. E., Kohovich A. G. Humic preparations in the composition of therapeutic and prophylactic feeds for sturgeon fish. *Voprosy rybnogo khozyaistva Belarusi: sbornik nauchnykh trudov = Belarus fish industry problems: collected transactions*. Minsk, 2021, iss. 37, pp. 341–356 (in Russian). <https://doi.org/10.47612/978-985-880-000000-0-2022-37-341-356>
16. Chukhareva N. V., Shishmina L. V., Novikov A. A. Effect of thermal treatment of peats on composition and properties of humic acids. *Solid Fuel Chemistry*, 2003, vol. 37, no. 4, pp. 36–42.
17. Balla D., Dietrich O., Quast J. Solute retention in groundwater table controlled fen area with respect to various land use scenarios. *International Peat Journal*, 2000, no. 10, pp. 33–47.
18. Kasimova L. V., Zhilyakova T. P., Titova E. V., Panov A. N., Udintsev S. N., Sibagatov V. A., Belousov N. M. *Prospects for the use of peat and its processing products in animal husbandry*. Tomsk, Publishing House of Tomsk Polytechnic University, 2006. 92 p. (in Russian).
19. Griban V. G. Dealing with the mechanism of humic origin preparations cation upon animal organism. *Organicheskoe veshchestvo torfa: tezisy dokladov Mezhdunarodnogo simpoziuma, Minsk, 15–19 maya 1995 g. = Peat organic matter: theses of papers International Symposium, Minsk, May 15–19, 1995*. Minsk, 1995, p. 120 (in Russian).

Информация об авторах

Кошак Жанна Викторовна – кандидат технических наук, доцент, заведующий лабораторией кормов, Институт рыбного хозяйства, Национальная академия наук Беларуси (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: Koshak.zn@Gmail.com

Дегтярик Светлана Михайловна – кандидат биологических наук, доцент, заведующий лабораторией болезней рыб, Институт рыбного хозяйства, Национальная академия наук Беларуси (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: lavrushnek@mail.ru

Денисов Данил Николаевич – генеральный директор Научно-производственного центра «Экобиосфера» (ул. 2-я Привокзальная, 30а, 249340, Калужская обл., Жиздра, Российская Федерация). E-mail: info@ecobio.pro

Information about authors

Zhanna V. Koshak – Ph. D. (Engineering), Associate Professor, Head of the Laboratory of Mixfeed, Fish Industry Institute, National Academy of Sciences of Belarus (22, Stebeneva St., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: Koshak.zn@Gmail.com

Sviatlana M. Degtyarik – Ph. D. (Biology), Associate Professor, Head of the Laboratory of Fish Diseases, Fish Industry Institute, National Academy of Sciences of Belarus (22, Stebeneva St., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: lavrushnek@mail.ru

Danil N. Denisov – General Director of the Scientific and Production Center “Ecobiosphere” (30a, 2nd Privokzalnaya St., 249340, Zhizdra, Kaluga Region, Russian Federation). E-mail: info@ecobio.pro