

Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, №. 1. С. 147-160.  
Animal Husbandry and Fodder Production. 2024. Vol. 107, no. 1. P. 147-160.

Научная статья  
УДК 639.3.043:577.17:591.11  
doi:10.33284/2658-3135-107-1-147

**Биологическое действие активированного угля в качестве кормовой добавки на организм радужной форели**

**Олег Владимирович Иньшин<sup>1</sup>, Елена Петровна Мирошникова<sup>2</sup>, Азамат Ерсайнович Аринжанов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия

<sup>2,3</sup>Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

<sup>1</sup>oleg0\_0\_0@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5200-4298>

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

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

**Аннотация.** В статье описаны результаты исследований по изучению воздействия дополнительного включения в рацион радужной форели активированного угля (АУ) в следующих дозировках: I опытная группа – 1 г/кг корма, II – 2 г/кг и III опытная группа – 3 г/кг. Включение в комбикорм дозировок активированного угля в количестве 1 и 3 г/кг комбикорма оказали положительное влияние на начальных стадиях выращивания товарной форели. Установлено, что при введении АУ в дозе 2 г/кг корма продуктивность роста рыбы повышается относительно контрольной группы на 19,5 %. Дополнительное включение АУ в рацион форели не оказало негативного влияния на морфологические показатели крови, но при этом отмечено снижение концентрации эритроцитов в опытных группах на 35,8 %. Во II опытной группе установлено повышение уровня тромбоцитов и тромбокрита на 138 % и 100 % соответственно относительно контрольных значений. Включение АУ в рацион радужной форели оказало влияние на биохимические показатели крови рыб. В I опытной группе зафиксировано достоверное увеличение общего белка на 56,67 % ( $P \leq 0,05$ ), альбумина – на 35,33 % ( $P \leq 0,01$ ), холестерина – на 52 %. Во II опытной группе установлено снижение аланинаминотрансферазы (АЛТ) на 39 % и аспаратаминотрансферазы (АСТ) на 39,4 % ( $P \leq 0,05$ ), триглицеридов – на 78,2 % ( $P \leq 0,05$ ). В III опытной группе отмечено увеличение билирубина общего на 78,57 % ( $P \leq 0,01$ ) и мочевины – на 36,36 % ( $P \leq 0,05$ ) относительно контроля. При этом уровень глюкозы и АЛТ снизился по сравнению с контролем на 30,8 % ( $P \leq 0,05$ ) и 59,9 % ( $P \leq 0,05$ ) соответственно.

**Ключевые слова:** аквакультура, рыба, форель, кормление рыб, кормовые добавки, морфологические показатели крови, биохимические показатели крови, минеральный состав крови, кормовая угольная добавка, активированный уголь

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

**Для цитирования.** Иньшин О.В., Мирошникова Е.П., Аринжанов А.Е. Биологическое действие активированного угля в качестве кормовой добавки на организм радужной форели // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 1. С. 147-160. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-1-147>

Original article

**Biological effect of activated carbon as a feed additive on the organism of rainbow trout**

**Oleg V Inshin<sup>1</sup>, Elena P Miroshnikova<sup>2</sup>, Azamat E Arinzhanov<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

<sup>2,3</sup>Orenburg State University, Orenburg, Russia

<sup>1</sup>oleg0\_0\_0@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5200-4298>

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

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

**Abstract.** The article describes the results of studies on the impact of additional inclusion of activated carbon (AC) in the diet of rainbow trout in the following dosages: I experimental group – 1 g/kg, II experimental group – 2 g/kg and III experimental group – 3 g/kg of feed. The inclusion of activated carbon dosages of 1 and 3 g/kg of feed had a positive effect on the initial stages of commercial trout growth. It was found that the introduction of AC at a dose of 2 g/kg of feed increased fish growth productivity by 19.5% compared to the control group. Additional inclusion of AC in the diet of trout did not have a negative effect on the morphological parameters of blood, but at the same time there was a decrease in the concentration of erythrocytes in the experimental groups by 35.8%. In II experimental group, platelet and thrombocrit levels increased by 138% and 100%, respectively, compared to control values. Inclusion of AC in the diet of rainbow trout affected the biochemical parameters of fish blood. In I experimental group there was recorded a significant increase in total protein by 56.67% ( $P \leq 0.05$ ), albumin - by 35.33% ( $P \leq 0.01$ ), cholesterol - by 52%. In II experimental group there was a decrease in alanine aminotransferase (ALT) by 39% and aspartate aminotransferase (AST) by 39.4% ( $P \leq 0.05$ ), triglycerides - by 78.2% ( $P \leq 0.05$ ). In III experimental group there was an increase in total bilirubin by 78.57% ( $P \leq 0.01$ ) and urea - by 36.36% ( $P \leq 0.05$ ) relative to control. At the same time the level of glucose and ALT decreased by 30.8% ( $P \leq 0.05$ ) and 59.9% ( $P \leq 0.05$ ), respectively, in comparison with the control.

**Keywords:** aquaculture, fish, trout, fish feeding, feed additives, morphological blood parameters, biochemical blood parameters, blood mineral composition, feed carbon additive, activated carbon

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

**For citation:** Inshin OV, Miroshnikova EP, Arinzhanov AE. Biological effect of activated carbon as a feed additive on the organism of rainbow trout. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024; 107(1):147-160. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-1-147>

**Введение.**

Аквакультура является одной из основных ведущих отраслей агропромышленности в РФ (Тимонина Е.А., 2021). С 2006 года она была включена в приоритетный национальный проект «Развитие АПК» как направление сельскохозяйственной деятельности. С этого времени в РФ началось усиленное развитие данного сектора сельского хозяйства (Аварский Н.Д. и др., 2020; Куликова О.В., 2022). Развитие аквакультуры соответствует постановлению Правительства Российской Федерации от 15.04.2014 г. № 314 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие рыбохозяйственного комплекса».

Раннее считалось, что сбалансированные по составу корма способны обеспечить животных всеми питательными веществами (Yang Z et al., 2021), но современные исследования говорят о том, что корма могут быть загрязнены токсинами, которые способны значительно снизить эффективность производства продукции (Patriarca A, 2017). Кроме того, в XX веке в кормопроизводстве активно использовали антибиотики (Forgetta V et al., 2012), которые способствовали появлению антибиотикорезистентности и накоплению остатков препаратов в окружающей среде и в организме животных и людей (Gonzalez Ronquillo M and Angeles Hernandez JC, 2017; Yang Q et al., 2021).

Кормовые антибиотики применяют в аквакультуре для повышения эффективности производства (Lin J, 2014). Они способствуют лечению и профилактике различных заболеваний. Их использование позволяет увеличить темпы роста животных и сохранить их поголовье. Основным и главным негативным последствием такой практики учёные считают аккумуляцию антибиотиков в тканях и органах рыб (Gonzalez Ronquillo M and Angeles Hernandez JC, 2017). При систематическом употреблении такой продукции в пищу, человек сам становится биоаккумулятором антибиотиков. Очевидно, что такое явление негативно отражается на иммунитете и здоровье в целом. Систематическое употребление рыбы, выращенной с помощью таких препаратов, приводит к отрицательным последствиям для человеческого организма. Прежде всего опасна антибиотикорезистентность к препаратам терапевтического действия (Simakova IV et al., 2021).

Перечисленные факторы мотивируют исследователей к активному поиску новых эффективных препаратов, способных повысить продуктивность животных без вреда для здоровья (Bhatti SA et al., 2021).

В настоящее время одной из новых тенденций в кормлении животных является использование различных сорбентов, в частности активированного угля (АУ). Анализ научной информации показывает, что использование АУ в кормлении улучшает пищеварение, показатели крови, адсорбцию токсинов, а также эффективность использования корма. Доказано, что активированный уголь способен поглощать микотоксины из корма (Burchacka E et al., 2021) и улучшать показатели роста бройлеров (Oso AO et al., 2014). Исследования на птицах и млекопитающих демонстрируют способность АУ повышать иммунитет (Khatoon A et al., 2018; Bhatti SA et al., 2021).

#### **Цель исследования.**

Изучить влияние различных дозировок активированного угля на динамику роста и морфобиохимический состав крови радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*).

#### **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 «Ирикля – рыба» (п. Энергетик д. 118, Новоорский р-н, Оренбургская область, Россия) в 2023 году.

Методом пар-аналогов были отобраны 400 рыб ( $m=330$  г) и сформированы четыре группы ( $n=100$ ), которые в течение первых 7 суток (подготовительный период) получали основной рацион (ОР). Затем группы были переведены на учётный период (8-100 суток), в рамках которого рыбам в ОР дополнительно вводили АУ: I опытная группа – ОР+АУ (1 г/кг корма), II опытная группа – ОР+АУ (2 г/кг корма), III опытная группа – ОР+АУ (3 г/кг корма). Контрольная группа получала ОР без АУ.

Корма опытных групп готовили, используя метод напыления кормовых добавок на гранулы комбикорма. В качестве ОР использовали экструдированный корм «Форель 42/20 А50» («ЛимКорм Aqua», Россия). Суточная норма кормления – 1,6 % от массы тела рыб в соответствии с технологией выращивания. Рыбу кормили в светлое время суток 5 раз в день.

Контроль над ростом годовиков проводился утром до кормления еженедельно ( $\pm 1$  г) (Мирошникова Е.П. и др., 2022).

**Оборудование и технические средства.** Морфологические и биохимические показатели крови оценивались в ЦКП БСТ РАН (<https://цкп-бст.рф/>) по стандартным методикам с помощью автоматического гематологического анализатора URIT-2900 Vet Plus, («URIT Medical 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 (М) ± стандартная ошибка среднего (m). Определение достоверности различий определяли по t-критерию Стьюдента. Достоверными считали результаты при  $P \leq 0,05$ .

### Результаты исследования.

В ходе исследований установлено, что кормовая добавка (АУ) влияет на выживаемость рыбы. Выживаемость рыбы в опытных группах составила 97 %, что было выше контрольной группы на 7 %. Добавление АУ в рацион не повлияло на реакцию рыбы на кормление, весь корм поедался активно, рыба четко реагировала на внешние раздражители.

Включение в экструдированный корм АУ в установленных дозировках оказало влияние на скорость роста живой массы рыбы (рис. 1). Динамика живой массы рыбы активно повышалась в первые 20 дней эксперимента. По окончании второй декады разница I, II и III опытных групп по сравнению с контрольной составила 8 % ( $P \leq 0,05$ ); 11,2 % ( $P \leq 0,05$ ) и 13,1 % ( $P \leq 0,05$ ) соответственно.

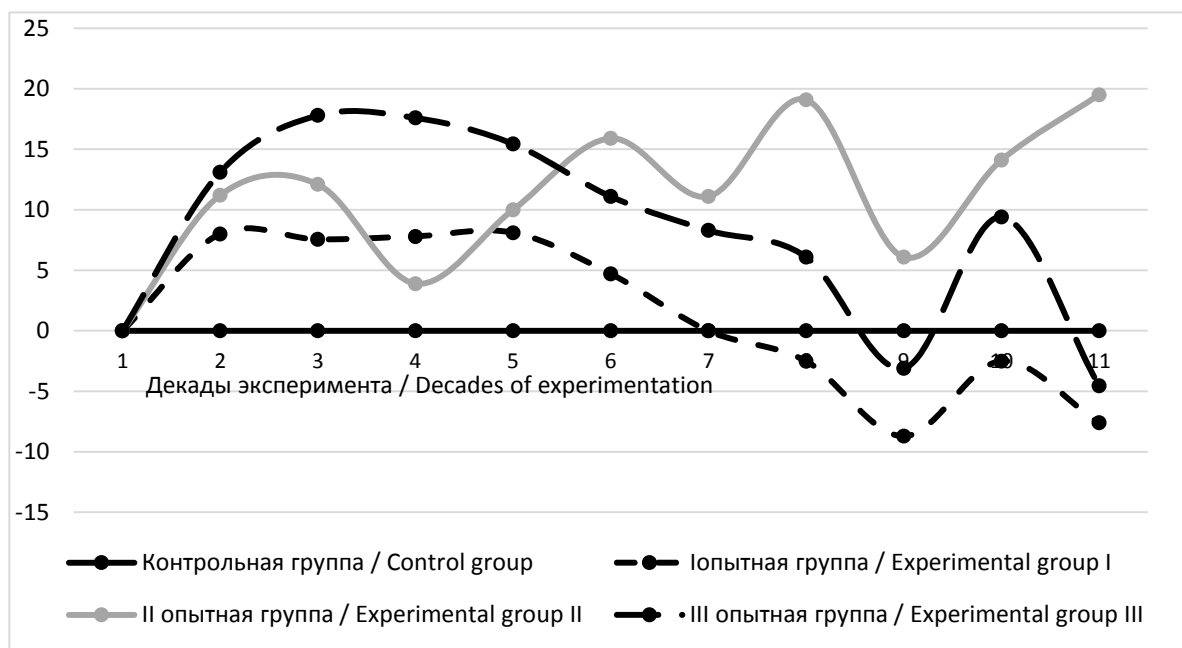


Рисунок 1. Динамика живой массы форели в опытных группах по сравнению с контрольной, %  
Figure 1. Dynamics of live weight of trout in the experimental groups compared with the control group, %

В период 2-7 декад опытные группы также опережали контрольную в скорости роста. Максимальная живая масса на конец испытательного периода зафиксирована во II опытной группе – средняя масса форели была выше контроля на 19,5 % ( $P \leq 0,05$ ). В I опытной группе в это же время отмечено снижение массы на 7,5 % ( $P \leq 0,05$ ) по сравнению с контролем. В III опытной группе было установлено повышение массы на 9,5 % ( $P \leq 0,05$ ) до 10-й декады эксперимента, затем масса рыбы оказалась ниже массы рыбы контрольной группы на 4,5 % ( $P \leq 0,05$ ).

В группах, потреблявших АУ, зарегистрирован более низкий уровень эритроцитов в сравнении с контрольной группой – на 35,8 % (табл. 1).

Таблица 1. Морфологические показатели крови радужной форели  
Table 1. Morphological parameters of blood in rainbow trout

| Показатели / Indicators                                                            | Группа / Group    |              |             |            |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------|-------------|------------|
|                                                                                    | контроль /control | I            | II          | III        |
| Эритроциты, $10^{12}/л$ /<br><i>Erythrocyte, <math>10^{12}/l</math></i>            | 0,14±0,08         | 0,09±0,05    | 0,09±0,05   | 0,09±0,05  |
| Тромбоциты, $10^9/л$ /<br><i>Thrombocytes, <math>10^9/l</math></i>                 | 35,3±8,08         | 30,3±6,8     | 84,0±13,7** | 63,0±13,9  |
| Средний объем тромбоцитов, Фл<br>/ <i>Mean Platelet Volume, fl</i>                 | 8,13±0,15         | 7,56±0,06    | 8,0±0,3     | 8,33±0,15  |
| Тромбоцит, % / <i>Thrombocrit, %</i>                                               | 0,03±0,01         | 0,03±0,0     | 0,06±0,01*  | 0,05±0,01  |
| Гемоглобин, г/л / <i>Hemoglobin, g/l</i>                                           | 165,33±21,2       | 187,33±22,12 | 162,3±31,3  | 162,6±43,6 |
| Ширина распределения<br>тромбоцитов, % / <i>Platelet<br/>Distribution Width, %</i> | 12,4±0,1          | 11,6±0,06**  | 11,3±0,7    | 12,1±0,35  |

Примечание: \* –  $P \leq 0,05$ ; \*\* –  $P \leq 0,01$  относительно контроля

Note: \* –  $P \leq 0.05$ ; \*\* –  $P \leq 0.01$  relative to control

Количество тромбоцитов во II опытной группе превысило контрольное значение на 138,0 %, что почти в 2,5 раза выше нормы. Так же эти изменения отражаются и в значениях тромбоцрита. Значение тромбоцрита во II опытной группе на 100,0 % опередило показания контрольной группы.

Зафиксировано достоверное снижение ширины распределения тромбоцитов в I опытной группе на 6,5 %.

Включение АУ оказало влияние на биохимические показатели крови рыб (табл. 2).

Таблица 2. Биохимические показатели крови форели  
Table 2. Biochemical blood parameters of trout

| Показатели / Indicators                                                                 | Группа / Group    |              |             |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------|-------------|--------------|
|                                                                                         | контроль /control | I            | II          | III          |
| Глюкоза, ммоль/л<br>/ <i>Glucose, mmol/l</i>                                            | 0,843±0,7         | 0,813±0,88   | 0,813±0,88  | 0,26±0,01*   |
| Общий белок, г/л /<br><i>Total protein, g/l</i>                                         | 35,89±9,96        | 56,23±4,3*   | 37,39± 9,7  | 45,39±6,17   |
| Альбумин, г/л /<br><i>Albumin, g/l</i>                                                  | 16,5±0,5          | 22,33±1,15** | 15,33±3,2   | 19,0±2,0     |
| АЛТ, Ед/л / <i>ALT, U/l</i>                                                             | 48,9±28,8         | 29,33±1,1**  | 19,2±4,4    | 29,3±1,1**   |
| АСТ, Ед/л / <i>AST, U/l</i>                                                             | 193,75±4,65       | 170,56±39,5  | 76,4±18,66* | 186,93±84,58 |
| Билирубин общий,<br>мкмоль/л / <i>Total<br/>bilirubin, <math>\mu\text{mol}/l</math></i> | 4,48±0,3          | 4,14±1,3     | 3,7±0,67    | 8,0±0,73**   |
| Холестерин, ммоль/л /<br><i>Cholesterol, mmol/l</i>                                     | 6,94±0,36         | 10,55±1,16*  | 5,64±1,15   | 8,0±0,73     |
| Триглицериды, ммоль/л<br>/ <i>Triglycerides, mmol/l</i>                                 | 3,94±0,61         | 3,67±0,45    | 0,86±1,35*  | 2,97±0,08    |
| Креатинин, мкмоль/л /<br><i>Creatinine, <math>\mu\text{mol}/l</math></i>                | 9,45±2,35         | 9,93±9,28    | 8,03±4,1    | 8,6±2,2      |
| Мочевина, ммоль/л /<br><i>Urea, mmol/l</i>                                              | 1,8±0,3           | 1,86±0,63    | 2,5±1,15    | 3,83±0,03*   |

Примечание: \* –  $P \leq 0,05$ ; \*\* –  $P \leq 0,01$  относительно контроля

Note: \* –  $P \leq 0.05$ ; \*\* –  $P \leq 0.01$  relative to control

В I опытной группе зафиксировано достоверное увеличение общего белка на 56,7 % ( $P \leq 0,05$ ), альбумина – на 35,3 % ( $P \leq 0,01$ ), холестерина – на 52,0 %.

Для II опытной группы установлено недостоверное понижение аланинаминотрансферазы (АЛТ) на 39,0 % и достоверное понижение уровня триглицеридов – на 78,2 % ( $P \leq 0,05$ ).

В III опытной группе относительно контроля произошло увеличение общего билирубина на 78,6 % ( $P \leq 0,01$ ) и мочевины – на 36,4 % ( $P \leq 0,05$ ). При этом уровень глюкозы и АЛТ снизился по сравнению с контролем на 30,8 % ( $P \leq 0,05$ ) и 59,9 % ( $P \leq 0,05$ ) соответственно.

В таблице 3 представлен минеральный состав крови форели. Увеличение количества железа зафиксировано во всех опытных группах. Так, уровень железа выше контроля на 49,6 % ( $P \leq 0,05$ ), 68,2 % ( $P \leq 0,05$ ) и 135,7 % ( $P \leq 0,01$ ) в I, II и III опытных группах соответственно.

Таблица 3. Минеральный состав крови форели  
Table 3. The mineral composition of blood in trout

| Показатели / <i>Indicators</i>              | Группа / <i>Group</i>     |           |           |           |
|---------------------------------------------|---------------------------|-----------|-----------|-----------|
|                                             | контроль / <i>control</i> | I         | II        | III       |
| Железо, мкмоль/л / <i>Iron, μmol/l</i>      | 7,55±1                    | 11,3±1,2* | 12,7±1,1* | 17,8±1,5* |
| Магний, ммоль/л / <i>Magnesium, mmol/l</i>  | 1,5±0,5                   | 1,67±0,5  | 1,5±0,35  | 1,6±0,34  |
| Фосфор, ммоль/л / <i>Phosphorus, mmol/l</i> | 3,82±0,34                 | 4±0,81    | 3,37±0,22 | 4±0,5     |
| Кальций, ммоль/л / <i>Calcium, mmol/l</i>   | 4±0,03                    | 6,64±2,7  | 3,5±0,8   | 4,2±0,07* |

Примечание: \* –  $P \leq 0,05$  относительно контроля

Note: \* –  $P \leq 0.05$  relative to control

#### Обсуждение полученных результатов.

Отечественными и зарубежными учёными неоднократно устанавливался факт положительного воздействия различных кормовых добавок на рост рыб (Мирошникова Е.П. и др., 2022; Зуева М.С., 2022; Hassan M et al., 2023)

Значительное увеличение выживаемости форели напрямую связано с адсорбцией бактериологических патогенов и их метаболитов активированным углём. Именно поэтому активированный уголь признан одним из наиболее успешных способов предотвращения смертельных последствий перорального приёма токсинов (Hassan M et al., 2023).

Зафиксированный положительный эффект, оказанный на скорость роста живой массы, согласуется с ранее проведёнными исследованиями, в ходе которых обнаружено, что АУ является катализатором поглощения питательных веществ комбикорма молодью гигантских каранкасов (*Caranx ignobilis*). АУ функционирует как бактериальный абсорбент эндотоксина, который сам по себе ингибирует всасывание питательных веществ в кровь. Кроме того, активированному углю свойственно поглощать аммиак, который также является весьма токсичным веществом. Заявлено, что добавление АУ в корм ускоряет регенерацию слизистой оболочки за счёт нейтрализации кишечных болезнетворных бактерий (Firdus F et al., 2021). Также АУ играет роль в снижении поверхностного давления в кишечнике, поглощая и удаляя газы и яды, тем самым делая всасывание питательных веществ более интенсивным (Hai NV, 2015).

Некоторые исследования, проведённые ранее, свидетельствуют о нахождении определённого оптимума в дозировках АУ, включаемого в рацион рыб. Дозировки ниже оптимума и превышающие его способны оказать негативный эффект на продуктивность рыбы, что связано с изменениями структуры фавеолярных клеток желудка при длительном воздействии сорбирующих веществ (Firdus F et al., 2021), что и наблюдали в I и III опытных группах.

Гематологические показатели являются ценной информацией при оценке здоровья рыб и целесообразности применения тех или иных комбикормов, поскольку сама кровь активно подвержена влиянию внутренних и внешних факторов среды (Ma L et al., 2020).

Анализируя полученные в ходе научного эксперимента показатели, следует обратить внимание на недостоверное, но устойчивое снижение эритроцитов во всех трёх опытных группах. Та же зависимость зафиксирована в снижении уровня гемоглобина во II и III опытных группах. В природе такие изменения связаны с сезонными колебаниями температурного режима воды, в которой находится рыба. При повышении температуры воды у форели возникает кислородное голода-

ние и в некоторой степени замедление метаболизма, такие условия приводят к повышению уровня эритроцитов и гемоглобина в крови. В исследуемой ситуации отрицательная динамика этих показателей свидетельствует о снижении количества потребляемого кислорода ввиду того, что применение в кормлении АУ способствует улучшению пищеварения и, соответственно, понижению общего уровня активно потребляемого рыбой кислорода (Schvezov N et al., 2022).

Высокий уровень развития клеточного иммунитета на фоне действия АУ подтверждает повышение количества тромбоцитов во II и III опытных группах (Ахметова В.В. и Васина С.Б., 2015).

Влияние традиционных и новых биотехнологий на организм рыбы можно оценивать по биохимическим показателям, которые способны охарактеризовать протекающие внутриорганизменные реакции (Ганжа Е.В., 2012).

В I опытной группе наблюдалось достоверное увеличение общего белка на 56,67 % ( $P \leq 0,05$ ), альбумина – на 35,33 % ( $P \leq 0,01$ ), холестерина – на 52 %. Альбумин в крови взаимодействует напрямую с общим белком, который связан с усилением биосинтеза белка в печени и ответом врождённого иммунитета (Gharaei A et al., 2020). Чаще всего увеличение количества общего белка у рыб связано с отсутствием дисфункции печени (Ni M et al., 2021). В данном случае можно предположить, что АУ оказывает гепатопротекторный эффект, снимая функциональную нагрузку с клеток печени.

В ходе проведения исследований было установлено, что уровень глюкозы в III опытной группе повысился на 30,8 % ( $P \leq 0,05$ ) по сравнению с контролем. Уровень глюкозы является маркером физиологического стресса у животных. Изменение уровня глюкозы может указывать на незначительный стресс у рыбы (Ахметова В.В. и Васина С.Б., 2015; Kesbic OS et al., 2022), но в данном случае уровень гликемии соответствует потребностям эритроцитов, поскольку их уровень в III группе такой же, как и в других опытных и соответствует физиологической норме (Лыкасова И.А. и Макарова Г.П., 2019).

Уровни количества АЛТ и АСТ являются важными показателями в диагностике функций пищеварения и целостности печени (Килякова Ю.В. и др., 2022). В данном случае видно, что АУ способствует снижению АЛТ и АСТ на 39,4 % ( $P \leq 0,01$ ) и 39% ( $P \leq 0,01$ ) в I и III группах соответственно. Если повышение уровня АЛТ и АСТ в крови рыб является своеобразным индикатором загрязнённости воды (Singh J and Gaikwad DS, 2020), то снижение может быть связано с повышением активности ключевых ферментов гликолиза и белкового обмена (Мингазова М.С. и др., 2023). Понижение активности этих показателей может способствовать улучшению использования углеводов при получении энергии, снижать белковый катаболизм, усилить иммунные функции печени даже при воздействии высокотоксичных веществ (González JD et al., 2016; Kesbic OS et al., 2022).

Снижение активности АЛТ и АСТ в I и II группах может говорить о гепатопротекторном характере действия изучаемого препарата (Килякова Ю.В. и др., 2022).

Изменение уровня триглицеридов во II группе при включении в рацион указывает на замедление липидного обмена у рыб, что может быть связано с сезонным повышением температуры воды (Hassaan MS et al., 2018).

Показатель уровня мочевины в крови не является основным показателем почечной дисфункции, но имеет важное значение (Xu M et al., 2019). В крови III опытной группы зафиксировано достоверное увеличение уровня мочевины на 112 %, что выходит за пределы физиологической нормы. Повышение уровня мочевины в крови является одним из регуляторных механизмов поддержания положительного азотного баланса в организме рыб, она уменьшает токсическое влияние аммиака на ткани и органы (Xu M et al., 2019).

Повышение билирубина в III опытной группе на 78,5 % может говорить об увеличении показателей при интенсивном росте рыб (Ахметова В.В. и Васина С.Б., 2015).

В ходе исследований образцов биоматериала зафиксированы достоверные различия в сравнении с контрольными показателями по минеральному составу крови форели. Во всех опытных группах зарегистрировано повышение уровня железа и в III группе – кальция. Активированный уголь имеет высокий уровень железа, что объясняет его высокое содержание в крови. Железо вы-

полняет функцию окислительно-восстановительного колеса в пищеварительном тракте. Оно действует в качестве акцептора и донатора электронов, напрямую связывая различные биотические и абиотические окислительно-восстановительные реакции (Joseph S et al., 2015; Quin P et al., 2015). Таким образом, активированный уголь усиливает интенсивность окислительно-восстановительных процессов в пищеварительной системе рыб.

### Заключение.

Применение активированного угля в дозировке 2 г/кг корма в кормлении радужной форели способствует увеличению темпов роста живой массы рыбы. Установлено, что АУ оказал положительное воздействие на морфологический состав крови рыб.

### Список источников

1. Аринжанова М.С. Ультрадисперсные препараты металлов-микроэлементов: опыт использования и перспективы применения в аквакультуре // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105. № 1. С. 8-30. [Arinzhanova MS. Ultrafine preparations of trace metals: experience of use and prospects for use in aquaculture (review). *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022;105(1):8-30. (*In Russ.*)] doi: 10.33284/2658-3135-105-1-8
2. Ахметова В.В., Васина С.Б. Оценка морфологической и биохимической картины крови карповых рыб, выращиваемых в ООО «Рыбхоз» Ульяновского района Ульяновской области // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 3(31). С. 53-58. [Akhmetova VV, Vasina SB. Assessment of morphological and biochemical blood picture of carps grown in LLC "Fish Farm" in Ulyanovsk district of Ulyanovsk region. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2015;3(31):53-58. (*In Russ.*)] doi: 10.18286/1816-4501-3-53-58
3. 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
4. Влияние пробиотических препаратов на рост и развитие сеголетков карпа / Е.П. Мирошникова, А.Е. Аринжанов, Ю.В. Килякова, М.С. Зуева // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: сб. материалов Всерос. науч.-метод. конф., (г. Оренбург, 26-27 янв. 2022 г.). Оренбург: ОГУ, 2022. С. 3509-3513. [Miroshnikova EP, Arinzhanov AE, Kilyakova YuV, Zueva MS. Vliyanie probioticheskikh preparatov na rost i razvitie sегоletkov karpa (Conference proceedings) *Universitetskij kompleks kak regional'nyj centr obrazovaniya, nauki i kul'tury: sb. materialov Vseros. nauch.-metod. konf., (g. Orenburg, 26-27 janv. 2022 g.)*. Orenburg: OGU; 2022:3509-3513. (*In Russ.*)]
5. Влияние ультрадисперсных частиц диоксида кремния на рост и аминокислотный состав печени рыб / М.С. Аринжанова, Е.П. Мирошникова, А.Е. Аринжанов, Ю.В. Килякова // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105. № 2. С. 8-16. [Arinzhanova MS, Miroshnikova EP, Arinzhanov AE, Kilyakova YuV. Influence of ultrafine particles of silicon dioxide on the growth and amino acid composition of fish liver. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022;105(2):8-16. (*In Russ.*)] doi: 10.33284/2658-3135-105-2-8
6. Влияние фитобиотических кормовых добавок на рост и морфобиохимические показатели крови рыб / Ю.В. Килякова, Е.П. Мирошникова, А.Е. Аринжанов, М.С. Аринжанова // Животноводство 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

7. Ганжа Е.В. Физиологическое состояние лососевых рыб при использовании биотехнологий: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2012. 24 с. [Ganzha EV. Fiziologicheskoe sostojanie lososevyh ryb pri ispol'zovanii biotekhnologij: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. Moscow; 2012:24 p. (*In Russ.*)].
8. Зуева М.С. Современный опыт включения биологически активных кормовых добавок в рацион рыб // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105. № 4. С. 146-164. [Zueva MS. Modern experience of including biologically active feed additives in the diet of fish. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022;105(4):146-164. (*In Russ.*)]. doi: 10.33284/2658-3135-105-4-146
9. Куликова О.В. Органическая аквакультура в России: правовые и практические вопросы развития // Аграрное и земельное право. 2022. № 1(205). С. 57-61. [Kulikova OV. Organic aquaculture in Russia: legal and practical issues of development. *Agrarian and Land Law*. 2022;1(205):57-61. (*In Russ.*)]. doi: 10.47643/1815-1329\_2022\_1\_57
10. Лыкасова И.А., Макарова Г.П. Влияние Набиката на морфобиохимические показатели крови карпа чешуйчатого // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2019. № 2(51). С. 90-95. [Lykasova IA, Makarova GP. Impact of nabicate on morphological biochemical parameters of european carp. *Vestnik of NGAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2019;2(51):90-95. (*In Russ.*)]. doi: 10.31677/2072-6724-2019-51-2-90-95
11. Оценка элементного статуса карпа, выращиваемого на рационе с включением пробиотических препаратов / Е.П. Мирошникова, А.Е. Аринжанов, Ю.В. Килякова, М.С. Зуева // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2022. № 1. С. 83-88. [Miroshnikova EP, Arinzhanov AE, Kilyakova YV, Zueva MS. Assessment of the elemental status of carp grown on a diet with the inclusion of probiotic preparations. *Technologies of the Food and Processing Industry of the Agro-Industrial Complex - Healthy Food Products*. 2022;1:83-88. (*In Russ.*)]. doi: 10.24412/2311-6447-2022-1-83-88
12. Развитие товарной аквакультуры в России: состояние и ключевые направления / Н.Д. Аварский, К.В. Колончин, С.Н. Серёгин, О.И. Бетин // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2020. № 8(65). С. 74-90. [Avarskii ND, Kolonchin KV, Seregin SN, Betin OI. Development of commodity aquaculture in Russia: state and key areas. *Economy, Labor, Management in Agriculture*. 2020;8(65):74-90. (*In Russ.*)]. doi: 10.33938/208-74
13. Тимонина Е.А. Перспективы развития аквакультуры в России // Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России: сб. материалов Всерос. (национальной) науч.-практ. конф. молодых ученых, (г. Пенза, 20-21 окт. 2021 г). Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2021. Т. 1. С. 168-170. [Timonina EA. Prospects for the development of aquaculture in Russia (Conference proceedings) *Vklad molodyh uchenykh v innovacionnoe razvitie APK Rossii: sb. materialov Vseros. (nacional'noj) nauch.-prakt. konf. molodyh uchenykh, (g. Penza, 20-21 okt. 2021 g)*. Penza: Penzenskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. 2021;1:168-170. (*In Russ.*)].
14. Bhatti SA, Khan M Z, Saleemi M K, Hassan ZU. Combating immunotoxicity of aflatoxin B1 by dietary carbon supplementation in broiler chickens. *Environ Sci Pollut Res*. 2021;28:49089-49101. doi: 10.1007/s11356-021-14048-5
15. Burchacka E, Pstrowka K, Beran E, Fałtynowicz H, Katarzyna C, Kułczyński M. Antibacterial agents adsorbed on active carbon: a new approach for *S. aureus* and *E. coli* pathogen elimination. *Pathogens*. 2021;10(8):1066. doi: 10.3390/pathogens10081066
16. Firdus F, Samadi S, Muhammadar AA, Sarong MA, Muchlisin ZA, Sari W, Mellisa S, Satria S, Boihaqi B, Batubara AS. Supplementation of rice husk activated charcoal in feed and its effects on growth and histology of the stomach and intestines from giant trevally, *Caranx ignobilis* [version 2; peer review: 2 approved, 1 approved with reservations] *F1000Res*. 2021;9:1274. doi: 10.12688/f1000research.27036.2
17. Forgetta V, Rempel H, Malouin F, Vaillancourt R Jr, Topp E, Dewar K, Diarra MS. Pathogenic and multidrug-resistant *Escherichia fergusonii* from broiler chicken. *Poult Sci*. 2012;91(2):512-525. doi: 10.3382/ps.2011-01738

18. Gharaei A, Khajeh M, Khosravanizadeh A, Mirdar J, Fadaei R. Fluctuation of biochemical, immunological, and antioxidant biomarkers in the blood of beluga (*Huso huso*) under effect of dietary ZnO and chitosan-ZnO NPs. *Fish Physiology and Biochemistry*. 2020;46(2):547-561. doi: 10.1007/s10695-019-00726-2
19. 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
20. Gonzalez Ronquillo M, Angeles Hernandez JC. Antibiotic and synthetic growth promoters in animal diets: review of impact and analytical methods. *Food Control*. 2017;72(Part B):255-267. doi: 10.1016/j.foodcont.2016.03.001
21. Hai NV. The use of probiotics in aquaculture. *Journal of Applied Microbiology*. 2015;119(4):917-935. doi: 10.1111/jam.12886
22. 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
23. Hassan M, Wang Y, Rajput SA, Shaukat A, Yang P, Farooq MZ, Cheng Q, Ali M, Mi X, An Y, Qi D. Ameliorative effects of Luteolin and activated charcoal on growth performance, immunity function, and antioxidant capacity in broiler chickens exposed to deoxynivalenol. *Toxins*. 2023;15(8):478. doi: 10.3390/toxins15080478
24. 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
25. 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
26. Khatoon A, Khan MZ, Abidin ZU, Bhatti SA. Effects of feeding bentonite clay upon ochratoxin A-induced immunosuppression in broiler chicks. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo*. 2018;35(3):538-545. doi: 10.1080/19440049.2017.1411612
27. Lin J. Antibiotic growth promoters enhance animal production by targeting intestinal bile salt hydrolase and its producers. *Frontier Microbiology*. 2014;5:33. doi: 10.3389/fmicb.2014.00033
28. Ma L, Kaneko G, Xie J, Wang G, Li Z, Tian J, Zhang K, Xia Y, Gong W, Li H, Yu E. Safety evaluation of four faba bean extracts used as dietary supplements in grass carp culture based on hematological indices, hepatopancreatic function and nutritional condition. *PeerJ*. 2020;8:e9516. doi: 10.7717/peerj.9516
29. Ni M, Liu M, Lou J, Mi G, Yuan J, Gu Z. Stocking density alters growth performance, serum biochemistry, digestive enzymes, immune response, and muscle quality of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) in in-pond raceway system. *Fish Physiology and Biochemistry*. 2021;47(4):1243-1255. doi: 10.1007/s10695-021-00948-3
30. Oso AO, Akapo O, Sanwo K A, Bamgbose AM. Utilization of unpeeled cassava (*Manihot esculenta* Crantz) root meal supplemented with or without charcoal by broiler chickens. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl.)*. 2014;98:431-438. doi: 10.1111/jpn.12088
31. Patriarca A, Fernández Pinto V. Prevalence of mycotoxins in foods and decontamination. *Current Opinion in Food Science*. 2017;14:50-60. doi: 10.1016/j.cofs.2017.01.011
32. Quin P, Joseph S, Husson O, Donne S, Mitchell D, Munroe P, Phelan D, Cowie A, Van Zwieten L. Lowering N<sub>2</sub>O emissions from soils using eucalypt biochar: the importance of redox reactions. *Scientific Reports*. 2015;5(1):16773. doi: 10.1038/srep16773

33. Schvezov N, Wilson RW, Urbina MA. Oxidative damages and antioxidant defences after feeding a single meal in rainbow trout. *J Comp Physiol B*. 2022 Jul;192(3-4):459-471. doi: 10.1007/s00360-022-01435-8
34. Simakova IV, Vasiliev AA, Korsakov KV, Sivokhina LA, Salautin VV, Gulyaeva LY, Dmitriev NO. Role of humic substances in formation of safety and quality of poultry meat. In: Makan A, editor. *Humic Substances*. UK, London: IntechOpen; 2021; P. 1-17. doi: 10.5772/intechopen.96595
35. Singh J, Gaikwad DS. Phytogenic feed additives in animal nutrition. Singh J, Yadav AN, editors. *Natural bioactive products in sustainable agriculture*. Singapore: Springer; 2020:273-289. doi: 10.1007/978-981-15-3024-1\_13
36. 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
37. Yang Q, Gao Y, Ke J, Show PL, Ge Y, Liu Y, Guo R, Chen J. Antibiotics: An overview on the environmental occurrence, toxicity, degradation, and removal methods. *Bioengineered*. 2021;12(1):7376-7416. doi: 10.1080/21655979.2021.1974657
38. Yang Z, Huang S, Kong W, Chen L, Priakhina E, Khatoon Z, Ashraf M, Akram W. Effects of fish feed addition scenarios with prometryn on *Microcystis aeruginosa* growth and water qualities. *Ecotoxicol Environ Saf*. 2021;209:111810. doi: 10.1016/j.ecoenv.2020.111810

### References

1. Arinzhanova MS. Ultrafine preparations of trace metals: experience of use and prospects for use in aquaculture (review). *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022;105(1):8-30. doi: 10.33284/2658-3135-105-1-8
2. Akhmetova VV, Vasina SB. Assessment of morphological and biochemical blood picture of carps grown in LLC "Fish Farm" in Ulyanovsk district of Ulyanovsk region. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2015;3(31):53-58. doi: 10.18286/1816-4501-3-53-58
3. 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
4. Miroshnikova EP, Arinzhanov AE, Kilyakova YuV, Zueva MS. Effect of probiotic preparations on the growth and development of carp juveniles (Conference proceedings) University complex as a regional center of education, science and culture: Proceedings of the All-Russian scientific-methodical conference, (Orenburg, 26-27 January 2022). Orenburg: OSU; 2022:3509-3513.
5. Arinzhanova MS, Miroshnikova EP, Arinzhanov AE, Kilyakova YuV. Influence of ultrafine particles of silicon dioxide on the growth and amino acid composition of fish liver. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022;105(2):8-16. doi: 10.33284/2658-3135-105-2-8
6. Kilyakova YuV, Miroshnikova EP, Arinzhanov AE, Arinzhanova MS. Influence of phyto-biotic 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
7. Ganzha EV. Physiological state of salmon fishes at use of biotechnologies: thesis of dissertation ... Candidate of Biological Sciences. Moscow; 2012:24 p.
8. Zueva MS. Modern experience of including biologically active feed additives in the diet of fish. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022;105(4):146-164. doi: 10.33284/2658-3135-105-4-146
9. Kulikova OV. Organic aquaculture in Russia: legal and practical issues of development. *Agrarian and Land Law*. 2022;1(205):57-61. doi: 10.47643/1815-1329\_2022\_1\_57
10. Lykasova IA, Makarova GP. Impact of nabicate on morphological biochemical parameters of european carp. *Vestnik of NGAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2019;2(51):90-95. doi: 10.31677/2072-6724-2019-51-2-90-95

11. Miroshnikova EP, Arinzhanov AE, Kilyakova YV, Zueva MS. Assessment of the elemental status of carp grown on a diet with the inclusion of probiotic preparations. Technologies of the Food and Processing Industry of the Agro–Industrial Complex - Healthy Food Products. 2022;1:83-88. doi: 10.24412/2311-6447-2022-1-83-88
12. Avarskii ND, Kolonchin KV, Seregin SN, Betin OI. Development of commodity aquaculture in Russia: state and key areas. Economy, Labor, Management in Agriculture. 2020;8(65):74-90. doi: 10.33938/208-74
13. Timonina EA. Prospects for the development of aquaculture in Russia (Conference proceedings) Contribution of young scientists in the innovative development of agroindustrial complex of Russia: Proceedings of the All-Russian (national) scientific and practical conference of young scientists, (Penza, 20-21 October 2021). Penza: Penza State Agrarian University. 2021;1:168-170.
14. Bhatti SA, Khan M Z, Saleemi M K, Hassan ZU. Combating immunotoxicity of aflatoxin B1 by dietary carbon supplementation in broiler chickens. Environ. Sci. Pollut. Res. 2021;28:49089-49101. doi: 10.1007/s11356-021-14048-5
15. Burchacka E, Pstrowka K, Beran E, Fałtynowicz H, Katarzyna C, Kułczyński M. Antibacterial agents adsorbed on active carbon: a new approach for *S. aureus* and *E. coli* pathogen elimination. Pathogens. 2021;10(8):1066. doi: 10.3390/pathogens10081066
16. Firdus F, Samadi S, Muhammadar AA, Sarong MA, Muchlisin ZA, Sari W, Mellisa S, Satria S, Boihaqi B, Batubara AS. Supplementation of rice husk activated charcoal in feed and its effects on growth and histology of the stomach and intestines from giant trevally, *Caranx ignobilis* [version 2; peer review: 2 approved, 1 approved with reservations] F1000Res. 2021;9:1274. doi: 10.12688/f1000research.27036.2
17. Forgetta V, Rempel H, Malouin F, Vaillancourt R Jr, Topp E, Dewar K, Diarra MS. Pathogenic and multidrug-resistant *Escherichia fergusonii* from broiler chicken. Poult Sci. 2012;91(2):512-525. doi: 10.3382/ps.2011-01738
18. Gharaei A, Khajeh M, Khosravanizadeh A, Mirdar J, Fadaei R. Fluctuation of biochemical, immunological, and antioxidant biomarkers in the blood of beluga (*Huso huso*) under effect of dietary ZnO and chitosan-ZnO NPs. Fish Physiology and Biochemistry. 2020;46(2):547-561. doi: 10.1007/s10695-019-00726-2
19. González JD, Silva-Marrero JJ, 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
20. Gonzalez Ronquillo M, Angeles Hernandez JC. Antibiotic and synthetic growth promoters in animal diets: review of impact and analytical methods. Food Control. 2017;72(Part B):255-267. doi: 10.1016/j.foodcont.2016.03.001
21. Hai NV. The use of probiotics in aquaculture. Journal of Applied Microbiology. 2015;119(4):917-935. doi: 10.1111/jam.12886
22. 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
23. Hassan M, Wang Y, Rajput SA, Shaukat A, Yang P, Farooq MZ, Cheng Q, Ali M, Mi X, An Y, Qi D. Ameliorative effects of Luteolin and activated charcoal on growth performance, immunity function, and antioxidant capacity in broiler chickens exposed to deoxynivalenol. Toxins. 2023;15(8):478. doi: 10.3390/toxins15080478
24. 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

25. Kesbic OS, Acar U, Hassaan MS, Yilmaz S, Guerrera 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
26. Khatoon A, Khan MZ, Abidin ZU, Bhatti SA. Effects of feeding bentonite clay upon ochratoxin A-induced immunosuppression in broiler chicks. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo*. 2018;35(3):538-545. doi: 10.1080/19440049.2017.1411612
27. Lin J. Antibiotic growth promoters enhance animal production by targeting intestinal bile salt hydrolase and its producers. *Frontier Microbiology*. 2014;5:33. doi: 10.3389/fmicb.2014.00033
28. Ma L, Kaneko G, Xie J, Wang G, Li Z, Tian J, Zhang K, Xia Y, Gong W, Li H, Yu E. Safety evaluation of four faba bean extracts used as dietary supplements in grass carp culture based on hematological indices, hepatopancreatic function and nutritional condition. *PeerJ*. 2020;8:e9516. doi: 10.7717/peerj.9516
29. Ni M, Liu M, Lou J, Mi G, Yuan J, Gu Z. Stocking density alters growth performance, serum biochemistry, digestive enzymes, immune response, and muscle quality of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) in in-pond raceway system. *Fish Physiology and Biochemistry*. 2021;47(4):1243-1255. doi: 10.1007/s10695-021-00948-3
30. Oso AO, Akapo O, Sanwo K A, Bamgbose AM. Utilization of unpeeled cassava (*Manihot esculenta* Crantz) root meal supplemented with or without charcoal by broiler chickens. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl.)*. 2014;98:431-438. doi: 10.1111/jpn.12088
31. Patriarca A Fernández Pinto V. Prevalence of mycotoxins in foods and decontamination. *Current Opinion in Food Science*. 2017;14:50-60. doi: 10.1016/j.cofs.2017.01.011
32. Quin P, Joseph S, Husson O, Donne S, Mitchell D, Munroe P, Phelan D, Cowie A, Van Zwieten L. Lowering N<sub>2</sub>O emissions from soils using eucalypt biochar: the importance of redox reactions. *Scientific Reports*. 2015;5(1):16773. doi: 10.1038/srep16773
33. Schvezov N, Wilson RW, Urbina MA. Oxidative damages and antioxidant defences after feeding a single meal in rainbow trout. *J Comp Physiol B*. 2022 Jul;192(3-4):459-471. doi: 10.1007/s00360-022-01435-8
34. Simakova IV, Vasiliev AA, Korsakov KV, Sivokhina LA, Salautin VV, Gulyaeva LY, Dmitriev NO. Role of humic substances in formation of safety and quality of poultry meat. In: Makan A, editor. *Humic Substances*. UK, London: IntechOpen; 2021; P. 1-17. doi: 10.5772/intechopen.96595
35. Singh J, Gaikwad DS. Phytogetic feed additives in animal nutrition. Singh J, Yadav AN, editors. *Natural bioactive products in sustainable agriculture*. Singapore: Springer; 2020:273-289. doi: 10.1007/978-981-15-3024-1\_13
36. 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
37. Yang Q, Gao Y, Ke J, Show PL, Ge Y, Liu Y, Guo R, Chen J. Antibiotics: An overview on the environmental occurrence, toxicity, degradation, and removal methods. *Bioengineered*. 2021;12(1):7376-7416. doi: 10.1080/21655979.2021.1974657
38. Yang Z, Huang S, Kong W, Chen L, Priakhina E, Khatoon Z, Ashraf M, Akram W. Effects of fish feed addition scenarios with prometryn on *Microcystis aeruginosa* growth and water qualities. *Ecotoxicol Environ Saf*. 2021;209:111810. doi: 10.1016/j.ecoenv.2020.111810

#### 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 Ерсанович 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 of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, 9 Yanvarya St., Orenburg, 460000, tel: 8-987-793-88-70.

**Elena P Mirosnikova**, 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 09.01.2024; одобрена после рецензирования 08.02.2024; принята к публикации 18.03.2024.

The article was submitted 09.01.2024; approved after reviewing 08.02.2024; accepted for publication 18.03.2024.