

Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105, № 2. С. 118-129.
Animal Husbandry and Fodder Production. 2022. Vol. 105, no 2. P. 118-129.

ФИЗИОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ

Научная статья
УДК 636.5:577.17
doi:10.33284/2658-3135-105-2-118

Влияние Цамакса и Ветома на биохимические показатели крови и содержание минеральных веществ в организме цыплят-бройлеров

Виктория Владимировна Гречкина^{1,3}, Святослав Валерьевич Лебедев²

^{1,2}Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия

³Оренбургский государственный аграрный университет, Оренбург, Россия

^{1,3}Viktoria1985too@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1159-0531>

²lsv74@list.ru, <https://orcid.org/orcid.org/0000-0001-9485-7010>

Аннотация. Применение в птицеводстве широкого спектра биологически активных добавок приводит к изменению питательной ценности кормов и обменных процессов в организме птицы. В статье приведены данные по изучению биологических эффектов, связанных с включением в рацион цыплят-бройлеров кросса Арбор-Айкрес минерального препарата Цамакса (50 г/кг корма) и пробиотика Ветома (1,5 г/кг корма). По результатам анализа химических элементов в крови и теле цыплят-бройлеров можно сделать заключение, что применение разнонаправленных препаратов приводит к изменению их концентрации в организме за счёт системы антагонизма и синергизма. Цамакс способствует увеличению в крови Mg, Fe, Cr, Cu, Zn, Li, Al и снижению токсичных элементов As, Cd, Hg, Pb и радионуклида Sr. Ветом влияет на всасывание и метаболизм Fe, Ca, P, Mn и Si в крови и теле птицы, а также на обменные процессы, что отражается в биохимических показателях крови, приводя к снижению билирубинового индекса, коэффициенту де Ритиса, мочевины и креатинина. При этом происходит увеличение общего белка, альбумина, глюкозы, триглицеридов и холестерина. Это проявляется в стимуляции основных видов обмена веществ и процессах пищеварения у цыплят-бройлеров.

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, кормление, минеральные вещества, микроэлементы, состав тела, макроэлементы

Благодарности: работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 21-16-00009.

Для цитирования: Гречкина В.В., Лебедев С.В. Влияние Цамакса и Ветома на биохимические показатели крови и содержание минеральных веществ в организме цыплят-бройлеров // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105, № 2. С. 118-129. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-2-118>

PHYSIOLOGY OF ANIMALS

Original article

The effect of Tsamax and Vetom on the biochemical parameters of blood and the mineral content in the body of broiler chickens

Victoria V Grechkina^{1,3}, Svyatoslav V Lebedev²

^{1,2}Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

³Orenburg State Agrarian University, Orenburg, Russia

^{1,3}Viktoria1985too@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1159-0531>

²lsv74@list.ru, <https://orcid.org/orcid.org/0000-0001-9485-7010>

Abstract. The use of a wide range of biologically active additives in poultry farming leads to a change in the nutritional value of feed and metabolic processes in the poultry body. The article presents data on the study of biological effects associated with the inclusion of the mineral preparation Tsamax (50 g/kg of feed) and the probiotic Vetom (1.5 g/kg of feed) in the diet of broiler chickens of the Arbor-Icres cross.

According to the results of the analysis of chemical elements in the blood and body of broiler chickens, it can be concluded that the use of multidirectional drugs leads to a change in their concentration in the body due to the system of antagonism and synergism. Tsamax promotes an increase in Mg, Fe, Cr, Cu, Zn, Li, Al in the blood and a decrease in toxic elements As, Cd, Hg, Pb and Sr radionuclide. Vetom affects the absorption and metabolism of Fe, Ca, P, Mn and Si in the blood and body of poultry, as well as metabolic processes, which is reflected in the biochemical parameters of blood leading to a decrease in the bilirubin index, de Ritis coefficient, urea and creatinine. At the same time, there is an increase in total protein, albumin, glucose, triglycerides and cholesterol. This manifests in the stimulation of the main types of metabolism and digestive processes in broiler chickens.

Keywords: broiler chickens, feeding, mineral substances, trace elements, body composition, macronutrients

Acknowledgments: the work was supported by the Russian Science Foundation, Project № 21-16-00009.

For citation: Grechkina VV, Lebedev SV. The effect of Tsamax and Vetom on the biochemical parameters of blood and the mineral content in the body of broiler chickens. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022;105(2):118-129. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-2-118>

Введение.

В настоящее время помимо основной роли кормления, заключающейся в обеспечении организма питательными веществами для роста и развития птицы, некоторые дополнительные аспекты становятся всё более важными, включая поддержание обмена веществ и противодействие болезням. Балансирование рационов минеральными компонентами, пробиотиками и их соотношения между собой оказывают положительное влияние на здоровье птицы (Мирошников С.А. и др., 2013; Abdollahi MR et al., 2019; Kimiaeitab MV et al., 2018).

Пробиотики, обогащённые микроэлементами, эффективны в профилактике и лечении алиментарных заболеваний у птицы. Это связано как с ферментативным характером микроэlementного обеспечения (в частности, пропионовокислые бактерии синтезируют высокое количество серусодержащих аминокислот: цистеин и метионин, с которыми связываются микроэлементы и переходят в органическую биодоступную форму), так и с тем, что пробиотические микроорганизмы регулируют процессы всасывания микронутриентов в тонком кишечнике и тем самым способствуют более эффективному устранению дисэлементозов в организме (Akbaryan M et al., 2019; Koçer B et al., 2021).

Исследования в области минерального питания показали, что наряду с непосредственным участием минеральных элементов в поддержании гомеостаза и обменных процессах возможно их косвенное влияние на метаболизм через микрофлору. Относительно постоянные и благоприятные условия способствуют интенсивной деятельности микрофлоры в разных отделах пищеварительного тракта. Микрофлора пищеварительного тракта нуждается в тех же группах питательных веществ (включая минеральные элементы), что и макроорганизм, хотя пути их превращения у симбионтов могут быть принципиально иными. Это приводит к улучшению обмена веществ и продуктивности животных и птицы (Фицев А.И. и др., 2003; Шейда Е.В. и др., 2021).

Микроэлементы необходимы для многих биохимических реакций, присутствуют в качестве стабилизирующих компонентов ферментов и белков и участвуют как кофакторы, могут поддерживать стабилизацию клеточных структур на оптимальном уровне, но их недостаточность может вызывать заболевания (Celi P et al., 2017; Li Y et al., 2018). Идентифицируются как жизненно важные питательные вещества, которые необходимы для гомеостаза, регуляции ферментов и функционирования (Holscher HD et al., 2015; Liu B et al., 2018; Zhang J et al., 2020; Grechkina VV et al., 2021).

Цель исследования.

Провести сравнительное изучение биохимических показателей крови и минеральных веществ в организме цыплят-бройлеров под действием минерального Цамакса и пробиотического Ветома.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Цыплята-бройлеры кросса Арбор-Айкрес.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями российских нормативных актов (1987 г.; «Методика проведения научных исследований по кормлению сельскохозяйственной птицы» (2015), Приказ Минздрава СССР № 755 от 12.08 1977 «О мерах по дальнейшему совершенствованию организационных форм работы с использованием экспериментальных животных») и «Guide for the Care and Use of Laboratory Animals» (National Academy Press, Washington, D.C., 1996). При проведении исследований были предприняты меры для обеспечения минимума страданий животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов.

Схема эксперимента. Исследования проведены в ЗАО «Птицефабрика Оренбургская» (www.pfo56.ru). Методом групп-аналогов из 7-суточных цыплят-бройлеров массой 160-180 г сформировали 3 группы. Контрольная птица получала основной рацион (ОР), соответствующий по питательности рекомендациям ВНИИТИП, I опытная группа – ОР+Цамакс (50 г/кг корма) и II опытная группа – ОР+Ветом (1,5 г/кг корма). Продолжительность эксперимента – 28 суток.

Цамакс («Цамакс Интернешнл», г. Москва, Россия) для сельскохозяйственной птицы – ветеринарный препарат в виде кормовой добавки, состоящий из смеси экологически чистых природных минералов – цеолита (клиноптилолита) и серы. В своём составе содержит в легко усвояемой форме весь спектр макро- и микроэлементов, необходимых для нормального обмена веществ.

Ветом («Исследовательский центр», г. Новосибирск, Россия) содержит сухую бакмассу живых спорообразующих бактерий штамма *Bacillus subtilis* DSM 32424, а также вспомогательные вещества – сахарную пудру и крахмал, пробиотик. В 1 г препарата содержится живых микробных клеток бактерий *Bacillus subtilis* не менее 1×10^6 КОЕ (колониеобразующих единиц).

Кормление осуществлялось 2 раза в сутки, учёт кормов – ежесуточно. Микроклимат в помещении соответствовал ОНТП-4-88. Контроль над ростом особей осуществлялся еженедельно путём взвешивания каждой головы утром до кормления. Изучение обмена веществ и питательной ценности рационов проводилось в процессе балансовых опытов по методикам ВНИИТИП (Егоров И.А. и др., 2016).

Оборудование и технические средства. Исследования выполнены в ЦКП БСТ РАН <http://цкп-бст.рф>. Для оценки элементного состава проведена анатомическая разделка тушек с последующим измельчением и озолением Multiwave 3000 («Anton Paar», Австрия). Макро- и микроэлементный анализ исследовали методами атомно-эмиссионной спектроскопии Optima 2000 V («Perkin Elmer», США) и масс-спектрометрии Elan 9000 («Perkin Elmer», США). Исследования сыворотки крови проводились на автоматическом анализаторе CS-T240 («DIRUI Industrial Co., Ltd», Китай) с использованием коммерческих наборов для ветеринарии ДиаВетТест (Россия) и Randox Laboratories Limited (United Kingdom).

Статистическая обработка. Основные данные были подвергнуты статистической обработке с помощью офисного программного комплекса «Microsoft Office» с применением программы «Excel» («Microsoft», США) с обработкой данных в «Statistica 10.0» («Stat Soft Inc.», США). Достоверность различий сравниваемых показателей определяли по t-критерию Стьюдента. Достоверными считали значения при $P \leq 0,05$.

Результаты исследований.

Биохимический анализ сыворотки крови показал изменения, происходящие в организме цыплят под действием препаратов. Уровень общего белка и альбумина увеличился в I опытной группе на 34,39 и 40,39 %, II опытной – 41,92 и 46,16 % соответственно относительно контрольной птицы. Концентрация глюкозы возросла в I (39,9 %) и II (31,74 %) группах по сравнению с контролем.

В исследованиях макроэлементов соотношение Ca/P составило у контрольной группы 4,08, I опытной – 4,29 ($P \leq 0,05$), II опытной – 4,20. Увеличение уровня магния было зафиксировано в I опытной группе птицы 1,59 ммоль/л, что выше контрольных значений на 11,19 % и 4,69 % ($P \leq 0,05$) – во II опытной (рис. 1).

При измерении уровня минеральных веществ в сыворотке крови экспериментальной птицы были обнаружены значимые различия в содержании уровня железа. I опытная группа цыплят превосходила на 9,11 % ($P \leq 0,05$) птицу II опытной группы и 30,07 % ($P \leq 0,05$) – контроль.

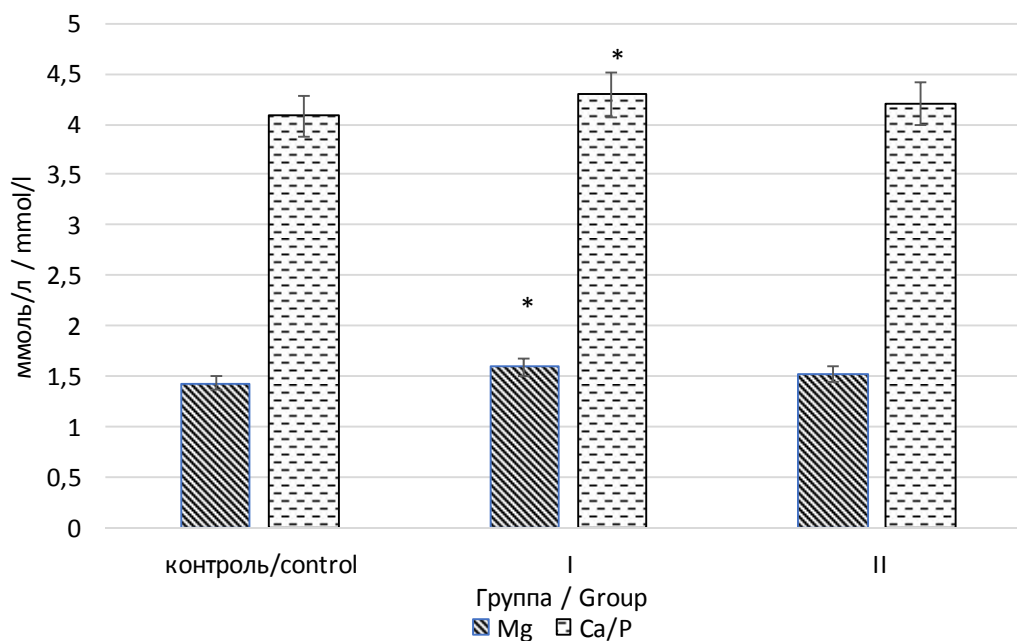


Рис. 1 – Содержание макроэлементов в сыворотке крови цыплят-бройлеров, $P \leq 0,05$

Figure 1 – The content of macronutrients in the blood serum of broiler chickens, $P \leq 0,05$

Примечание: * – различия с контролем достоверны при $P \leq 0,05$

Note: * – differences with control are significant at $P \leq 0.05$

Показатели жирового обмена находились в пределах физиологической нормы. При этом у птицы II опытной группы концентрация триглицеридов и холестерина увеличилась на 16,72 и 9,65 % ($P \leq 0,05$) относительно птицы I опытной группы, получавшей дополнительно Цамакс. Соотношение АСТ/АЛТ используется для оценки различных причин заболеваний печени, нарушения функции почек, сердечного напряжения и воспаления (рис. 2).

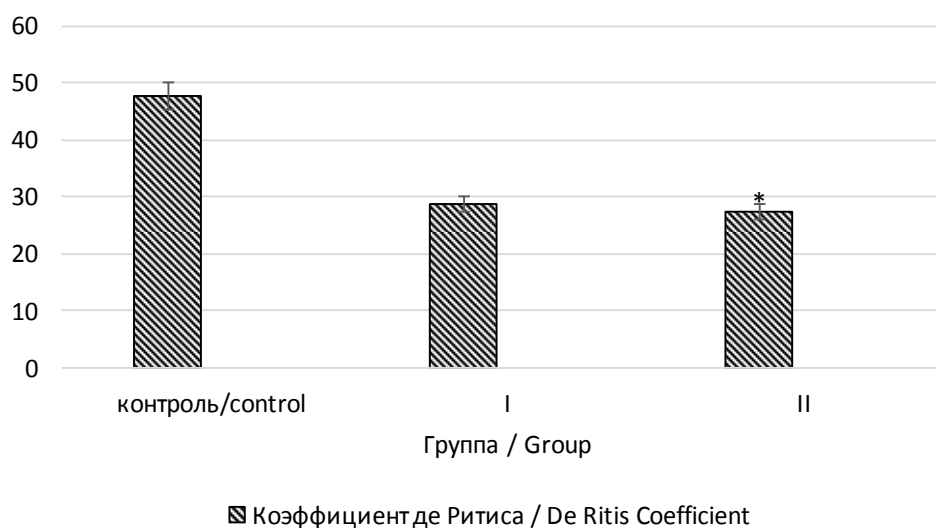


Рис. 2 – Коэффициент де Ритиса в сыворотке крови цыплят-бройлеров, $P \leq 0,05$

Figure 2 – De Ritis coefficient in blood serum of broiler chickens, $P \leq 0,05$

Примечание: * – различия с контролем достоверны при $P \leq 0,05$

Note: * – differences with control are significant at $P \leq 0.05$

Коэффициент де Ритиса в опытных группах снижался по сравнению с контрольной группой цыплят: в I – 39,93 %, II – 42,74 % ($P \leq 0,05$). Введение в рацион препаратов Цамакс и Ветом привело к снижению билирубинового индекса в I опытной (29,14 %) и II опытной (31,13 %) по сравнению с контролем. Изменения билирубинового индекса отразились на показателях креатинина и мочевины, они снизились по сравнению с контрольными значениями в I опытной группе на 21,42 и 18,74 %, во II опытной группе – 33,78 и 24,12 % ($P \leq 0,05$) соответственно.

Проведя анализ накопления токсичных элементов в крови, было установлено, что уровень As (66,67 %), Cd (87,50 %), Hg (75,02 %) и Pb (55,56 %) ($P \leq 0,05$) снижался в I опытной группе цыплят по сравнению с контрольной группой (рис. 3).

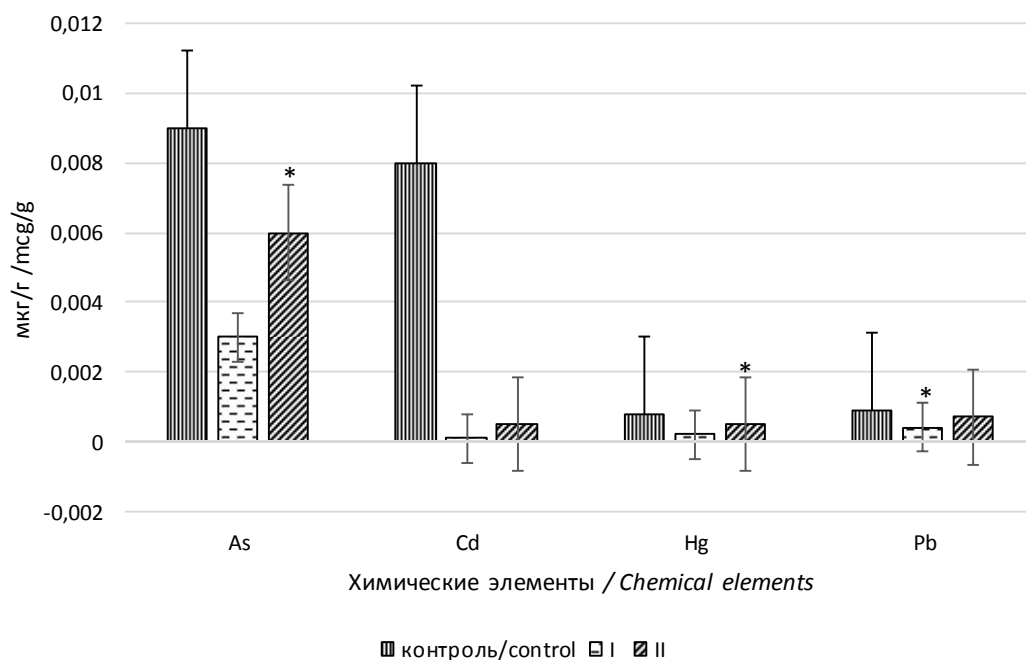


Рис. 3 – Концентрация химических элементов в крови цыплят, мкг/г, $P \leq 0,05$
Figure 3 – Concentration of chemical elements in the blood of chickens, mcg/g, $P \leq 0,05$

Примечание: * – различия с контролем достоверны при $P \leq 0,05$

Note: * – differences with control are significant at $P \leq 0,05$

Концентрация Sr снижалась в I и II опытной группе на 41,8 и 47,2 % ($P \leq 0,05$) соответственно по сравнению с контролем. Введение Ветом способствовало увеличению в крови цыплят В (23,64 %), Fe (12,55 %), Mn (77,78 %), K (18,33 %) по сравнению с контрольной группой. Птица I опытной группы по концентрации химических элементов в крови отличалась от контрольной по увеличению накопления Cr (33,34 %), Cu (25,01 %), Li (40,02 %), Zn (9,84 %), Al (21,23 %) ($P \leq 0,05$).

Концентрация химических элементов в теле птицы изменялась в исследуемых группах по-разному (рис. 4).

Содержание Cu в теле цыплят в конце эксперимента составила в I опытной группе 11,72 мкг/г и эти показатели были выше на 28,33 % и 6,75 % ($P \leq 0,05$) относительно контроля и II опытной группы. Уровень Fe и Mn снижался во всех опытных группах птицы I (12,02 и 13,29 %) и II (8,13 и 14,95 %) ($P \leq 0,05$) относительно контрольной птицы.

Высоким содержанием Si, Ca и P характеризовалась II опытная группа цыплят. Показатели были выше контрольных значений Si (7,83 %), Ca (23,35 %), P (18,93 %) ($P \leq 0,05$). Полученные данные показывают, что применение Цамакс и Ветом оказывают влияние на минеральный состав организма.

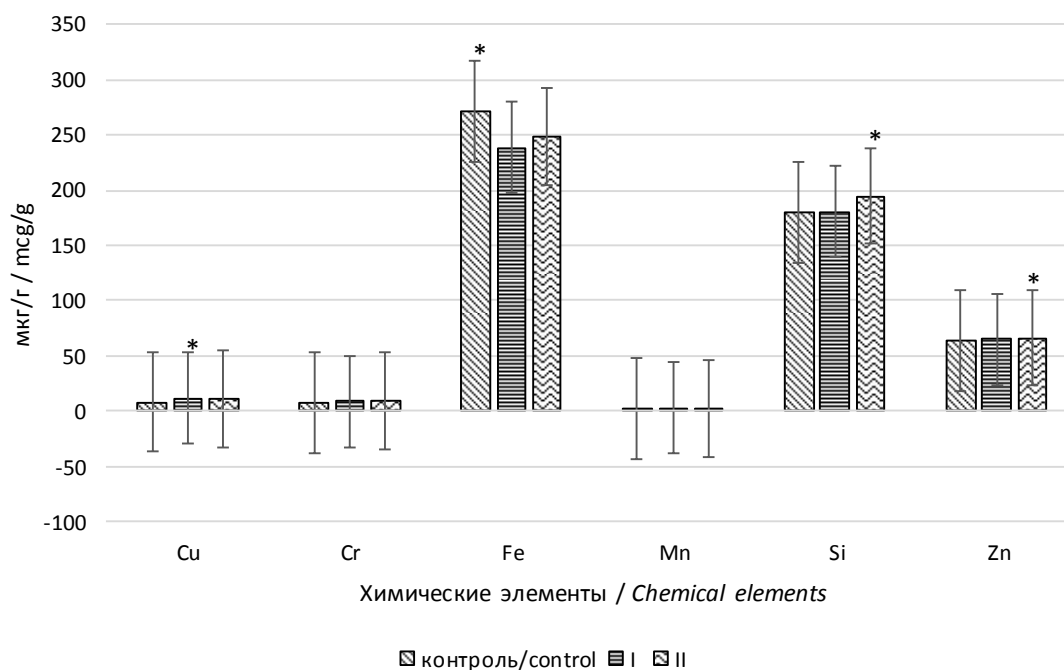


Рис. 4 – Концентрация химических элементов в теле птицы, мкг/г, $P \leq 0,05$
Figure 4 – Concentration of chemical elements in the body of a poultry, mcg/g, $P \leq 0.05$

Примечание: * – различия с контролем достоверны при $P \leq 0,05$

Note: * – differences with control are significant at $P \leq 0.05$

Обсуждение полученных результатов.

В исследованиях было установлено, что воздействие Цамакса на организм цыплят-бройлеров приводило к снижению в крови токсичных элементов As (66,67 %), Cd (87,50 %), Hg (75,02 %), Pb (55,56 %) и радионуклида Sr (41,8 %). Аналогичное действие было зафиксировано в исследованиях Савостиной Т.В. (2011), которая установила, что Цамакс выводит из организма тяжёлые металлы: ртуть, свинец, кадмий, мышьяк, радионуклиды и способствует повышению защитных показателей иммунной системы, нормализации минерального обмена и усвоению питательных веществ.

Содержание железа увеличивалось во всех опытных группах в I (9,11 %), II (30,07 %) ($P \leq 0,05$) по сравнению с контролем. Железо необходимо для транспорта кислорода и пролиферации клеток, функционирует как ядро белков гема, таких как миоглобин, гемоглобин и цитохромы. Железо также имеет решающее значение в своей негемовой форме в железосернистых ферментах, таких как сукцинатдегидрогеназа и НАДН-дегидрогеназа в окислительном метаболизме. Исследования показали, что удаление ионов железа из белков микроба приводит к сильному изменению их вторичной структуры (денатурации) и потере функциональной активности (Hosseindoust A et al., 2019).

Изменение минерального состава крови цыплят-бройлеров влияло на изменения уровня общего белка и альбумина I опытной группе на 34,39 и 40,39 %, II опытной – 41,92 и 46,16 %. Это является показателем интенсификации роста птицы. Именно белковый обмен диктует интенсивность углеводного и липидного обменов (Sonnenburg JL and Bäckhed F, 2016). Увеличение содержания белка повлияло на снижение мочевины в I опытной – 18,74 %, во II опытной группе – 24,12 % ($P \leq 0,05$). Мочевина является индикатором затрат всего белкового фонда организма, а если её син-

тез замедляется, происходит накопление белка в крови (Sadeghi A et al., 2020; Sheida EV et al., 2021).

В опытных группах коэффициент де Ритиса снижался по сравнению с контрольной группой цыплят: в I – 39,93 %, II – 42,74 % ($P \leq 0,05$). На соотношение АСТ/АЛТ могут влиять многие факторы, включая гепатит, болезни сердца, нарушение функции почек и лекарственные препараты. Следовательно, их численные значения нестабильны, когда они действуют как единичные предикторы. Вместо этого комбинация АСТ и АЛТ более подходит в качестве составного параметра и может противодействовать влиянию других факторов (Jha R et al., 2019; Lebedev S et al., 2021).

Более высокая концентрация билирубина в сыворотке крови может быть связана с различными видами заболеваний печени. Известно, что в организме животных и птицы одну из защитных функций обеспечивает нормальная микрофлора. Огромное значение имеет способность микробов образовывать бактерицидные вещества, а также препятствовать проникновению в организм и развитию чужих нежелательных и патогенных бактерий (Yadav S and Jha R, 2019). Однако в нашем исследовании введение в рацион Цамакса и Ветом приводило к снижению билирубинового индекса в I опытной (29,14 %) и II опытной (31,13 %) ($P \leq 0,05$) по сравнению с контролем.

В эксперименте нормализация макроэлементов Ca, P и Mg происходила во всех опытных группах цыплят-бройлеров. Singh AK с коллегами (2019) установили, что Цамакс оказывает положительное влияние при повышенной или пониженной концентрации в организме птицы K, Ca, Cu и P, это происходит за счёт ионообменных свойств препарата. Adhikari P с соавторами (2020) обнаружили, что Ca всасывается в двенадцатиперстной кишке, и очищенный Цамаксом организм самостоятельно начинает бороться со множеством болезней и становится устойчивым к различным заболеваниям. Улучшает всасывание в крови Na, Ca, Mg, Fe и Cu.

Способность накапливать металлы обнаружена среди условно-патогенных микроорганизмов, которая может быть избирательной. Микроорганизмы накапливают широкий спектр металлов (Hg, Pb, Zn, Co, Cu и Cr) и не характеризуются избирательностью (Pedersen NR et al., 2017). Пробиотик Ветом, в состав которого входят бактерии *Bacillus subtilis DSM 32424*, влиял на уровень минеральных веществ таким образом, что цыплята II опытной группы характеризовались высоким содержанием в организме Fe, Si, Ca и P. Применение пробиотиков служит не только для нормализации кишечной микрофлоры, улучшения всасывания белков, углеводов, Fe, Ca, аминокислот после использования антибактериальных средств, но может быть эффективным методом лечения, профилактики и стимулирования продуктивности сельскохозяйственных животных и птицы (Williams BA et al., 2017; Slama J et al., 2019).

Заключение.

По результатам анализа химических элементов в крови и теле цыплят-бройлеров можно сделать заключение, что минеральный препарат Цамакс способствует увеличению в крови Mg, Fe, Cr, Cu, Zn, Li, Al и снижению токсичных элементов As, Cd, Hg, Pb и радионуклида Sr. Пробиотик Ветом влияет на всасывание и метаболизм Fe, Ca, P, Mn и Si в крови и теле птицы, а также на обменные процессы, что отражается в биохимических показателях крови, приводя к снижению билирубинового индекса, коэффициента де Ритиса, мочевины и креатинина. При этом происходит увеличение общего белка, альбумина, глюкозы, триглицеридов и холестерина. Это проявляется в стимуляции основных видов обмена веществ и процессах пищеварения у цыплят-бройлеров.

Список источников

1. Изменение показателей крови цыплят-бройлеров при различной нутриентной обеспеченности рациона / Е.В. Шейда, Ш.Г. Рахматуллин, С.В. Лебедев, В.В. Гречкина, О.А. Завьялов, А.Н. Фролов // Животноводство и кормопроизводство. 2021. Т. 104. № 4. С. 193-204. [Sheyda EV, Rakhmatullin ShG, Lebedev SV, Grechkina VV, Zavyalov OA, Frolov AN. Changes in blood parameters

of broiler chickens with different nutritional security of the diet. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2021;104(4):193-204. (*In Russ.*). doi: 10.33284/2658-3135-104-4-193

2. Наставления по использованию нетрадиционных кормов в рационах птицы: метод. указания / И.А. Егоров и др.; под общ. ред. акад. РАН В.И. Фисина. Сергиев Посад: ВНИТИП, 2016. 59 с. [Egorov IA, et al. *Nastavleniya po ispol'zovaniyu netraditsionnykh kormov v ratsionakh ptitsy: metod. ukazaniya, pod obshch. red. akad. RAN Fisinina VI. Sergiev Posad: VNITIP; 2016:59 p. (In Russ.)*].

3. Региональные особенности элементного гомеостаза и проблема экологофизиологической адаптации: методологический аспект / С.А. Мирошников, С.В. Нотова, С.В. Мирошников, И.П. Болодурина, А.В. Скальный // *Вестник восстановительной медицины*. 2013. № 6(58). С. 52-55. [Miroshnikov SA, Notova SV, Miroshnikov SV, Bolodurina IP, Skalniy AV. *Regional features of elemental homeostasis and problem of ecological and physiological adaptation: methodological aspect. Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2013;6(58):52-55. (*In Russ.*)].

4. Савостина Т.В. Динамика всасывания макро-микроэлементов в организме цыплят-бройлеров при применении Цамакса // *Аграрный вестник Урала*. 2011. № 12-1(91). С. 40-43. [Savostina TV. *Dynamics of absorption of minerals in the organism of broilers in application of Tsamax. Agrarian Bulletin of the Urals*. 2011;12-1(91):40-43. (*In Russ.*)].

5. Фицев А.И., Григорьев Н.Г., Гаганов А.П. Современная оценка энергетической и протеиновой питательности растительных кормов // *Кормопроизводство*. 2003. № 12. С. 29-32. [Fitsev AI, Grigor'ev NG, Gaganov AP. *Sovremennaya otsenka energeticheskoi i proteinovoi pitatel'nosti rastitel'nykh kormov. Kormoproizvodstvo*. 2003;12:29-32. (*In Russ.*)].

6. Abdollahi MR, Zaefarian F, Hunt H, Anwar MN, Thomas DG, Ravindran V. Wheat particle size, insoluble fibre sources and whole wheat feeding influence gizzard musculature and nutrient utilisation to different extents in broiler chickens. *J Anim Physiol Anim Nutr*. 2019;103(1):146-161. doi: 10.1111/jpn.13019

7. Adhikari P, Kiess A, Adhikari R, Jha R. An approach to alternative strategies to control avian coccidiosis and necrotic enteritis. *J Appl Poult Res*. 2020;29(2):515-534. doi: 10.1016/j.japr.2019.11.005

8. Akbaryan M, Mahdavi A, Jebelli-Javan A, Staji H, Darabighane B. A comparison of the effects of resistant starch, fructooligosaccharide, and zinc bacitracin on cecal short-chain fatty acids, cecal microflora, intestinal morphology, and antibody titer against Newcastle disease virus in broilers. *Comp Clin Path*. 2019;28(3):661-667. doi: 10.1007/s00580-019-02936-9

9. Celi P, Cowieson AJ, Fru-Nji F, Steinert RE, Kluenter AM, Verlhac V. Gastrointestinal functionality in animal nutrition and health: new opportunities for sustainable animal production. *Anim Feed Sci Technol*. 2017;234:88-100. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2017.09.012

10. Grechkina VV, Lebedev SV, Miroshnikov IS, Ryazanov VA, Sheida EV, Korolev VL. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: International Conference on World Technological Trends in Agribusiness 4-5 July 2020, Omsk City, Western Siberia, Russian Federation. Bristol, England: IOP Publishing; 2021;624(1):012160. doi: 10.1088/1755-1315/624/1/012160

11. Holscher HD, Caporaso JG, Hooda S, Brulc JM, Fahey GCJ, Swanson KS, Fahey Jr GC, Swanson KS. Fiber supplementation influences phylogenetic structure and functional capacity of the human intestinal microbiome: follow-up of a randomized controlled trial. *Am J Clin Nutr*. 2015;101(1):55-64. doi: 10.3945/ajcn.114.092064

12. Hosseindoust A, Lee S, Gook Nho W, Song YH, Shin JS, Laxman Ingale S, et al. A dose-response study to evaluate the effects of pH-stable β -mannanase derived from *Trichoderma citrinoviride* on growth performance, nutrient retention, and intestine morphology in broiler chickens. *Ital J Anim Sci*. 2019;18(1):147-154. doi: 10.1080/1828051X.2018.1500872

13. Jha R, Fohse JM, Tiwari UP, Li L, Willing BP. Dietary fiber and intestinal health of monogastric animals. *Front Vet Sci*. 2019;6:48. doi: 10.3389/fvets.2019.00048

14. Kimiaetalab MV, Mirzaie Goudarzi S, Jiménez-Moreno E, Cámara L, Mateos GG. A comparative study on the effects of dietary sunflower hulls on growth performance and digestive tract traits of

broilers and pullets fed a pullet diet from 0 to 21 days of age. *Anim Feed Sci Technol.* 2018;236:57-67. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2017.11.023

15. Koçer B, Bozkurt M, Ege G, Tüzün AE. Effects of sunflower meal supplementation in the diet on productive performance, egg quality and gastrointestinal tract traits of laying hens. *Br Poult Sci.* 2021;62(1):101-109. doi: 10.1080/00071668.2020.1814202

16. Lebedev S, Sheida E, Vershinina I, Grechkina V, Gubaidullina I, Miroshnikov S, Shoshina O. Use of chromium nanoparticles as a protector of digestive enzymes and biochemical parameters for various sources of fat in the diet of calves. *AIMS Agriculture and Food.* 2021;6(1):14-31. doi: 10.3934/agrfood.2021002

17. Li Y, Yang H, Xu L, Wang Z, Zhao Y, Chen X. Effects of dietary fiber levels on cecal microbiota composition in geese. *Asian-Australas J Anim Sci.* 2018;31(8):1285-1290. doi: 10.5713/ajas.17.0915

18. Liu B, Wang W, Zhu X, Sun X, Xiao J, Li D, et al. Response of gut microbiota to dietary fiber and metabolic interaction with SCFAs in piglets. *Front Microbiol.* 2018;9:2344. doi: 10.3389/fmicb.2018.02344

19. Pedersen NR, Ravn JL, Pettersson D. A multienzyme NSP product solubilises and degrades NSP structures in canola and mediates protein solubilisation and degradation in vitro. *Anim Feed Sci Technol.* 2017;234:244-252. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2017.09.015

20. Sadeghi A, Toghyani M, Tabeidian SA, Foroozandeh AD, Ghalamkari G. Efficacy of dietary supplemental insoluble fibrous materials in ameliorating adverse effects of coccidial challenge in broiler chickens. *Arch Anim Nutr.* 2020;74(5):362-379. doi: 10.1080/1745039X.2020.1764811

21. Sheida EV, Lebedev SV, Gubaidullina IZ, Grechkina VV, Ryazanov VA. Biotechnological aspects of the use of vegetable oils in the production of meat products. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: International Conference on World Technological Trends in Agribusiness 4-5 July 2020, Omsk City, Western Siberia, Russian Federation. Bristol, England: IOP Publishing; 2021;624:012114. doi: 10.1088/1755-1315/624/1/012114

22. Singh AK, Tiwari UP, Berrocoso JD, Dersjant-Li Y, Awati A, Jha R. Effects of a combination of xylanase, amylase and protease, and probiotics on major nutrients including amino acids and non-starch polysaccharides utilization in broilers fed different level of fibers. *Poult Sci.* 2019;98(11):5571-5581. doi: 10.3382/ps/pez310

23. Slama J, Schedle K, Wurzer GK, Gierus M. Physicochemical properties to support fibre characterization in monogastric animal nutrition. *J Sci Food Agric.* 2019;99(8):3895-3902. doi: 10.1002/jsfa.9612

24. Sonnenburg JL, Bäckhed F. Diet-microbiota interactions as moderators of human metabolism. *Nature.* 2016;535:56-64. doi: 10.1038/nature18846

25. Williams BA, Grant LJ, Gidley MJ, Mikkelsen D. Gut fermentation of dietary fibres: physico-chemistry of plant cell walls and implications for health. *Int J Mol Sci.* 2017;18(10):2203. doi: 10.3390/ijms18102203

26. Yadav S, Jha R. Strategies to modulate the intestinal microbiota and their effects on nutrient utilization, performance, and health of poultry. *J Anim Sci Biotechnol.* 2019;10:2. doi: 10.1186/s40104-018-0310-9

27. Zhang J, Cai K, Mishra R, Jha R. In ovo supplementation of chitooligosaccharide and chlorella polysaccharide affects cecal microbial community, metabolic pathways, and fermentation metabolites in broiler chickens. *Poult Sci.* 2020;99(10):4776-4785. doi: 10.1016/j.psj.2020.06.061

References

1. Sheyda EV, Rakhmatullin ShG, Lebedev SV, Grechkina VV, Zavyalov OA, Frolov AN. Changes in blood parameters of broiler chickens with different nutritional security of the diet. *Animal Husbandry and Fodder Production.* 2021;104(4):193-204. doi: 10.33284/2658-3135-104-4-193

2. Egorov IA, et al. Guidelines for the use of non-traditional feeds in poultry diets: methodological instructions, under the general editorship of Acad. of the RAS Fisinin VI. Sergiev Posad: VNITIP; 2016:59 p.
3. Miroshnikov SA, Notova SV, Miroshnikov SV, Bolodurina IP, Skalniy AV. Regional features of elemental homeostasis and problem of ecological and physiological adaptation: methodological aspect. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2013;6(58):52-55.
4. Savostina TV. Dynamics of absorption of minerals in the organism of broilers in application of Tsamax. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2011;12-1(91):40-43.
5. Fitsev AI, Grigor'ev NG, Gaganov AP. Modern evaluation of the energy and protein nutritional value of plant feeds. *Fodder Production*. 2003;12:29-32.
6. Abdollahi MR, Zaefarian F, Hunt H, Anwar MN, Thomas DG, Ravindran V. Wheat particle size, insoluble fibre sources and whole wheat feeding influence gizzard musculature and nutrient utilisation to different extents in broiler chickens. *J Anim Physiol Anim Nutr*. 2019;103(1):146-161. doi: 10.1111/jpn.13019
7. Adhikari P, Kiess A, Adhikari R, Jha R. An approach to alternative strategies to control avian coccidiosis and necrotic enteritis. *J Appl Poult Res*. 2020;29(2):515-534. doi: 10.1016/j.japr.2019.11.005
8. Akbaryan M, Mahdavi A, Jebelli-Javan A, Staji H, Darabighane B. A comparison of the effects of resistant starch, fructooligosaccharide, and zinc bacitracin on cecal short-chain fatty acids, cecal microflora, intestinal morphology, and antibody titer against Newcastle disease virus in broilers. *Comp Clin Path*. 2019;28(3):661-667. doi: 10.1007/s00580-019-02936-9
9. Celi P, Cowieson AJ, Fru-Nji F, Steinert RE, Kluenter AM, Verlhac V. Gastrointestinal functionality in animal nutrition and health: new opportunities for sustainable animal production. *Anim Feed Sci Technol*. 2017;234:88-100. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2017.09.012
10. Grechkina VV, Lebedev SV, Miroshnikov IS, Ryazanov VA, Sheida EV, Korolev VL. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: International Conference on World Technological Trends in Agribusiness 4-5 July 2020, Omsk City, Western Siberia, Russian Federation. Bristol, England: IOP Publishing; 2021;624(1):012160. doi: 10.1088/1755-1315/624/1/012160
11. Holscher HD, Caporaso JG, Hooda S, Brulc JM, Fahey GCJ, Swanson KS, Fahey Jr GC, Swanson KS. Fiber supplementation influences phylogenetic structure and functional capacity of the human intestinal microbiome: follow-up of a randomized controlled trial. *Am J Clin Nutr*. 2015;101(1):55-64. doi: 10.3945/ajcn.114.092064
12. Hosseindoust A, Lee S, Gook Nho W, Song YH, Shin JS, Laxman Ingale S, et al. A dose-response study to evaluate the effects of pH-stable β -mannanase derived from *Trichoderma citrinoviride* on growth performance, nutrient retention, and intestine morphology in broiler chickens. *Ital J Anim Sci*. 2019;18(1):147-154. doi: 10.1080/1828051X.2018.1500872
13. Jha R, Fohse JM, Tiwari UP, Li L, Willing BP. Dietary fiber and intestinal health of monogastric animals. *Front Vet Sci*. 2019;6:48. doi: 10.3389/fvets.2019.00048
14. Kimiaetalab MV, Mirzaie Goudarzi S, Jiménez-Moreno E, Cámara L, Mateos GG. A comparative study on the effects of dietary sunflower hulls on growth performance and digestive tract traits of broilers and pullets fed a pullet diet from 0 to 21 days of age. *Anim Feed Sci Technol*. 2018;236:57-67. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2017.11.023
15. Koçer B, Bozkurt M, Ege G, Tüzün AE. Effects of sunflower meal supplementation in the diet on productive performance, egg quality and gastrointestinal tract traits of laying hens. *Br Poult Sci*. 2021;62(1):101-109. doi: 10.1080/00071668.2020.1814202
16. Lebedev S, Sheida E, Vershinina I, Grechkina V, Gubaidullina I, Miroshnikov S, Shoshina O. Use of chromium nanoparticles as a protector of digestive enzymes and biochemical parameters for various sources of fat in the diet of calves. *AIMS Agriculture and Food*. 2021;6(1):14-31. doi: 10.3934/agrfood.2021002

17. Li Y, Yang H, Xu L, Wang Z, Zhao Y, Chen X. Effects of dietary fiber levels on cecal microbiota composition in geese. *Asian-Australas J Anim Sci.* 2018;31(8):1285-1290. doi: 10.5713/ajas.17.0915
18. Liu B, Wang W, Zhu X, Sun X, Xiao J, Li D, et al. Response of gut microbiota to dietary fiber and metabolic interaction with SCFAs in piglets. *Front Microbiol.* 2018;9:2344. doi: 10.3389/fmicb.2018.02344
19. Pedersen NR, Ravn JL, Pettersson D. A multienzyme NSP product solubilises and degrades NSP structures in canola and mediates protein solubilisation and degradation in vitro. *Anim Feed Sci Technol.* 2017;234:244-252. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2017.09.015
20. Sadeghi A, Toghyani M, Tabeidian SA, Foroozandeh AD, Ghalamkari G. Efficacy of dietary supplemental insoluble fibrous materials in ameliorating adverse effects of coccidial challenge in broiler chickens. *Arch Anim Nutr.* 2020;74(5):362-379. doi: 10.1080/1745039X.2020.1764811
21. Sheida EV, Lebedev SV, Gubaidullina IZ, Grechkina VV, Ryazanov VA. Biotechnological aspects of the use of vegetable oils in the production of meat products. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: International Conference on World Technological Trends in Agribusiness 4-5 July 2020, Omsk City, Western Siberia, Russian Federation. Bristol, England: IOP Publishing; 2021;624:012114. doi: 10.1088/1755-1315/624/1/012114
22. Singh AK, Tiwari UP, Berrocoso JD, Dersjant-Li Y, Awati A, Jha R. Effects of a combination of xylanase, amylase and protease, and probiotics on major nutrients including amino acids and non-starch polysaccharides utilization in broilers fed different level of fibers. *Poult Sci.* 2019;98(11):5571-5581. doi: 10.3382/ps/pez310
23. Slama J, Schedle K, Wurzer GK, Gierus M. Physicochemical properties to support fibre characterization in monogastric animal nutrition. *J Sci Food Agric.* 2019;99(8):3895-3902. doi: 10.1002/jsfa.9612
24. Sonnenburg JL, Bäckhed F. Diet–microbiota interactions as moderators of human metabolism. *Nature.* 2016;535:56-64. doi: 10.1038/nature18846
25. Williams BA, Grant LJ, Gidley MJ, Mikkelsen D. Gut fermentation of dietary fibres: physico-chemistry of plant cell walls and implications for health. *Int J Mol Sci.* 2017;18(10):2203. doi: 10.3390/ijms18102203
26. Yadav S, Jha R. Strategies to modulate the intestinal microbiota and their effects on nutrient utilization, performance, and health of poultry. *J Anim Sci Biotechnol.* 2019;10:2. doi: 10.1186/s40104-018-0310-9
27. Zhang J, Cai K, Mishra R, Jha R. In ovo supplementation of chitooligosaccharide and chlorella polysaccharide affects cecal microbial community, metabolic pathways, and fermentation metabolites in broiler chickens. *Poult Sci.* 2020;99(10):4776-4785. doi: 10.1016/j.psj.2020.06.061

Информация об авторах:

Гречкина Виктория Владимировна, кандидат биологических наук, и.о. заведующего лабораторией биологических испытаний и экспертиз, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29; доцент кафедры незаразных болезней животных, Оренбургский государственный аграрный университет, 460014, ул. Челюскинцев 18, тел.: 8-922-877-14-97.

Святослав Валерьевич Лебедев, доктор биологических наук, член-корреспондент РАН, ведущий научный сотрудник лаборатории биологических испытаний и экспертиз, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8-912-345-87-38.

Information about the authors:

Victoria V Grechkina, Cand. Sci. (Biology), Acting Head of the Laboratory of Biological Tests and Examinations, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 9 Yanvarya St., Orenburg, 460000; Associate Professor, Department of Non-communicable Animal Diseases, Orenburg State Agrarian University, 18 Chelyuskintsev St., Orenburg, 460014, tel.: 8-922-877-14-97.

Svyatoslav V Lebedev, Dr. Sci. (Biology), Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Leading Researcher at the Laboratory of Biological Tests and Examinations, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 9 Yanvarya St., 460000, Orenburg, tel.: 8-912-345-87-38.

Статья поступила в редакцию 29.03.2022; одобрена после рецензирования 19.04.2022; принята к публикации 14.06.2022.

The article was submitted 29.03.2022; approved after reviewing 19.04.2022; accepted for publication 14.06.2022.