

Животноводство и кормопроизводство. 2025. Т. 108. № 2. С. 143-155.
Animal Husbandry and Fodder Production. 2025. Vol. 108. No. 2. P. 143-155.

Научная статья
УДК 639.3.043
doi:10.33284/2658-3135-108-2-143

Опыт применения активированного угля и фитобиотика при выращивании радужной форели в условиях садкового хозяйства

Олег Владимирович Иньшин¹, Елена Петровна Мирошникова², Азамат Ерсайнович Аринжанов³

¹Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия

^{2,3}Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

¹oleg0_0_0@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5200-4298>

²elenaakva@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3804-5151>

³arin.azamat@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6534-7118>

Аннотация. Разработка эффективных методов кормления рыб является важным аспектом успешного развития аквакультуры. Поиск и внедрение новых биологически активных добавок позволяют повысить продуктивность объектов аквакультуры и рентабельность производства. В работе представлены результаты исследования по изучению эффективности использования активированного угля и фитобиотического препарата ГербаСтор в кормлении радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) в условиях садкового хозяйства ООО «Ирикля – рыба», Оренбургская область. Установлен ростостимулирующий эффект при добавлении в рацион рыб активированного угля как отдельно, так и совместно с ГербаСтор. При добавлении активированного угля отмечено повышение живой массы рыбы на 16,4 % ($P \leq 0,05$), а при совместном введении в рацион активированного угля и ГербаСтор зафиксировано повышение живой массы рыбы на 7,2 % относительно контроля. Наименьшие значения кормового коэффициента отмечено в I и III опытных группах: 1,07 и 1,09 соответственно. Установлено, что скармливание активированного угля и ГербаСтора в составе рациона сопряжено с увеличением сохранности форели в период выращивания. Анализ гематологических показателей рыб показал повышение количества тромбоцитов в I и III группах на 142,1 % ($P \leq 0,05$) и 161,2 % ($P \leq 0,05$) и тромбокриты в I – на 50,0 % ($P \leq 0,05$) и III – на 75,0 % ($P \leq 0,05$). Во всех опытных группах установлено снижение уровня аспаратаминотрансферазы: в I – на 60,0 % ($P \leq 0,05$), II – на 41,6 % ($P \leq 0,05$), III – на 48,1 % ($P \leq 0,05$). В I и III опытных группах отмечено снижение триглицеридов на 77,7 % ($P \leq 0,05$) и 56,7 % ($P \leq 0,05$) соответственно относительно контроля. Во II и III группах уровень железа в крови был достоверно выше контроля на 26,3 % ($P \leq 0,05$) и 175,0 % ($P \leq 0,05$) соответственно. Химический состав мышечной ткани рыб I группы характеризовался высоким содержания жира – на 78,4 % ($P \leq 0,05$) по сравнению с контролем.

Ключевые слова: активированный уголь, фитобиотики, аквакультура, форель, кормление рыб, продуктивность

Благодарности: работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 23-76-10054.

Для цитирования. Иньшин О.В., Мирошникова Е.П., Аринжанов А.Е. Опыт применения активированного угля и фитобиотика при выращивании радужной форели в условиях садкового хозяйства // Животноводство и кормопроизводство. 2025. Т. 108. № 2. С. 143-155. [Inshin OV, Miroshnikova EP, Arinzhanov AE. Experience of using activated carbon and phytobiotics in growing rainbow trout in cage farming conditions. Animal Husbandry and Fodder Production. 2025;108(2):143-155. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-108-2-143>

Original article

Experience of using activated carbon and phytobiotics in growing rainbow trout in cage farming conditions**Oleg V Inshin¹, Elena P Miroshnikova², Azamat E Arinzhanov³**¹ Federal Research Centre for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia^{2,3} Orenburg State University, Orenburg, Russia¹oleg0_0_0@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5200-4298>²elenaakva@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3804-5151>³arin.azamat@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6534-7118>

Abstract. The development of effective fish feeding methods is an important aspect for the successful development of aquaculture. The search and introduction of new biologically active additives can increase the productivity of aquaculture facilities and the profitability of production. The paper presents the results of a study on the effectiveness of the use of activated carbon and the phytobiotic drug HerbaSter in feeding rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in the conditions of the cage farm of “Irikla – fish” LLC. A growth-stimulating effect has been established when activated carbon is added to the fish diet both separately and in combination with HerbaSter. When activated carbon was added, an increase in the live weight of fish by 16.4% ($P \leq 0.05$) was noted, and when activated carbon and HerbaSter were combined into the diet, an increase in the live weight of fish by 7.2% was recorded, relative to the control. The lowest values of the feed coefficient were noted in the I and III experimental groups: 1.07 and 1.09, respectively. It has been established that feeding activated carbon and herbastor in the diet is associated with an increase in the safety of trout during the growing period. The analysis of hematological parameters of fish showed an increase in the number of platelets in groups I and III by 142.1% ($P \leq 0.05$) and 161.2% ($P \leq 0.05$) and thrombocrite in groups I by 50.0% ($P \leq 0.05$) and III by 75.0% ($P \leq 0.05$). In all experimental groups, a decrease in the level of aspartate aminotransferase was found: in I – by 60.0% ($P \leq 0.05$), II – by 41.6% ($P \leq 0.05$), III – by 48.1% ($P \leq 0.05$). In experimental groups I and III, there was a decrease in triglycerides by 77.7% ($P \leq 0.05$) and 56.7% ($P \leq 0.05$), respectively, relative to the control. In groups II and III, the level of iron in the blood was significantly higher than the control by 26.3% ($P \leq 0.05$) and 175.0% ($P \leq 0.05$), respectively. The chemical composition of the muscle tissue of group I fish was characterized by a high fat content - by 78.4% ($P \leq 0.05$) compared with the control.

Keywords: activated carbon, phytobiotics, aquaculture, trout, fish feeding, productivity

Acknowledgments: the work was supported by the Russian Science Foundation, Project No. 23-76-10054.

For citation: Inshin OV, Miroshnikova EP, Arinzhanov AE. Experience of using activated carbon and phytobiotics in growing rainbow trout in cage farming conditions. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2025;108(2):143-155. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-108-2-143>

Введение.

Аквакультура является крупнейшей отраслью по производству продуктов питания, удовлетворяющей спрос потребителей, обеспечивая высококачественным белком население мира. Ключевым фактором для эффективного развития аквакультуры является разработка эффективных способов кормления за счет использования различных биологически активных добавок, способных ускорять темпы роста и обмен веществ, а также повышать резистентность организма рыб (Мингазова М.С. и др., 2023).

Радужная форель является одним из наиболее популярных объектов аквакультуры благодаря своим высоким темпам роста, адаптивности к различным условиям содержания и высоким потребительским качествам мяса. Кроме того, радужная форель обладает широким спектром питания, что позволяет использовать разнообразные корма, включая различные биологически активные

добавки. В условиях растущего спроса на рыбную продукцию и ограниченности природных ресурсов, выращивание радужной форели в аквакультуре приобретает все большую значимость (Coughlin DJ et al., 2020).

В последние годы активированный уголь (АУ) привлекает внимание исследователей и используется благодаря его перспективным свойствам в области сорбции и удаления загрязняющих веществ (Juurlink DN, 2016; Килякова Ю.В. и др., 2024).

Исследования демонстрируют, что применение активированного угля в рационе рыб способствует адсорбции и удалению газов и загрязняющих веществ из желудочно-кишечного тракта, улучшая, таким образом, усвоение и использование питательных веществ. Это ключевой фактор, способствующий повышению скорости роста рыб и эффективности кормления (Amjad M et al., 2024).

Фитобиотики представляют собой природные соединения растительного происхождения и приобретают все большую популярность как безопасная и эффективная альтернатива традиционным добавкам. Фитобиотики включают экстракты растений, эфирные масла, травы и их производные, которые обладают широким спектром биологической активности. Использование фитобиотических препаратов может способствовать улучшению здоровья, продуктивности и устойчивости рыб к заболеваниям, что делает их важным инструментом для устойчивого развития аквакультуры (Килякова Ю.В. и др., 2022).

В настоящее время перспективна разработка многокомпонентных кормовых добавок, которые имеют широкий спектр действия (Аринжанова М.С. и др., 2023).

В этом контексте совместное использование активированного угля и фитобиотиков представляет собой инновационный подход, который может обеспечить синергетический эффект за счет сочетания детоксикационных свойств угля и биологической активности растительных компонентов (Schmidt HP et al., 2019).

Цель исследования.

Изучить эффективность применения активированного угля и фитобиотической добавки ГербаСтор в кормлении радужной форели в условиях садкового хозяйства.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Годовики радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) средней массой 330 г.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями нормативных актов: Модельный закон Межпарламентской Ассамблеи государств-участников Содружества Независимых Государств "Об обращении с животными", ст. 20 (постановление МА государств-участников СНГ № 29-17 от 31.10.2007 г.). При проведении исследований были предприняты меры для обеспечения минимума страданий животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов.

Схема эксперимента. Эксперимент проводился на базе садкового хозяйства ООО «Ирикла – рыба» (п. Энергетик д. 118, Новоорский р-н, Оренбургская область, Россия) в 2024 году. Методом пар-аналогов были отобраны 400 рыб и сформированы четыре группы (n=100): контрольная и три опытные. Контрольная группа получала основной рацион (ОР), I опытная – ОР+АУ (2 г/кг корма), II опытная – ОР+ГербаСтор (2 г/кг корма), III опытная группа – ОР+АУ (2 г/кг корма)+ГербаСтор (2 г/кг корма).

В качестве ОР использовали экструдированный корм «Форель 42/24» («ЛимКорм Аква», Россия). Корма опытных групп готовили, используя метод напыления кормовых добавок на гранулы комбикорма. Суточная норма кормления – 1,6 % от массы тела рыб в соответствии с технологией выращивания. Рыбу кормили в светлое время суток 5 раз в день. Фитобиотик ГербаСтор производит ООО «НТЦ БИО», Белгородская область, г. Шебекино.

Контроль над ростом рыб проводился утром до кормления еженедельно (± 1 г).

Оборудование и технические средства. Морфологические и биохимические показатели крови оценивались в ЦКП БСТ РАН (г. Оренбург) (<http://цкп-бст.рф>) по стандартным методикам с помощью автоматического гематологического анализатора URIT-2900 Vet Plus, («URIT Medial Electronic Co.», Китай) и автоматического биохимического анализатора CS-T240 («Dirui Industrial Co., Ltd.», Китай) с использованием коммерческих биохимических наборов для ветеринарии («ДИАКОН-ДС», Россия; «Randox Laboratories Ltd», Великобритания). Для определения живой массы форели использовали электронные весы M-ER MERCURY 333ACLP-150.20/50 LCD 3612 (Россия).

Статистическая обработка. Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью офисного программного комплекса «Microsoft Office» с применением программы «Excel» («Microsoft», США) с обработкой данных в «Statistica 10.0» («Stat Soft Inc.», США). Данные представлены в виде: среднее (M) ± стандартная ошибка среднего (m). Для определения различий между группами использовали непарный t-критерий Стьюдента. Достоверными считали результаты при $P \leq 0,05$.

Результаты исследования.

Включение исследуемых добавок в рацион радужной форели повлияло на динамику роста рыбы (рис. 1).

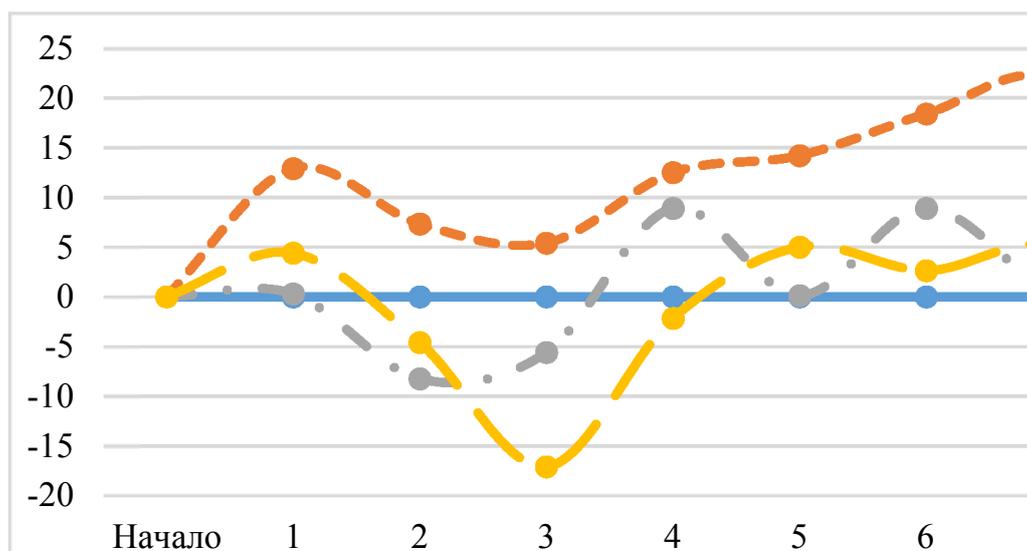


Рисунок 1. Динамика живой массы форели в опытных группах по сравнению с контрольной группой, %

Figure 1. Dynamics of live weight of trout in the experimental groups compared with the control group, %

Наилучшая динамика роста рыб установлена в I группе, так, к концу эксперимента в группе констатировали повышение живой массы на 16,4 % ($P \leq 0,05$) по сравнению с контрольной группой. Во II группе при добавлении в рацион ГербаСтора не отмечено ростостимулирующего действия. При совместном введении в рацион АУ и ГербаСтора в конце эксперимента зафиксировано повышение живой массы рыбы на 7,2 % ($P \leq 0,05$) относительно контроля.

Установлено, что добавление ГербаСтора и АУ сопряжено с повышением сохранности рыбного стада на 10 % по сравнению с контролем (табл. 1).

Таблица 1. Показатели прироста и сохранность рыб (n=100)
Table 1. Growth rates and fish survival (n=100)

Показатель/ <i>Indicator</i>	Группы/ <i>Groups</i>			
	контроль/ <i>control</i>	опытные / <i>experimental</i>		
		I	II	III
Абсолютный прирост, г / <i>absolute weight gain, g</i>	851,0±42,5	1045,0±52,2	803,0±40,1	936,0±46,8
Относительный прирост, % / <i>relative weight gain</i>	257,8	316,6	243,3	283,6
Среднесуточный прирост, г / <i>The average daily weight gain, g</i>	8,51±0,42	10,45±0,52	8,03±0,40	9,36±0,47
Сохранность, % / <i>livestock safety, %</i>	90	100	100	100

Нами была дана оценка расходов комбикорма по группам и рассчитан кормовой коэффициент (КК). Наибольшая эффективность по КК отмечена в I и III опытных группах (табл. 2).

Таблица 2. Эффективность кормления рыб
Table 2. Efficiency of fish feeding

Показатель / <i>Indicator</i>	Группа / <i>Group</i>			
	контроль / <i>control</i>	опытная / <i>experimental</i>		
		I	II	III
Всего затрачено кормов, кг / <i>Total feed consumed, kg</i>	101,37	112,65	102,32	102,09
КК / <i>Feed coefficient</i>	1,19	1,07	1,27	1,09

Примечание: КК – кормовой коэффициент
Note: FCR – feed conversion rate

Гематологический анализ выявил изменения в ряде параметров. (табл. 3). В I опытной группе установлено повышение количества тромбоцитов и тромбокрита на 142,1 % ($P \leq 0,05$) и 50,0% ($P \leq 0,05$) соответственно относительно контрольных значений. Схожая картина наблюдалась и в III опытной группе – повышение количества тромбоцитов на 161,2 % ($P \leq 0,05$) и тромбокрита – на 75,0 % ($P \leq 0,05$)

Во всех опытных группах установлено достоверное снижение уровня аспаратаминотрансферазы (АСТ): в I – на 60,0 % ($P \leq 0,05$), II – на 41,6 % ($P \leq 0,05$), III – на 48,1 % ($P \leq 0,05$). Также в I и III опытных группах отмечено снижение триглицеридов на 77,7 % ($P \leq 0,05$) и 56,7 % ($P \leq 0,05$) соответственно относительно контроля.

Уровень мочевины во II и III опытных группах превышал контроль на 54,2 % ($P \leq 0,05$) и 94,7 % ($P \leq 0,05$) соответственно.

Анализ минерального состава крови установил изменения лишь по железу: во I и III группах уровень железа был достоверно выше контроля на 73,7 % ($P \leq 0,05$) и 167,8 % ($P \leq 0,05$) соответственно.

Таблица 3. Гематологические показатели радужной форели в конце эксперимента (n=3)
Table 3. Hematological parameters of rainbow trout at the end of the experiment (n=3)

Показатель / Indicator	Группа / Group			
	контроль / control	опытная / experimental		
		I	II	III
Гемоглобин, г/л / Hemoglobin, g/l	153,3±19,2	114,9±19,2	125,6±25,89	116,33±25
Эритроциты, 10 ¹² /л / Erythrocytes, 10 ¹² /l	0,13±0,09	0,11±0,06	0,13±0,08	0,13±0,08
Тромбоциты 10 ⁹ /л / Trombocytes, 10 ⁹ /l	35,1±7,12	85,0±14,5**	47,6±11,06	91,7±16,5*
Тромбоцит, % / Thrombocrit, %	0,04±0,01	0,06±0,01*	0,05±0,01	0,07±0,01*
АСТ, Ед/л / АСТ, U/l	189,7±5,05	75,8±54,39*	110,8±57,9*	98,5±43,03*
Триглицериды, ммоль/л / Triglycerides, mmol/l	3,86±0,61	0,86±1,35**	3,94±0,61	1,67±1,5*
Мочевина, ммоль/л / Urea, mmol/l	1,9±0,41	2,4±1,33	2,9±0,34*	3,7±0,9*
Железо, мкмоль/л / Iron, μmol/l	7,49±1,2	13,0±1,1*	9,2±0,9	20,6±4,56*

Примечание: Уровень значимости в сравнении с контрольной группой: * – P≤0,05; ** – P≤0,01
Note: The level of significance compared to the control group: * – P≤0.05; ** – P≤0.01

Анализ химического состава мышечной ткани рыб показал достоверное повышение жира в I группе на 78,4 % (P≤0,05) относительно контроля (табл. 4).

Таблица 4. Химический состав мышечной ткани форели в конце эксперимента (n=3)
Table 4. Chemical composition of trout muscle tissue at the end of the experiment (n=3)

Показатель / Indicator	Группа / Group			
	контроль / control	опытная / experimental		
		I	II	III
Влага / Moisture	73,63±1,4	71,31±1,8	68,71±3,4	68,61±4,0
Сухое вещество / Dry matter	23,2±1,7	25,67±1,4	31,28±3,4**	28,38±2,7*
Жир / Fat	4,55±1,0	8,12±1,6*	10,06±4,2	3,99±0,0
Зола / Ash	0,85±0,8	0,79±0,6	0,89±0,0	0,92±0,0
Белок / Protein	17,5±0,5	14,73±0,93	20,17±0,9**	18,9±0,7

Примечание: Уровень значимости в сравнении с контрольной группой: * – P≤0,05; ** – P≤0,01
Note: The level of significance compared to the control group: * – P≤0.05; ** – P≤0.01

Во II опытной группе отмечено достоверное увеличение сухого вещества на 34,8 % (P≤0,01) и белка – на 15,2% (P≤0,01). В III опытной группе установлено достоверное увеличение сухого вещества на 22,3 % (P≤0,05).

Обсуждение полученных результатов.

Активированный уголь успешно используется в животноводстве уже более 50 лет в качестве сорбента и считается одним из наиболее простых способов предотвращения вредных или смертельных эффектов токсинов, таких как микотоксины и пестициды, поступающих внутрь организма. Эффективность использования активированного угля доказана в кормлении птицы (Kalus et al., 2020), крупнорогатого скота (Al-Azzawi et al., 2021) и свиней (Schubert et al., 2021).

Установленный нами ростостимулирующий эффект при использовании в кормлении радужной форели активированного угля согласуется с ранее проведенными исследованиями на тилляпии (Abdel-Tawwab M et al., 2017), африканском соме (Aderolu AZ et al., 2016) и белуге (Samadaii S and Bahrekazemi M, 2019). Подобный эффект связан с тем, что АУ обладает высокой адсорбционной способностью, что позволяет ему связывать токсины, вредные метаболиты (например, аммиак, нитриты) и патогенные микроорганизмы в кишечнике рыб. Это в свою очередь снижает нагрузку на печень и почки, улучшая общее состояние рыб и создавая благоприятные условия для роста. Кроме того, АУ может связывать вещества, которые подавляют метаболическую активность пищеварительных ферментов, что способствует лучшему усвоению питательных веществ (Michael FR et al., 2017; Thaib et al., 2021). Также продуктивное действие АУ связано с его действием на микрофлору кишечника, в частности АУ подавляет рост патогенных бактерий и способствует развитию полезных микроорганизмов (Mirheidari et al., 2020; Khalid MA et al., 2022).

Кроме того, АУ положительно влияет на ворсинки кишечника, защищая их от повреждений, снижая воспаление и улучшая их структуру и функцию, тем самым повышая усвояемость питательных веществ корма (Hien NN et al., 2018; Schmidt HP et al., 2019).

Сохранение целостности и функциональности ворсинок кишечника напрямую влияет на усвояемость питательных веществ. Ворсинки увеличивают площадь поверхности кишечника, что способствует более эффективному всасыванию аминокислот, жиров, углеводов, витаминов и минералов (Kalus K et al, 2018; Rashidi N et al, 2020).

Исследования на теплокровных животных показали, что применение ГербаСтора позволяет улучшить обменные процессы в организме, повысить иммунитет и увеличить продуктивность (Правдин И.В. и др., 2023). Наше предположение о ростостимулирующем действии при дополнительном включении в рацион радужной форели фитобиотика ГербаСтор не подтвердилось. Отсутствие ростостимулирующего действия фитобиотика ГербаСтор у радужной форели может быть связано с рядом факторов, например, форель относится к холодноводным видам рыб и имеет низкую температуру тела, что влияет на активность ферментов и скорость метаболических процессов в организме (Coughlin DJ et al., 2020). В результате компоненты фитодобавок могут не активировать те же метаболические пути, что и у теплокровных животных, что приводит к отсутствию ростостимулирующего эффекта.

Важно подчеркнуть, что в экспериментальных группах, в отличие от контрольной, наблюдалась полная сохранность рыб (100%).

Показатели роста и кормовой коэффициент характеризуют эффективность применяемых добавок. В нашем опыте наилучшие значения темпов роста и наименьшее значение КК были отмечены в I и III опытных группах и в целом свидетельствуют об эффективности корма при добавлении АУ.

Гематологические показатели сообщают о состоянии здоровья, питательном статусе и способности животного адаптироваться к внешней среде. Полученные результаты снижения АСТ и повышения уровня триглицеридов в экспериментальных группах говорят об улучшении физиологического состояния рыб и согласуются с исследованиями, посвященными использованию активированного угля и фитобиотиков в кормлении (Mabe LT et al., 2018). Снижение активности АСТ может свидетельствовать об оптимизации метаболических процессов, связанных с использованием углеводов в качестве источника энергии, а также о замедлении распада белков и усилении защитных функций печени (González et al., 2016; Kesbic et al., 2022). Это может быть связано с оптимизацией энергетического обмена и снижением нагрузки на печень, что особенно важно в условиях

стресса или изменения рациона. Однако необходимо учитывать, что длительное снижение активности АСТ может также сказать о снижении метаболической активности, что требует дальнейшего изучения.

Снижение уровня триглицеридов в I и III группах может указывать на замедление липидного обмена у рыб. Это может быть связано с повышением температуры воды в период выращивания форели, влияющим на метаболическую активность рыб. Высокие температуры воды ускоряют обменные процессы, что может изменить липидный профиль крови. Однако замедление липидного обмена также может являться механизмом адаптации для сохранения энергетических ресурсов (Hassaan MS et al., 2018). Замедление липидного обмена способно быть как положительным, так и отрицательным фактором. С одной стороны, это возможно свидетельствует об адаптации к изменениям температуры воды, но с другой стороны, указывает на возможные нарушения в энергетическом обмене. Важно учитывать, что липиды являются основным источником энергии для рыб, и их недостаточное использование часто приводит к снижению продуктивности.

У рыб из групп II и III повышение уровня мочевины в крови выше физиологической нормы может быть связано с активизацией механизмов, которые поддерживают азотный баланс. Однако значительное превышение физиологической нормы может указывать на повышенную нагрузку на метаболические пути, связанные с обезвреживанием аммиака (Xu M et al., 2019).

Повышение количества тромбоцитов и тромбокрит в крови радужной форели I и III групп может быть результатом комплексного воздействия АУ на организм, который включает детоксикацию и стимуляцию кроветворения, в частности выработку клеток крови (Abd El-hameed SA et al, 2021).

Повышение уровня железа в крови в I и III группы связано с действием АУ на улучшение усвоения железа, снижение воспаления, связывание токсинов и нормализацией функций печени и кишечника (Joseph S et al., 2015; Quin P et al., 2015).

Заключение.

Полученные в нашем исследовании данные свидетельствуют о перспективности использования активированного угля в кормлении радужной форели. Установлено, что добавление активированного угля в рацион радужной форели способствует значительному улучшению роста, повышению сохранности и снижению кормового коэффициента. Совместное применение АУ и ГербаСтор демонстрирует умеренный положительный эффект на рост, а также улучшение биохимических показателей крови. Однако важно учитывать, что активированный уголь может также адсорбировать полезные вещества, поэтому при его использовании необходимо брать во внимание дозировку.

Список источников

1. Биологическое действие кормовых добавок на организм карпа / М.С. Мингазова, Е.П. Мирошникова, Ю.В. Килякова, А.Е. Аринжанов // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106. № 3. С. 121-137. [Mingazova MS, Miroshnikova EP, Kilyakova YuV, Arinzhanov AE. Biological effect of feed additives on carp. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023;106(3):121-137. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-106-3-121
2. Биологическое действие ультрадисперсных частиц SiO₂, пробиотического препарата Бифидобиом и комплекса микроэлементов на организм карпа / М.С. Аринжанова, Е.П. Мирошникова, А.Е. Аринжанов, Ю.В. Килякова // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106. № 1. С. 48-66. [Arinzhanova MS, Miroshnikova EP, Arinzhanov AE, Kilyakova JV. Biological effect of ultrafine particles of SiO₂, probiotic preparation Bifidobiom and a complex of microelements on the body of carp. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023;106(1):48-66. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-106-1-48
3. Влияние фитобиотических кормовых добавок на рост и морфобиохимические показатели крови рыб / Ю.В. Килякова, Е.П. Мирошникова, А.Е. Аринжанов, М.С. Аринжанова // Жи-

вотноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105. № 3. С. 115-125. [Kilyakova YuV, Miroshnikova EP, Arinzhanov AE, Arinzhanova MS. Influence of phytobiotic feed additives on growth and morphobiochemical parameters of fish blood. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022;105(3):115-125. (*In Russ.*)]. doi: 10.33284/2658-3135-105-3-115

4. Использование кормовых добавок с сорбционными свойствами в рыбоводстве: обзор научной литературы / Ю.В. Килякова, Е.П. Мирошникова, А.Е. Аринжанов, М.С. Мингазова // Ветеринарная патология. 2024. Т. 23. № 4. С. 52-66. [Kilyakova YuV, Miroshnikova EP, Arinzhanov AE, Mingazova MS. Use of feed additives with sorption properties in fish farming: literature review. *Russian Journal of Veterinary Pathology*. 2024;23(4):52-66. (*In Russ.*)]. doi: 10.23947/2949-4826-2024-23-4-52-66

5. Эффективность комбинирования пробиотиков с фитобиотиками в рационе птицы: анализ литературных данных / И.В. Правдин, Л.З. Кравцова, В.Т. Толегенова, Н.А. Ушакова // Птицеводство. 2023. № 1. С. 22-27. [Pravdin IV, Kravtsova LZ, Tolegenova VT, Ushakova NA. Effectiveness of combination of a probiotic with phytobiotics in diets for poultry: a review. *Ptitsevodstvo*. 2023;72(1):22-27. (*In Russ.*)]. doi: 10.33845/0033-3239-2023-72-1-22-27

6. Abd El-hameed SA, Negm SS, Ismael NE, Naiel MA, Soliman MM, Shukry M, Abdel-Latif HM. Effects of activated charcoal on growth, immunity, oxidative stress markers, and physiological responses of Nile tilapia exposed to sub-lethal imidacloprid toxicity. *Animals*. 2021;11(5):1357. doi: 10.3390/ani11051357

7. Abdel-Tawwab M, El-Sayed GO, Shady SH. Effect of dietary active charcoal supplementation on growth performance, biochemical and antioxidant responses, and resistance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) to environmental heavy metals exposure. *Aquaculture*. 2017;479:17-24. doi: 10.1016/j.aquaculture.2017.05.016

8. Aderolu AZ, Lawal MO, Adesola TT. Effects of graded activated charcoal in rice husk diets for mud catfish, *Clarias gariepinus* juveniles (Teleostei: Clariidae). *Iranian Journal of Ichthyology*. 2016;3(3):203-209. doi: 10.7508/iji.2016

9. Al-Azzawi M, Bowtell L, Hancock K, Preston S. Addition of activated carbon into a cattle diet to mitigate GHG emissions and improve production. *Sustainability*. 2021;13(15):8254. doi: 10.3390/su13158254

10. Amjad M, Hussain SM, Ali S, Rizwan M, Al-Ghanim KA, Yong JWH. Effectiveness of feeding different biochars on growth, digestibility, body composition, hematology and mineral status of the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Sci Rep*. 2024;14(1):13526. doi: 10.1038/s41598-024-63463-4

11. Coughlin DJ, Wilson LT, Kwon ES, Travitz LS. Thermal acclimation of rainbow trout myotomal muscle, can trout acclimate to a warming environment? *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol*. 2020;245:110702. doi: 10.1016/j.cbpa.2020.110702

12. González JD, Silva-Marrero JI, Metón I, Caballero-Solares A, Viegas I, Fernández F, Miñarro M, Fàbregas A, Ticó JR, Jones JG, Baanante IV. Chitosan-mediated shRNA knockdown of cytosolic alanine aminotransferase improves hepatic carbohydrate metabolism. *Marine Biotechnology*. 2016;18(1):85-97. doi: 10.1007/s10126-015-9670-8

13. Hassaan MS, Soltan MA, Mohammady EY, Elashry MA, El-Haroun ER, Davies SJ. Growth and physiological responses of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* fed dietary fermented sunflower meal inoculated with *Saccharomyces cerevisiae* and *Bacillus subtilis*. *Aquaculture*. 2018;495:592-601. doi: 10.1016/j.aquaculture.2018.06.018

14. Hien NN, Dung NNX, Manh LH, Le Minh BT. Effects of biochar inclusion in feed and chicken litter on growth performance, plasma lipids and fecal bacteria count of Noi lai chicken. *Livest Res Rural Dev*. 2018;30(7):131.

15. Joseph S, Husson O, Graber E, Van Zwieten L, Taherymoosavi S, Thomas T, Nielsen S, Ye J, Pan G, Chia C, Munroe P, Allen J, Lin Y, Fan X, Donne S. The electrochemical properties of biochars and how they affect soil redox properties and processes. *Agronomy*. 2015;5(3):322-340. doi: 10.3390/agronomy5030322

16. Juurlink DN. Activated charcoal for acute overdose: a reappraisal. *Br J Clin Pharmacol.* 2016;81(3):482-487. doi: 10.1111/bcp.12793
17. Kalus K, Konkol D, Korczyński M, Koziel JA, Opaliński S. Laying hens biochar diet supplementation—Effect on performance, excreta N content, NH₃ and VOCs emissions, egg traits and egg consumers acceptance. *Agriculture.* 2020;10(6):237. doi: 10.3390/agriculture10060237
18. Kesbic OS, Acar U, Hassaan MS, Yilmaz S, Guerrero MC, Fazio F. Effects of tomato paste by-product extract on growth performance and blood parameters in common carp (*Cyprinus carpio*). *Animals (Basel).* 2022;12(23):3387. doi: 10.3390/ani12233387
19. Khalid MA, Hussain SM, Mahboob S, Al-Ghanim KA, Riaz MN. Biochar as a feed supplement for nutrient digestibility and growth performance of *Catla catla* fingerlings. *Saudi J Biol Sci.* 2022;29(12):103453. doi: 10.1016/j.sjbs.2022.103453
20. Mabe LT, Su S, Tang D, Zhu W, Wang S, Dong Z. The effect of dietary bamboo charcoal supplementation on growth and serum biochemical parameters of juvenile common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Aquaculture Research.* 2018;49(3):1142-1152. doi: 10.1111/are.13564
21. Michael FR, Saleh NE, Shalaby SM, Sakr EM, Abd-El-Khalek DE, Abd Elmonem AI. Effect of different dietary levels of commercial wood charcoal on growth, body composition and environmental loading of red tilapia hybrid. *Aquaculture Nutrition.* 2017;23(1):210-216. doi: 10.1111/anu.12385
22. Mirheidari A, Torbatinejad NM, Shakeri P, Mokhtarpour A. Effects of biochar produced from different biomass sources on digestibility, ruminal fermentation, microbial protein synthesis and growth performance of male lambs. *Small Ruminant Research.* 2020;183:106042. doi: 10.1016/j.smallrumres.2019.106042
23. Quin P, Joseph S, Husson O, Donne S, Mitchell D, Munroe P, Phelan D, Cowie A, Van Zwieten L. Lowering N₂O emissions from soils using eucalypt biochar: the importance of redox reactions. *Scientific Reports.* 2015;5(1):16773. doi: 10.1038/srep16773
24. Rashidi N, Khatibjoo A, Taherpour K, Akbari-Gharae M, Shirzadi H. Effects of licorice extract, probiotic, toxin binder and poultry litter biochar on performance, immune function, blood indices and liver histopathology of broilers exposed to aflatoxin-B₁. *Poult Sci.* 2020;99(11):5896-5906. doi: 10.1016/j.psj.2020.08.034
25. Samadaii S, Bahrekazemi M. The effect of diets containing different levels of active charcoal on growth performance, body composition, haematological parameters and possibility of heavy metals detoxification in big sturgeon (*Huso huso*). *Aquaculture Research.* 2019;51(1):91-101. doi: 10.1111/are.14350
26. Schmidt HP, Hagemann N, Draper K, Kammann C. The use of biochar in animal feeding. *PeerJ.* 2019;7(15):e7373. doi: 10.7717/peerj.7373
27. Schubert DC, Chuppava B, Witte F, Terjung N, Visscher C. Effect of two different biochars as a component of compound feed on nutrient digestibility and performance parameters in growing pigs. *Front. Vet. Sci.* 2021;2: 633958. doi: 10.3389/fanim.2021.633958
28. Thaib A, Handayani L, Hanum A, Nurhayati N, Syahputra F. Evaluating the addition of starry triggerfish (*Abalistes stellaris*) bone charcoal as a feed supplement to the growth performance and intestinal villi length of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Depik.* 2021;10(2):194-200. doi: 10.13170/depik.10.2.20367
29. Xu M, Wang T, Wang J, Wan W, Wang Z, Guan D, Sun H. An evaluation of mixed plant protein in the diet of Yellow River carp (*Cyprinus carpio*): growth, body composition, biochemical parameters, and growth hormone/insulin-like growth factor 1. *Fish Physiol Biochem.* 2019;45(4):1331-1342. doi: 10.1007/s10695-019-00641-6

References

1. Mingazova MS, Miroshnikova EP, Kilyakova YuV, Arinzhanov AE. Biological effect of feed additives on carp. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023;106(3):121-137. doi: 10.33284/2658-3135-106-3-121
2. Arinzhanova MS, Miroshnikova EP, Arinzhanov AE, Kilyakova JV. Biological effect of ultrafine particles of SiO₂, probiotic preparation Bifidobiom and a complex of microelements on the body of carp. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023;106(1):48-66. doi: 10.33284/2658-3135-106-1-48
3. Kilyakova YuV, Miroshnikova EP, Arinzhanov AE, Arinzhanova MS. Influence of phytobiotic feed additives on growth and morphobiochemical parameters of fish blood. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022;105(3):115-125. doi: 10.33284/2658-3135-105-3-115
4. Kilyakova YuV, Miroshnikova EP, Arinzhanov AE, Mingazova MS. Use of feed additives with sorption properties in fish farming: literature review. *Russian Journal of Veterinary Pathology*. 2024;23(4):52-66. doi: 10.23947/2949-4826-2024-23-4-52-66
5. Pravdin IV, Kravtsova LZ, Tolegenova VT, Ushakova NA. Effectiveness of combination of a probiotic with phytobiotics in diets for poultry: a review. *Poultry Farming*. 2023;72(1):22-27. doi: 10.33845/0033-3239-2023-72-1-22-27
6. Abd El-hameed SA, Negm SS, Ismael NE, Naiel MA, Soliman MM, Shukry M, Abdel-Latif HM. Effects of activated charcoal on growth, immunity, oxidative stress markers, and physiological responses of Nile tilapia exposed to sub-lethal imidacloprid toxicity. *Animals*. 2021;11(5):1357. doi: 10.3390/ani11051357
7. Abdel-Tawwab M, El-Sayed GO, Shady SH. Effect of dietary active charcoal supplementation on growth performance, biochemical and antioxidant responses, and resistance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) to environmental heavy metals exposure. *Aquaculture*. 2017;479:17-24. doi: 10.1016/j.aquaculture.2017.05.016
8. Aderolu AZ, Lawal MO, Adesola TT. Effects of graded activated charcoal in rice husk diets for mud catfish, *Clarias gariepinus* juveniles (Teleostei: Clariidae). *Iranian Journal of Ichthyology*. 2016;3(3):203-209. doi: 10.7508/iji.2016
9. Al-Azzawi M, Bowtell L, Hancock K, Preston S. Addition of activated carbon into a cattle diet to mitigate GHG emissions and improve production. *Sustainability*. 2021;13(15):8254. doi: 10.3390/su13158254
10. Amjad M, Hussain SM, Ali S, Rizwan M, Al-Ghanim KA, Yong JWH. Effectiveness of feeding different biochars on growth, digestibility, body composition, hematology and mineral status of the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Sci Rep*. 2024;14(1):13526. doi: 10.1038/s41598-024-63463-4
11. Coughlin DJ, Wilson LT, Kwon ES, Travitz LS. Thermal acclimation of rainbow trout myotomal muscle, can trout acclimate to a warming environment? *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol*. 2020;245:110702. doi: 10.1016/j.cbpa.2020.110702
12. González JD, Silva-Marrero JI, Metón I, Caballero-Solares A, Viegas I, Fernández F, Miñarro M, Fàbregas A, Ticó JR, Jones JG, Baanante IV. Chitosan-mediated shRNA knockdown of cytosolic alanine aminotransferase improves hepatic carbohydrate metabolism. *Marine Biotechnology*. 2016;18(1):85-97. doi: 10.1007/s10126-015-9670-8
13. Hassaan MS, Soltan MA, Mohammady EY, Elashry MA, El-Haroun ER, Davies SJ. Growth and physiological responses of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* fed dietary fermented sunflower meal inoculated with *Saccharomyces cerevisiae* and *Bacillus subtilis*. *Aquaculture*. 2018;495:592-601. doi: 10.1016/j.aquaculture.2018.06.018
14. Hien NN, Dung NNX, Manh LH, Le Minh BT. Effects of biochar inclusion in feed and chicken litter on growth performance, plasma lipids and fecal bacteria count of Noi lai chicken. *Livest Res Rural Dev*. 2018;30(7):131.

15. Joseph S, Husson O, Graber E, Van Zwieten L, Taherymoosavi S, Thomas T, Nielsen S, Ye J, Pan G, Chia C, Munroe P, Allen J, Lin Y, Fan X, Donne S. The electrochemical properties of biochars and how they affect soil redox properties and processes. *Agronomy*. 2015;5(3):322-340. doi: 10.3390/agronomy5030322
16. Juurlink DN. Activated charcoal for acute overdose: a reappraisal. *Br J Clin Pharmacol*. 2016;81(3):482-487. doi: 10.1111/bcp.12793
17. Kalus K, Konkol D, Korczyński M, Koziel JA, Opaliński S. Laying hens biochar diet supplementation—Effect on performance, excreta N content, NH₃ and VOCs emissions, egg traits and egg consumers acceptance. *Agriculture*. 2020;10(6):237. doi: 10.3390/agriculture10060237
18. Kesbic OS, Acar U, Hassaan MS, Yilmaz S, Guerrero MC, Fazio F. Effects of tomato paste by-product extract on growth performance and blood parameters in common carp (*Cyprinus carpio*). *Animals (Basel)*. 2022;12(23):3387. doi: 10.3390/ani12233387
19. Khalid MA, Hussain SM, Mahboob S, Al-Ghanim KA, Riaz MN. Biochar as a feed supplement for nutrient digestibility and growth performance of *Catla catla* fingerlings. *Saudi J Biol Sci*. 2022;29(12):103453. doi: 10.1016/j.sjbs.2022.103453
20. Mabe LT, Su S, Tang D, Zhu W, Wang S, Dong Z. The effect of dietary bamboo charcoal supplementation on growth and serum biochemical parameters of juvenile common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Aquaculture Research*. 2018;49(3):1142-1152. doi: 10.1111/are.13564
21. Michael FR, Saleh NE, Shalaby SM, Sakr EM, Abd-El-Khalek DE, Abd Elmonem AI. Effect of different dietary levels of commercial wood charcoal on growth, body composition and environmental loading of red tilapia hybrid. *Aquaculture Nutrition*. 2017;23(1):210-216. doi: 10.1111/anu.12385
22. Mirheidari A, Torbatinejad NM, Shakeri P, Mokhtarpour A. Effects of biochar produced from different biomass sources on digestibility, ruminal fermentation, microbial protein synthesis and growth performance of male lambs. *Small Ruminant Research*. 2020;183:106042. doi: 10.1016/j.smallrumres.2019.106042
23. Quin P, Joseph S, Husson O, Donne S, Mitchell D, Munroe P, Phelan D, Cowie A, Van Zwieten L. Lowering N₂O emissions from soils using eucalypt biochar: the importance of redox reactions. *Scientific Reports*. 2015;5(1):16773. doi: 10.1038/srep16773
24. Rashidi N, Khatibjoo A, Taherpour K, Akbari-Gharae M, Shirzadi H. Effects of licorice extract, probiotic, toxin binder and poultry litter biochar on performance, immune function, blood indices and liver histopathology of broilers exposed to aflatoxin-B₁. *Poult Sci*. 2020;99(11):5896-5906. doi: 10.1016/j.psj.2020.08.034
25. Samadaii S, Bahrekazemi M. The effect of diets containing different levels of active charcoal on growth performance, body composition, haematological parameters and possibility of heavy metals detoxification in big sturgeon (*Huso huso*). *Aquaculture Research*. 2019;51(1):91-101. doi: 10.1111/are.14350
26. Schmidt HP, Hagemann N, Draper K, Kammann C. The use of biochar in animal feeding. *PeerJ*. 2019;7(15):e7373. doi: 10.7717/peerj.7373
27. Schubert DC, Chuppava B, Witte F, Terjung N, Visscher C. Effect of two different biochars as a component of compound feed on nutrient digestibility and performance parameters in growing pigs. *Front. Vet. Sci*. 2021;2: 633958. doi: 10.3389/fanim.2021.633958
28. Thaib A, Handayani L, Hanum A, Nurhayati N, Syahputra F. Evaluating the addition of starry triggerfish (*Abalistes stellaris*) bone charcoal as a feed supplement to the growth performance and intestinal villi length of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Depik*. 2021;10(2):194-200. doi: 10.13170/depik.10.2.20367
29. Xu M, Wang T, Wang J, Wan W, Wang Z, Guan D, Sun H. An evaluation of mixed plant protein in the diet of Yellow River carp (*Cyprinus carpio*): growth, body composition, biochemical parameters, and growth hormone/insulin-like growth factor 1. *Fish Physiol Biochem*. 2019;45(4):1331-1342. doi: 10.1007/s10695-019-00641-6

Информация об авторе:

Олег Владимирович Иньшин, аспирант 2 года обучения, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8-987-793-88-70.

Елена Петровна Мирошникова, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой «Биотехнология животного сырья и аквакультуры», Оренбургский государственный университет, 460018, г. Оренбург, пр. Победы 13, тел.: 8-987-862-98-86.

Азамат Ерсаинович Аринжанов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, кафедра «Биотехнология животного сырья и аквакультуры», Оренбургский государственный университет, 460018, г. Оренбург, пр. Победы 13, тел.: 8-922-806-33-43.

Information about the authors:

Oleg V Inshin, Postgraduate student of 2 year of study, Federal Research Centre for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, 9 Yanvarya St., Orenburg, 460000, tel: 8-987-793-88-70.

Elena P Miroshnikova, Dr. Sci. (Biology), Professor, Head of the Department of Biotechnology of Animal Raw Materials and Aquaculture, Orenburg State University, 13 Pobedy Ave, Orenburg, 460018, tel.: 8-987-862-98-86.

Azamat E Arinzhanov, Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor, Department of Biotechnology of Animal Raw Materials and Aquaculture, Orenburg State University, 13 Pobedy Ave, Orenburg, 460018, tel.: 8-922-806-33-43.

Статья поступила в редакцию 05.02.2025; одобрена после рецензирования 07.05.2025; принята к публикации 16.06.2025.

The article was submitted 05.02.2025; approved after reviewing 07.05.2025; accepted for publication 16.06.2025.