

# Гуминовые вещества как компоненты кормовых добавок (обзор)

Н. А. ЛЮБИМОВА, Г. Ю. РАБИНОВИЧ

Федеральный исследовательский центр «Почвенный институт им. В. В. Докучаева», Пыжевский пер., д. 7, стр. 2, Москва, 119017, Российская Федерация

**Резюме.** Исследование проводили с целью изучения влияния гуминовых веществ на организм сельскохозяйственных животных и птиц, продуктивность и качество мяса, а также их биологической активности и способов применения. Гуминовые вещества, вводимые в корм или питьевую воду для сельскохозяйственных животных (свиней, жвачных) и птиц (цыплят-бройлеров, кур-несушек, перепелов), могут стать перспективной кормовой биологически активной добавкой к основному рациону. Использование этого приема практически всегда увеличивает суточный прирост массы тела животных (на 100...300 г), коэффициент конверсии корма (на 0,03...0,06) и продуктивность. Гуминовые вещества положительно влияют на иммунитет и стрессоустойчивость животных и птиц. В частности, у птиц в 1,5...2,0 раза увеличивается масса фабрициевой сумки и в 1,5...2,0 раза повышается титр антител к ньюкаслской болезни. При их использовании повышается влагоудерживающая способность мяса, а также благодаря уменьшению яркости и покраснения улучшается его товарный вид. Однако на сегодняшний день нет однозначного объяснения позитивного влияния (или механизма действия) гуминовых веществ на организм животных. Они воздействуют на биохимические показатели крови (например, снижают уровень холестерина), благодаря своим хелатирующим свойствам связывают металлы и, тем самым, снижают их концентрацию в крови, защищают организм животных от действия инфекций и токсинов, обеспечивая разрушение патогенной микрофлоры. Гуминовые вещества не только положительно влияют на микрофлору кишечника, ингибируя рост патогенов, но и способствуют увеличению численности полезной микрофлоры, например, молочнокислых бактерий, численность которых в экспериментальных группах увеличивается, по сравнению с контролем, в среднем на 0,5 КОЕ/г. Поскольку их извлекают из различного сырья, при использовании гуминовых веществ в качестве кормовых добавок необходимо учитывать их происхождение, структуру, а также способы добавления к рациону.

**Ключевые слова:** гуминовые вещества, гуминовые кислоты, фульвокислоты, кормовая добавка, премикс, цыплята-бройлеры, куры-несушки, перепела, свиньи, жвачные животные.

**Сведения об авторах:** Н. А. Любимова, кандидат химических наук, научный сотрудник (e-mail: n.nemygina@gmail.com); Г. Ю. Рабинович, доктор биологических наук, директор филиала (e-mail: 2016vniimz-noo@list.ru).

**Для цитирования:** Любимова Н. А., Рабинович Г. Ю. Гуминовые вещества как компоненты кормовых добавок (обзор) // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 9. С. 77–84. doi: 10.24411/0235-2451-2020-10914.

## Humic substances as components of feed additives (review)

N. A. Lyubimova, G. Yu. Rabinovich

Federal Research Center Dokuchaev Soil Science Institute, Pyzhevskii per., 7, str. 2b, Moskva, 119017, Russian Federation

**Abstract.** The purpose of the research was to study the effect of humic substances on the organisms of farm animals and birds, the productivity and quality of meat, as well as their biological activity and methods of application. Humic substances introduced into feed or drinking water for farm animals (pigs, ruminants) and birds (broilers, laying hens, and quails) can become a promising biologically active feed additive to the main diet. The use of this method almost always increases the daily weight gain of animals (by 100–300 g), the feed conversion ratio (by 0.03–0.06 points), and productivity. Humic substances have a positive effect on the immunity and stress resistance of animals and birds. In particular, the mass of the birds' bursa fabricii increases 1.5–2.0 times and the titer of antibodies against Newcastle disease rises 1.5–2.0 times. They increase the moisture-holding capacity of meat; its market quality improves due to a decrease in brightness and redness. However, today there is no obvious explanation of the positive effect (or mechanism of action) of humic substances on the animal organism. They affect the biochemical parameters of the blood (for example, lower the level of cholesterol), due to their chelating properties, they bind metals and, thereby, reduce their concentration in the blood, protect the animal body from the action of infections and toxins, ensuring the destruction of pathogenic microflora. Humic substances not only have a positive effect on the intestinal microflora, inhibiting the growth of pathogens, but also contribute to an increase in the number of useful microflora, i.e., lactic acid bacteria, the number of which in the experimental groups increased, compared with the control group, on average by 0.5 CFU/g. Since they are extracted from various raw materials, when using humic substances as feed additives, it is necessary to take into account their origin, structure, and methods of adding them to the diet.

**Keywords:** humic substances; humic acids; fulvic acids; feed additive; premix; broiler chickens; laying hens; quail; pigs; ruminants.

**Author Details:** N. A. Lyubimova, Cand. Sc. (Chem.), research fellow (e-mail: n.nemygina@gmail.com); G. Yu. Rabinovich, D. Sc. (Biol.), branch director (e-mail: 2016vniimz-noo@list.ru).

**For citation:** Lyubimova NA, Rabinovich GYu. [Humic substances as components of feed additives (review)]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2020;34(9):77-84. Russian. doi: 10.24411/0235-2451-2020-10914.

Использование антибиотиков в животноводстве в качестве стимуляторов роста и антибактериальных препаратов оказывает негативное влияние на здоровье человека, вызывая резистентность патогенных микроорганизмов. В связи с этим, существует острая необходимость в поиске альтернативных средств решения указанных задач [1]. Сегодня в качестве стимуляторов роста [2, 3, 4] и противомикробных кормовых добавок [5, 6] используют органические кислоты (уксусную, пропионовую, масляную, муравьиную, лимонную, фумаровую, молочную, сорбиновую, яблочную), коммерческие кислотные смеси и гуминовые вещества, растительные экстракты, ферменты, пробиотики и пребиотики [5, 6].

В последние годы сильно возрос интерес к гуминовым веществам, молекулы которых состоят из таких органических соединений, как полисахариды, жирные кислоты, полипептиды, лигнин, простые и сложные эфиры, фено-

лы, карбонилы, хиноны, липиды, пероксиды, фрагменты бензольных, ацетальных, кетальных, лактольных, фурановых и алифатических соединений. По растворимости в воде при различном уровне pH гуминовые вещества можно разделить на три основные фракции: гумины (нерастворимы в воде при любом pH), гуминовые кислоты (растворимы в воде в щелочных условиях и осаждаются из водного раствора при pH ниже 2) и фульвокислоты (растворимы в воде при любых значениях pH). Гуматы – это минеральные соли гуминовых и фульвокислот, образующиеся в результате взаимодействия внешних карбоксильных и гидроксильных групп с катионами таких металлов, как железо ( $Fe^{3+}$ ), медь ( $Cu^{2+}$ ), цинк ( $Zn^{2+}$ ), кальций ( $Ca^{2+}$ ), марганец ( $Mn^{2+}$ ) и магний ( $Mg^{2+}$ ) [7].

Специфические свойства гуминовых кислот позволяют применять их в промышленности, сельском хозяйстве, экологии и биомедицине. В ветеринарии гуминовые кис-

лоты используют в качестве средств от диареи, противовоспалительных, обезболивающих и противомикробных препаратов, а также иммуномодуляторов [8, 9]. Из-за большого количества функциональных групп гуминовые вещества способны проникать практически в любую биотическую структуру, включаясь в определенный биохимический цикл в организме. Внутри организма они метаболизируются подобно ксенобиотическим химическим веществам, провоцируя множество неспецифических и специфических реакций в организме, начиная от реакции на стресс, например, в ответ на индукцию белков теплового шока, до гербицидоподобного воздействия на первичные продуценты. Кроме того, гуминовые вещества могут изменять активность мембраносвязанных насосов для химических веществ, что влияет на биоконцентрацию ксенобиотиков и тяжелых металлов [10].

В отделе биотехнологий ВНИИМЗ был разработан и апробирован на цыплятах-бройлерах премикс, в состав которого входят гуминовые кислоты [11]. Однако в проведенном исследовании их конкретное воздействие на цыплят-бройлеров не рассматривали.

В связи с изложенным, цель обзора – рассмотреть виды гуминовых веществ, применяемых в животноводстве, проанализировать их влияние на организм, продуктивность и качество мяса сельскохозяйственных животных и птиц, а также описать способы применения и биологическую активность. Несмотря на то, что исследования в этой области активно ведутся, количество русскоязычных статей весьма ограничено, тогда как иностранные публикации более информативны. По этой причине выполненный обзор зарубежной литературы по указанной проблематике позволит лучше разобраться в значении гуминовых веществ, которые используют в качестве кормовых добавок.

**Применение гуминовых веществ в рационах цыплят-бройлеров.** На сегодняшний день куриное мясо – самое дешевое и самое потребляемое. Однако в связи с большими объемами производства и не всегда благоприятными санитарными условиями на птицефабриках актуально использование гуминовых кислот в качестве альтернативы антибиотикам. Так, E. Ozturk и I. Coskun [12] показали, что добавление гуминовых кислот в концентрации 0,0017 г/кг живой массы в питьевую воду цыплят-бройлеров приводило к увеличению прироста живой массы, по сравнению с контрольной группой, с 1927,39 г до 2074,93 г ( $p < 0,05$ ). При этом увеличение массы печени и кишечника наблюдали при добавлении гуминовых кислот в концентрации 0,0051 г/кг живой массы: относительная масса кишечника увеличивалась с 8,52 % (контрольная группа) до 9,10 % ( $p < 0,05$ ). Также было показано, что использование гуминовых кислот в высокой концентрации (0,0081 г/кг) снижало потребление корма, по сравнению с группой, получавшей 0,0017 г/кг гуминовых кислот, приблизительно на 200 г, с контрольной группой – на 100 г [12]. D. Margincakova с соавт. [13] отмечали, что при добавлении к рациону гуминовых кислот (концентрация 0,6 %) масса и выход тушек птицы увеличивались с  $1812,0 \pm 130,7$  г и  $71,2 \pm 2,1$  % (контрольная группа) до  $1922,0 \pm 145,9$  г и  $78,1 \pm 2,2$  % ( $p < 0,05$ ). В работе [14] установлено, что при введении в рацион фульвокислот в концентрации 0,75 % наблюдался прирост живой массы ( $1515 \pm 33$  г в контрольной группе и  $1590 \pm 77$  г в экспериментальной) и увеличение относительной массы печени. При этом масса печени, сердца, селезенки и органов желудочно-кишечного тракта не менялись, а масса фабрицевой сумки возрастала с  $0,75 \pm 0,25$  г до  $0,92 \pm 0,15$  г ( $p < 0,05$ ) [14].

В качестве источников гуминовых веществ можно использовать дождевых червей, а также продукты верми-

компостирования. Так, при добавлении в питьевую воду червячного фильтрата, полученного в результате вермикомпостирования смеси свиного и овечьего помета, с содержанием гуминовых и фульвокислот 0,47 и 0,14 мг/л соответственно по мере увеличения его концентрации с 0 до 30 % отмечено снижение коэффициента конверсии корма с 2,29 до 2,16 ( $p < 0,05$ ) и увеличение усвояемости энергии в подвздошной кишке с 74,89 до 77,31 % ( $p < 0,05$ ). При этом начальная и конечная массы тела, суточная прибавка в весе и суточное потребление корма были одинаковыми и не зависели от концентрации фильтрата в питьевой воде [8]. Z. Bahadori с соавт. [15] показали, что использование муки из дождевых червей в количестве 30 г/кг сухого вещества, содержащей 10 г/кг вермигумуса, способствовало увеличению содержания общего белка (с 4,44 г/дл в контрольной группе до 5,13 г/дл в экспериментальной,  $p < 0,05$ ), альбумина (с 2,52 г/дл до 3,02 г/дл,  $p < 0,05$ ), а также кальция (с 6,89 до 8,63 мг/дл,  $p < 0,05$ ) и фосфора (с 4,19 до 5,64 мг/дл,  $p < 0,05$ ) в крови цыплят-бройлеров. Кроме того, экспериментальная диета положительно повлияла на уровень холестерина и мочевой кислоты в сыворотке крови, которые снизились соответственно с 160,0 г/дл до 142,1 г/дл ( $p < 0,05$ ) и с 5,93 г/дл до 5,27 г/дл ( $p < 0,05$ ). При этом было обнаружено, что гуминовые вещества могут влиять на системный или гуморальный иммунитет цыплят-бройлеров, что отразилось в увеличении массы сумки Фабрициуса практически в два раза, а также в возникновении антител к вирусу птичьего гриппа с увеличением дозы вермигумуса на 10 г/кг. При добавлении 30 г/кг сухого вещества червячной муки изменилась желудочно-кишечная микрофлора: уменьшилось общее количество аэробных бактерий (с 6,46 КОЕ/г в контроле до 5,35 КОЕ/г) и кишечной палочки (с 5,06 до 3,75 КОЕ/г соответственно), одновременно количество кишечных молочнокислых бактерий увеличилось, по сравнению с контролем, на 0,53 КОЕ/г. Добавление червячной муки повлияло и на качество мяса. Существенные различия между экспериментальным и контрольным рационами отмечали по показателю pH (в экспериментальной группе у мяса грудки его величина снизилась, по сравнению с контролем, на 0,10 ед., мяса бедра – на 0,17 ед.). Установлены также различия в количестве малонового диальдегида в свежем и замороженном мясе грудки [15].

N. C. Rath с соавт. [16] показали, что гуминовые кислоты в концентрации 0,5 % и 1,0 % не влияли ни на индекс дисхондроплазии большеберцовой кости и не вызывали изменений в развитии ростовой пластинки или проблем с костью, включая биомеханические свойства. Однако у цыплят, получавших такой корм, наблюдали снижение массы тела, а коэффициент конверсии корма был численно выше (0,72 для экспериментальных групп и 0,66 для контрольной). При этом относительные массы основных органов не изменялись, за исключением фабрицевой сумки, относительная масса которой увеличилась с  $0,21 \pm 0,01$  % до  $0,25 \pm 0,02$  % ( $p < 0,05$ ), что свидетельствует о возможном иммуностимулирующем эффекте гуминовых кислот. Кроме того, было обнаружено, что их высокая концентрация повлияла на химические показатели сыворотки крови, а именно наблюдалась тенденция к снижению концентраций белка, альбумина, глюкозы, креатинкиназы, аланинаминотрансферазы, щелочной фосфатазы, азота мочевины, кальция, железа, магния и фосфора. При этом результаты химического анализа крови и изменения относительной массы органов не свидетельствовали о токсическом воздействии гуминовых кислот на мышцы, почки, сердце или печень [16].

J. Vaskova с соавт. [17] с использованием атомно-абсорбционной спектроскопии обнаружили, что после 42-

дневного добавления в рацион бройлеров гуминовых кислот концентрацией 0,6 % происходит значительное изменение содержания металлов в организме. Например, концентрация меди в печени возрастала с  $33,34 \pm 0,03$  до  $112,58 \pm 0,04$  мг/л, а в митохондриях почек снижалась, по сравнению с контролем, на 18 мг/л, количество железа в митохондриях печени, почек и плазмы увеличивалось в 2...4 раза, селена в почках повышалось в 10 раз, а в плазме – уменьшалось с  $535,13 \pm 0,04$  до  $199,24 \pm 0,03$  мг/л.. Стрессовые условия (транспортировка) вызывали значительные изменения концентраций изучаемых элементов. Уменьшение количества марганца, селена и железа находилось на уровне 10 раз. Содержание Zn также было пониженным. Однако в группе, получавшей гуминовые кислоты, величины этих показателей были в 1,5...2,0 раза выше, чем у особей в контроле. При этом содержание Zn, Mn и Fe в опытной группе было выше в митохондриях органов, а в контрольной – в плазме крови. Более высокий уровень селена в плазме птиц, получавших гуминовые кислоты, в условиях окислительного стресса, вероятно, свидетельствует об эффектах защитных механизмов. Аналогичным образом этим может быть объяснен повышенный уровень Cu [17].

С другой стороны, I. Herzig с соавт. обнаружили, что применение разрезанной профилактической дозы гуминовых кислот (500 мг/гол) не повлияло на концентрацию цинка во всех исследованных тканях и органах. При этом самое высокое его содержание было отмечено в печени ( $416,0 \pm 183,4$  мг/кг), более низкое – в почках ( $143,8 \pm 22,7$  мг/кг), а самое низкое – в мышцах ног ( $62,1 \pm 23,5$  мг/кг). Это значит, что цинк преимущественно аккумулируется в печени, формируя резерв, который может быть использован организмом [18].

J. Va kov с соавт. показали, что введение гуминовых кислот в кормовые смеси цыплят-бройлеров в течение 42 дней, положительно сказывается на устойчивости к стрессу, вызванному транспортировкой. Оценка активности супероксиддисмутазы в митохондриях их печени и почек показала, что птица, получавшая гуминовые кислоты в концентрации 0,6 %, не испытывала окислительного стресса при транспортировке, в отличие от контрольной группы [19].

Результаты исследований R. Y. Arafat с соавт. [20] свидетельствуют, что гуминовые кислоты могут противодействовать отрицательному воздействию афлатоксина В1. Их использование в рационе в концентрации 0,3 % способствовало уменьшению потери массы тела, вызванной этим токсином, обеспечивало снижение массы печени в 2 раза и остатков афлатоксина в печени – в 3 раза. Вероятно, гуминовые кислоты, выступая в роли связующих агентов афлатоксина В1, снижали его концентрацию и ингибировали увеличение массы печени. Кроме того, биохимический анализ крови показал, что добавление гуминовых кислот повлияло на ее дифференциальные показатели: в группе, получавшей 0,3 % гуминовых веществ, количество красных кровяных телец увеличилось, по сравнению с группой, получавшей только афлатоксин, в 1,3 раза, лейкоцитов – в 2,0 раза (до  $(46,36 \pm 5,6) \times 10^3$  в 1 мкл), моноцитов – в 1,5 раза, лимфоцитов – в 1,3 раза. При этом величина гематокрита в группе, потреблявшей 0,3 % гуминовых веществ, составила  $33,85 \pm 0,50$  %, в группе, получавшей только афлатоксин, –  $31,08 \pm 0,50$  %. Однако различия по всем перечисленным показателям, по расчетам авторов, статистически недостоверны ( $p > 0,05$ ). Во всех группах птиц, получавших афлатоксин, происходило снижение сывороточной концентрации общего белка и альбумина. Это указывает на нарушение синтеза белка в печени, вызванное блокированием синтеза РНК, что обусловлено гепатотоксичностью, наблюдаемой при афлатоксикозе. Кроме того, у птиц, потребляющих афлатоксин

В1, была значительно увеличена сывороточная активность  $\gamma$ -глутамилтрансферазы, которая служит чувствительным индикатором заболеваний печени. Добавление гуминовых кислот позволило снизить активность фермента у цыплят и нейтрализовало действие токсина. Кроме того, в первые 7 дней жизни их использование улучшало выработку антител против вируса ньюкаслской болезни, по сравнению с группой, получавшей только афлатоксин [20].

R. Nagaraju с соавт. [21] отмечали значительную прибавку массы цыплят-бройлеров, получавших рацион с гуминовыми веществами, в возрасте от 0 до 14 дней. Наибольшей ( $267,00 \pm 5,04$  г) она была в группе, в рацион которой вводили гуминовые вещества в количестве 1 г/кг корма, тогда как при добавлении антибиотиков прибавка за 14 дней составила  $255,10 \pm 5,58$  г. Кроме того, добавление гуминовых веществ в рацион повлияло на потребление корма, которое составило соответственно  $481,5 \pm 2,1$  г и  $475,2 \pm 2,0$  г. Вероятно, это связано с улучшением аппетита птиц и стабилизацией микрофлоры кишечника, обеспечивающей лучшее использование питательных веществ [21].

В работе B. Semjon с соавт. [22] было показано, что добавление в рацион гуминовых веществ в концентрации 0,8 % и 1,0 % позволило незначительно увеличить массу тела и прирост массы тела цыплят-бройлеров. При этом потребление корма было одинаковым, тогда как коэффициент его конверсии в группе, получавшей 1,0 % гуминовых веществ, существенно увеличился ( $p < 0,05$ ). В этой же группе значительно возросла продукция грудного и бедренного мяса, по сравнению с контролем ( $p < 0,05$ ). При этом содержание жира в грудном мясе снизилось на 0,71 % ( $p < 0,001$ , в контрольной оно составляло  $3,40 \pm 0,18$  %). В варианте с добавлением 0,8 % гуминовых веществ содержание белка в мясе возросло с  $22,02 \pm 0,36$  % (в контроле) до  $23,71 \pm 0,21$  % ( $p < 0,001$ ), что, по мнению авторов, связано с увеличением потребления азота. По результатам органолептической оценки запах мяса грудки после приготовления в группах, получавших гуминовые кислоты, был более выражен, чем в контрольной. Вкус и сочность мяса грудки и бедра у птиц, получавших гуминовые кислоты, также получили более высокую оценку. Кроме того, обнаружена тенденция к снижению pH образцов мяса грудки с увеличением концентрации гуминовых веществ в рационе с  $5,96 \pm 0,07$  до  $5,80 \pm 0,06$  ( $p < 0,001$ ), что может способствовать улучшению его хранения [22].

Как и в предыдущем исследовании, в работе [23] было продемонстрировано незначительное увеличение массы тела и прироста массы птицы при добавлении к кормовой смеси 0,8 % и 1,0 % гуминовых веществ. Коэффициент конверсии корма в группе, получавшей 1,0 % гуминовых веществ, увеличился, по сравнению с контрольной, на 0,03, при этом потребление корма было одинаковым во всех группах. У птиц, потреблявших 0,8 % гуминовых веществ, произошло значительное снижение аспаратаминотрансферазы с  $5,11 \pm 0,48$  мккат/л (контрольная группа) до  $4,14 \pm 0,86$  мккат/л ( $p < 0,05$ ) и увеличение аланинаминотрансферазы до  $0,06 \pm 0,02$  мккат/л, что в 2 раза выше, чем в контрольной группе ( $p < 0,05$ ). При этом содержание щелочной фосфатазы в группе ( $43,25 \pm 14,33$  мккат/л, получавшей 1,0 % гуминовых веществ, было ниже ( $p < 0,05$ ), чем в контрольной ( $75,73 \pm 20,04$  мккат/л). Уровень холестерина в сыворотке крови птиц в обеих экспериментальных группах ( $3,24 \pm 0,40$  ммоль/л и  $3,17 \pm 0,29$  ммоль/л в первой и второй), был также меньше ( $p < 0,05$ ), чем в контрольной ( $3,48 \pm 0,44$  ммоль/л). В костях бройлеров, в рацион которых входили гуминовые вещества, содержание кальция увеличилось с  $218606 \pm 19538$  мг/кг в контроле до  $254444 \pm 3997$  мг/кг в группе, получавшей 1,0 % гуминовых веществ, а фосфора, напротив, уменьшилось

с  $14873 \pm 1226$  мг/кг до  $9845 \pm 1247$  мг/кг в группе, получавшей 0,8 % гуминовых веществ ( $p < 0,05$ ). Повышение содержания кальция в костях может быть обусловлено способностью гуминовых веществ увеличивать степень минерализации костного матрикса [23].

A. Dom nguez-Negrete с соавт. [24] установили, что в кишечнике бройлеров, потреблявших в составе рациона экстракт гуминовых веществ (47,1 %) в количестве 0,25 %, содержание молочнокислых бактерий повышалось до  $6,99 \cdot 10^6$  КОЕ/г, по сравнению с птицами в контроле ( $6,46 \cdot 10^6$  КОЕ/г) и группе, получавшей антибиотики ( $5,68 \cdot 10^6$  КОЕ/г) ( $p < 0,01$ ). Напротив, число ооцист в экскрементах птиц, потреблявших гуминовые вещества, было меньше, чем в контрольной группе (13,9 и 194,4 ооцист/г соответственно,  $p < 0,01$ ). Также отмечено отсутствие различий в экскреции ооцист между экспериментальной группой и птицами, которым давали антибиотики (11,7 ооцист/г). Вероятно, это связано с улучшением иммунного ответа при добавлении экстракта гуминовых веществ. При этом он не повлиял на показатели роста, размеров голени, баланса пищевых компонентов, а также на качество и антиоксидантный статус мяса грудки [24].

В исследованиях E. Ozturk с соавт. [2] показано, что суточный рост массы может увеличиваться ( $p < 0,05$ ), по сравнению с контрольной группой (45,9 г/гол.), при использовании с питьевой водой 0,30 г/кг живой массы гуминовых веществ (до 47,7 г/гол.) и уменьшаться при их добавлении в количестве 0,45 г/кг (43,9 г/гол.). В последнем случае также отмечено снижение суточного потребления корма и массы тушки, по сравнению с контролем и экспериментальной группой, получавшей меньше гуминовых веществ. Так, потребление корма в контроле составило 97,7 г/гол., в группах, получавших 0,30 и 0,45 г/кг гуминовых веществ, – 96,8 г/гол. и 94,1 г/гол. соответственно ( $p < 0,05$ ). В целом использование гуминовых веществ в испытанных дозах не повлияло на относительную массу и длину кишечника, а также на относительную массу съедобных внутренних органов и жировой ткани живота [2]. В дальнейших исследованиях этой же группы ученых [25] установлено, что добавление гуминовых веществ влияет на величины показателей яркости, красноты и желтизны, влагоудерживающую способность мяса бедер и грудки, а также pH мяса грудки. Например, при использовании 1,5 г/кг живой массы гуминовых веществ мясо грудки было светлее, чем, в контроле, а также у птиц, получавших их в более низкой концентрации. Мясо грудки птиц в контроле характеризовалось более низкими величинами показателя красноты, по сравнению с экспериментальными группами, тогда как меньшая желтизна отмечена в группе, получавшей 0,5 г/кг гуминовых веществ. Мясо бедра и грудки в экспериментальных группах отличалось большей влагоудерживающей способностью, по сравнению с контрольной. Например, у мяса бедра в экспериментальной группе она была больше, чем в контроле, на 0,09 ( $p < 0,1$ ). Важно отметить, что при использовании гуминовых веществ в концентрации 1,5 г/кг прирост массы тела за 42 дня увеличивался с 2718 г/гол. в контроле до 2824 г/гол. ( $p < 0,05$ ), а потребление корма уменьшалось с 5130 г/гол. в контроле, до 5064 г/гол. ( $p < 0,05$ ), что свидетельствует о улучшении эффективности кормления [25]. Одновременно гуминовые вещества в количестве 7,5 г/кг повлияли на относительное содержание цинка в грудном мясе, которое увеличилось с 0,0006 г/кг в контроле до 0,0008 г/кг ( $p < 0,05$ ) [26].

Совместное действие гуминовых веществ с другими добавками может быть более выраженным, чем при использовании каждого из компонентов по отдельности (возникает так называемый синергетический эффект). Так, сочетание

масляной (0,5 фунтов/т корма) и гуминовой кислот (2,5 фунта/т корма) в рационе цыплят способствовало увеличению среднесуточного прироста массы с 60,04 г в контроле до 64,89 г ( $p < 0,05$ ) и среднесуточного потребления корма со 108,55 г до 116,32 г ( $p < 0,05$ ), а также коэффициента конверсии корма. При этом применение в качестве добавки только гуминовой кислоты (2,5 фунта/т корма) никак не повлияло на величины указанных показателей, а введение в рацион только масляной кислоты (0,5 фунтов/т корма) ухудшало некоторые из них, по сравнению с контролем. Также важно отметить, что совместное применение масляной и гуминовой кислот позволило снизить смертность птицы в условиях теплового стресса в более грязной среде с 11,11 % в контроле практически в четыре раза [27].

A. R. P. Disethe с соавт. [28] определили, что совокупное использование ферментов (ксиланаза + амилаза + протеаза) в количестве 0,3 г/кг корма и гуминовых кислот в концентрации 1,5 % приводит к увеличению массы мышц и селезенки, а также длины тонкого кишечника, по сравнению с контролем. Например, масса грудки возросла с 422,82 г до 487,0 г ( $p < 0,05$ ). Использование указанных компонентов по отдельности не влияло на величины этих показателей. Однако включение в рацион бройлеров только гуминовых веществ повышало содержание полиненасыщенных жирных кислот в мясе [28].

**Применение гуминовых веществ в рационах кур-несушек и перепелов.** В исследованиях с курами-несушками и перепелами S. Kusickersan с соавт. [10] обнаружили, что добавление коммерческой гуминовой кислоты в количестве 30 и 60 г/т корма оказывало влияние на коэффициент эффективности корма, который снизился с 2,33 кг яиц/кг корма в контроле до 2,18 кг яиц/кг корма в группе, получавшей 60 г гуминовых кислот/т корма ( $p < 0,05$ ), яйценоскость, которая в экспериментальных группах выросла, по сравнению с контрольной, на 2 % ( $p < 0,05$ ), и массу яиц, увеличившуюся при добавлении гуминовых кислот на 2 г ( $p < 0,05$ ) [10]. R. Y. Arafat с соавт. [29] показали, что введение в питьевую воду гуминовой кислоты в концентрации от 2 до 6 мг/кг живой массы значительно увеличило яйценоскость, массу яйца, конверсию корма и цвет желтка, по сравнению с контрольной группой. Например, в варианте с 6 мг/кг гуминовой кислоты яйценоскость превышала величину этого показателя в контроле на 10 % и достигала 74,07  $\pm$  1,51 % ( $p < 0,05$ ). Кроме того, было обнаружено, что с увеличением концентрации гуминовых веществ в воде повышается титр антител к вирусу Ньюкаслской болезни. На 60 день эксперимента в контрольной группе он находился на уровне 6,5, в экспериментальной (6 мг/кг живой массы) – 9,9 ( $p < 0,05$ ) [29]. В работе других исследователей [30] было показано, что добавление 0,09 г/кг гуминовых кислот в рацион кур-несушек приводило к увеличению потребления корма, по сравнению с контрольной группой, на 4,5 г/гол., яйценоскости – на 4,7 % ( $p < 0,05$ ). Однако толщина и прочность скорлупы при этом снижались, по сравнению с группой, получавшей 0,03 г/кг гуминовых кислот, на 22 мкм и 0,51 кг/см<sup>2</sup> соответственно ( $p < 0,05$ ). Вероятно, это связано с тем, что гуминовые кислоты содержат большое количество карбоновых цепей и способны хелатировать кальций и фосфор, изменяя их соотношение в организме, что служит важным фактором, влияющим на кальцификацию скорлупы яиц [30].

S. Yalcin с соавт. [31] обнаружили, что добавление в рацион кур-несушек карнитина (0,1 г/кг корма) и гуминовых веществ (1,5 г/кг корма) по отдельности и совместно в течение 18 недель приводило к увеличению прироста массы тела, который в экспериментальных группах варьировал от 285  $\pm$  21 до 294  $\pm$  23 г, а в контроле составлял 197  $\pm$  27 г (р

< 0,05). Комбинация L-карнитина и гуминовых веществ в рационе обеспечивала незначительное снижение уровня холестерина в яйцах [31].

Отдельное и совместное введение карнитина (100 мг/кг корма) и коммерческих гуминовых веществ (1,5 г/кг корма) в рацион перепелов не повлияло на массу тела, потребление корма, яйценоскость, толщину скорлупы яйца, процент скорлупы, индекс желтка, процент желтка, процент белка, содержание холестерина в яичном желтке. Добавление карнитина позволило увеличить массу яиц, однако добавление гуминовых веществ нивелировало этот положительный эффект. Возможное объяснение состоит в том, что введение гуминовых веществ повлияло на биодоступность карнитина. В группе, получавшей гуминовые вещества, отмечены большие ( $p < 0,05$ ) высота яичного белка (3,43 мм), индекс белка (8,57) и единица ХАУ (82,84), по сравнению с контролем, в котором они были равны соответственно 3,30 мм, 8,15 и 82,0 [32].

Совместное использование гидрокарбоната натрия (концентрация 0,1 %) и гуминовых веществ (концентрация 0,1 %) в питьевой воде привело к увеличению потребления корма, по сравнению с контрольной группой, на 8 г ( $p < 0,001$ ). Кроме того, при добавлении в питьевую воду только гуминовых веществ яйценоскость кур увеличилась с 63 до 69 % ( $p < 0,001$ ). При этом качество яиц не изменилось [33].

Добавление гуминовых веществ (1 г/кг корма) в рацион кур-несушек повысило коэффициент конверсии корма с  $1,97 \pm 0,05$  в контроле до  $2,03 \pm 0,04$  ( $p < 0,05$ ). При этом его потребление не изменялось. Одновременно масса яйца уменьшилась на 2,61 г, а прочность яичной скорлупы увеличилась на 2,12 % по сравнению с контролем ( $p < 0,01$ ). Добавление комбинации борной кислоты (90 мг/кг корма) с гуминовыми веществами (1 г/кг корма) в рацион кур вызвало снижение уровня холестерина в крови, по сравнению с птицей в контроле на 12,4 мг/дл ( $p < 0,05$ ). При этом добавление в рационы только борной кислоты (90 мг/кг корма) не изменяло уровень холестерина в крови животных, введение только гумата (1 г/кг корма) приводило к повышению уровня холестерина в крови кур, по сравнению с контрольной группой (193,81 мг/дл против 177,46 мг/дл соответственно) [34].

М. А. Yorguk с соавт. [35] установили, что гуминовые вещества (160 мг/кг корма) не повлияли на потребление корма и параметры качества яиц. При этом экспериментальная диета повышала яйценоскость кур с 63,7 до 70,0 %, снижала коэффициент эффективности корма с 2,97 до 2,68 кг потребленного корма/кг яиц и смертность птиц – с 1,13 % до 0,6 % ( $p < 0,04$ ).

М. Arif с соавт. [36] показали, что комбинация гуминовой кислоты (1,5 г/кг корма) и порошка семян черного тмина (5 г/кг корма), добавленная в рацион перепелов, позволила снизить потребление корма с 506,29 г в контрольной группе до 452,02 г ( $p < 0,05$ ). Конечная масса тела и ее прирост, а также коэффициент конверсии корма имели тенденцию к улучшению по мере увеличения концентраций гуминовых кислот и добавления семян тмина отдельно или в комбинации. Например, коэффициент конверсии корма снизился с 2,78 в контроле до 2,3 при совместном использовании 2,25 г/кг корма гуминовых кислот и 5 г/кг корма семян черного тмина ( $p < 0,05$ ). Максимальные в опыте масса туши и грудки, масса и длина кишечника выявлены в группе, получавшей одновременно гуминовые кислоты и семена черного тмина в указанных дозах. При этом количество микроорганизмов в этой группе снизилось, по сравнению с контролем, в 1,5...2,0 раза ( $p < 0,05$ ) [36].

**Применение гуминовых веществ в рационах свиней и жвачных животных.** Как и в случае с птицами, гумино-

вые вещества, оказывают положительное воздействие на организм свиней и жвачных животных. В частности, при добавлении фульвокислот (концентрация 0,6 %) в рацион свиней среднесуточный прирост их массы тела повышался с 0,73 кг до 0,8 кг ( $p < 0,01$ ). Кроме того, с увеличением концентрации фульвокислот от 0 до 0,8% возросла толщина шпика, а также величины показателей красноты, желтизны и мраморности мяса, тогда как pH и содержание малональдегида, наоборот, снижалось [37]. N. Kupavue и T. F. Lien [38] показали, что среднесуточный прирост массы тела при использовании фульвокислот (0,2 г/кг корма) и пробиотиков ( $10^9$  КОЕ/г корма) как вместе так и по отдельности может быть таким же (0,39...0,42 кг/гол в день), как и на фоне антибиотиков (окситетрациклина – 0,2 г/кг корма). Кроме того, титр антител к бараньим эритроцитам и IgG у свиней, получавших комбинированную добавку из фульвокислоты и пробиотика, имеет более высокие значения, чем у свиней контрольной группы [38].

По данным Q. Wang с соавт. [39], включение гуминовых веществ в концентрации 5 и 10 % в рацион не повлияло на среднесуточное потребление корма, тогда как среднесуточный прирост массы был наибольшим в группе, получавшей 10 % гуминовых веществ, он вырос с 0,677 кг в контроле до 0,759 кг ( $p < 0,05$ ). В этой же экспериментальной группе отмечена более высокая ( $p < 0,05$ ) разница по относительному количеству лимфоцитов в первую и последнюю недели эксперимента (25 %), по сравнению с контрольной группой (3,4 %). На основании чего сделано заключение о том, что гуминовые вещества могут оказывать благотворное влияние на иммунную систему животных [39].

F. Ji с соавт. [40] установили, что независимо от происхождения гуминовых кислот их добавление в рацион поросят увеличивает среднесуточный прирост массы тела на 100...200 г/день ( $p < 0,05$ ) и снижает среднесуточное потребление корма на 35...40 г ( $p < 0,05$ ). Кроме того, при использовании гуминовых кислот отмечено уменьшение концентрации аммиака в воздухе на 3...4 ppm ( $p < 0,05$ ), по сравнению с контролем [40]. Снижение содержания аммиака в воздухе отмечали и при добавлении 3 % гумата натрия в рационе поросят [41].

М. Trckova с соавт. [42] определяли влияние леонардита и лигнита (по 20 г/кг корма), которые богаты гуминовыми веществами, на состояние здоровья поросят-отъемышей. Среди критериев оценки были частота и тяжесть диареи. В результате было установлено, что в контрольной группе здоровыми оказались только 13 % поросят, тогда как при использовании леонардита и лигнита их доля составила 60 и 46 %, соответственно. При этом смертность в результате обезвоживания в контрольной группе достигала 13 %, а в экспериментальных все поросята выжили. Добавление леонардита и лигнита положительно сказалось на приросте живой массы, а также на коэффициенте потребления корма. Например, среднесуточный привес в контроле составил 68,3 г, в группах, получавших леонардит и лигнит – 225,0 и 208,9 г соответственно ( $p < 0,01$ ). Кроме того, уровень гематокрита в экспериментальных группах был выше, чем в контрольной, на 7,79 %, а уровень гемоглобина – на 10 г/л ( $p < 0,05$ ) [42].

K. Kim с соавт. [43] показали, что совместное использование гуминовых кислот (2 %) и порошка листьев черники (0,2 %) снижало уровень холестерина в крови поросят с 86,6 мг/дл (контроль) до 74,8 мг/дл ( $p < 0,01$ ). Кроме того, гуминовые кислоты совместно с листьями черники улучшали иммунную систему. Использование гуминовых кислот как отдельно, так и вместе с листьями черники в этом исследовании также повлияло на качество мяса: увеличилась его сочность, вкус стал более выраженным, при этом величины

показателей яркости и красноты мяса были значительно ниже, чем в контроле [43].

S.A. Terry с соавт. [44] определили, что с увеличением концентрации гуминовых веществ со 100 до 300 г/кг живой массы в рационе крупного рогатого скота возрастает концентрация аммонийного азота (на 5 %,  $p < 0,04$ ) и общее количество простейших микроорганизмов в рубце животных. При этом они никак не повлияли на pH в рубце. Экскреция N с калом с увеличением концентрации гуминовых веществ линейно снижалась. Общее содержание азота в группах, получавших гуминовые вещества, возрастало, по сравнению с контролем. Численность 7 из 18 обнаруженных в рубце типов микроорганизмов варьировала в результате добавления гуминовых веществ в рацион. Количество Firmicutes, Euryarchaeota, Planctomycetes и Synergistetes значительно увеличилось, тогда как Fibrobacteres и Proteobacteria, напротив, уменьшилось. Кроме того, наблюдался линейный рост уровня Christensenellaceae, неклассифицированных клостридий и Tenericutes RF39, количество Methanobacteriaceae также возросло, но изменений в выработке метана не наблюдали [44].

C.P. McMurphy с соавт. показали, что гуминовые кислоты в количестве от 5 до 15 г/кг живой массы не влияли на концентрацию аммонийного азота в рубце и сывороточной мочевины. Однако содержание изобутирата и изовалерата снижалось, по сравнению с контрольной группой, на 0,2...0,3 моль/100 моль ( $p < 0,01$ ) [45].

При исследовании рубца овец *in vitro* было обнаружено, что гуминовые кислоты не эффективны в качестве антипротозойных препаратов. Однако они могут усиливать рост микроорганизмов и энергетическую эффективность. Более того, препараты, содержащие гуминовые кислоты, могут представлять ценность в качестве стимуляторов роста жвачных животных [46].

В результате исследования влияния гуминовых кислот на продуктивность и метаболиты крови у зааненских коз было установлено, что их молочная продуктивность возрастала с увеличением дозировки гуминовых кислот с 1 до 3 г/кг живой массы в рационе. При этом качество молока не менялось. Кроме того, уровень холестерина в сыворотке крови в экспериментальных группах был на 22...24 мг/дл ( $p < 0,05$ ) ниже, чем в контрольной, тогда как значимых различий в отношении уровня глюкозы, общего белка и триациглицерина не наблюдали [47].

**Закключение.** Исходя из изложенного, можно сделать вывод, что гуминовые вещества могут стать перспективной кормовой добавкой, применяемой в различных отраслях животноводства. Во-первых, при их использовании чаще всего увеличивается прирост массы животных (на 100...300 г), улучшается коэффициент конверсии корма (на 0,03...0,06) и продуктивность. Во-вторых, гуминовые вещества положительно влияют на иммунитет животных, что отражается в увеличении количества лимфоцитов в 1,3...1,5 раза, антител к различным вирусам – в 1,5...2,0 раза, а также сумки Фабрициуса у птиц – в 1,5...2,0 раза. Кроме того, благодаря хелатирующим свойствам они могут изменять биохимические показатели крови (например, содержание ферментов под воздействием гуминовых веществ возрастает на 1...30 мккат/л) и влиять на концентрацию металлов (особенно кальция, количество которого увеличивается в 1,2...1,3 раза) в организме. Однако на сегодняшний день у ученых нет однозначного объяснения положительного влияния гуминовых веществ на организм животных. Вероятно, при его изучении необходимо учитывать структуру и происхождение, а также способы добавления (в питьевую воду, непосредственно в корм и др.) гуминовых веществ в рацион.

#### Литература.

1. Humic acid as a feed additive in poultry diets: a review / M. Arif, M. Alagawany, M. E. Abd El-Hack, et al. // *Iranian Journal of Veterinary Research*. 2019. Vol. 20. No. 3. P. 167–172. doi: 10.22099/ijvr.2019.5345.
2. Abd El-Hack M. E., Alagawany M. Performance, egg quality, blood profile, immune function, and antioxidant enzyme activities in laying hens fed diets with thyme powder // *Journal of Animal and Feed Sciences*. 2015. Vol. 24. P. 127–133. doi: 10.22358/jafs/65638/2015.
3. Multiple beneficial applications and modes of action of herbs in poultry health and production. A review / K. Dhama, S. K. Latheef, S. Mani, et al. // *International Journal of Pharmacology*. 2015. Vol. 11. No. 3. P. 152–176. doi: 10.3923/ijp.2015.152.176.
4. How does organic matter affect the physical and mechanical properties of forest soil? / E. Abdi, S. Babapour, B. Majnounian, et al. // *Journal of Forestry Research*. 2018. Vol. 29. P. 657–662. doi: 10.1007/s11676-017-0494-4.
5. The use of probiotics as eco-friendly alternatives for antibiotics in poultry nutrition / M. Alagawany, M. E. Abd El-Hack, M. R. Farag, et al. // *Environmental Science and Pollution Research International*. 2018. Vol. 25. P. 10611–10618. doi: 10.1007/s11356-018-1687-x.
6. Effects of humic substances supplementation provided through drinking water on performance, carcass traits and meat quality of broilers / E. Ozturk, N. Ocak, I. Coskun, et al. // *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2010. Vol. 94. P. 78–85. doi: 10.1111/j.1439-0396.2008.00886.x.
7. Islam K. M. S., Schuhmacher A., Gropp J. M. Humic acid substances in animal agriculture // *Pakistan Journal of Nutrition*. 2005. Vol. 4 (3). P. 126–134. doi: 10.3923/pjn.2005.126.134.
8. Gomez-Rosales S., de L. Angeles M. Addition of a worm leachate as source of humic substances in the drinking water of broiler chickens // *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2015. Vol. 28. P. 215–222. doi: 10.5713/ajas.14.0321
9. The effects of humic acid on egg production and egg traits of laying hen / S. Kucukersan, K. Kucukersan, I. Colpan, et al. // *Vet. Med. – Czech*. 2005. Vol. 50. No. 9. P. 406–410.
10. Humic substances (review series). Part 2: Interactions with organisms / C. E. W. Steinberg, T. Meinelt, M. A. Timofeyev, et al. // *Env. Sci. Pollut. Res*. 2008. Vol. 15 (2). P. 128–135. doi: 10.1065/espr2007.07.434.
11. Rabinovich G. Yu., Vasilyeva E. A., Lukicheva N. A. Creation of a new premix with immunostimulating properties // *Effective animal husbandry*. 2019. No. 2. P. 34–36. doi: 10.24411/9999-007A-2019-10020.
12. Ozturk E., Coskun I. Effects of humic acids on broiler performance and digestive tract traits // *Proceedings of the book of abstracts of the 57th Annual Meeting of the European Association for Animal Production*. Antalya, Turkey, 2006. P. 301.
13. Effect of supplementation of the diet with humic acids on growth performance and carcass yield of broilers / D. Marcincakova, J. Macanga, J. Nagy, et al. // *Folia Veterinaria*. 2015. Vol. 59. No. 3. P. 165–168.
14. The effect of supplementation of fulvic acid on internal organ and gastrointestinal tract of broiler chicken / I. G. Permana, M. Wulandari, Sumiati, et al. // *Proceedings of the 4th International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries (SAADC2013) 27–31 JULY 2013*. LahnZou, China: Lanzhou University, 2013. P. 222–223.
15. The effect of earth worm (*Eisenia foetida*) meal with vermin-humus on growth performance, hematology, immunity, intestinal microflora, carcass characteristics, and meat quality of broiler chickens / Z. Bahadori, L. Esmailzadeh, M. A. K. Torshizi, et al. // *Livestock Science*. 2017. Vol. 202. P. 74–81. doi: 10.1016/j.livsci.2017.05.010.
16. Rath N. C., Huff W. E., Huff G. R. Effects of humic acid on broiler chickens // *Poultry Science*. 2006. Vol. 85. No. 3. P. 410–414. doi: 10.1093/ps/85.3.410.
17. Impact of humic acids on trace element content under different conditions / J. Vaskova, P. Patlevic, D. Zatko, et al. // *Folia Veterinaria*. 2015. Vol. 59. No. 3. P. 159–164.

18. The effect of humic acid on zinc accumulation in chicken broiler tissues / I. Herzig, M. Navratilova, J. Totusek, et al. // *Czech J. Anim. Sci.* 2009. Vol. 54. No. 3. P. 121–127. doi: 10.17221/1676-CJAS.
19. Effects of humic acids on poultry under stress conditions / J. Vaskova, P. Patlevic, D. Zatko, et al. // *Slov. Vet. Res.* 2018. Vol. 55. P. 245–253. doi: 10.26873/SVR-469-2018.
20. Arafat R. Y., Khan S. H., Saima. Evaluation of humic acid as an aflatoxin binder in broiler chickens // *Annals of animal science.* 2017. Vol. 17. No. 1. P. 241–255. doi: 10.1515/aoas-2016-0050.
21. Effect of dietary supplementation of humic acids on performance of broilers / R. Nagaraju, B. S. V. Reddy, R. Gloridoss, et al. // *Indian Journal of Animal Sciences.* 2014. Vol. 84. No. 4. P. 447–452.
22. Multiple factorial analysis of physicochemical and organoleptic properties of breast and thigh meat of broilers fed a diet supplemented with humic substances / B. Semjon, D. Marcincakova, B. Korenekova, et al. // *Poultry Science.* 2020. Vol. 99. P. 1750–1760. doi: 10.1016/j.psj.2019.11.012.
23. The effect of dietary humic substances on the fattening performance, carcass yield, blood biochemistry parameters and bone mineral profile of broiler chickens / I. Jaduttova, D. Marcincakova, M. Bartkovsky, et al. // *ACTA VET. BRNO.* 2019. Vol. 88. P. 307–313. doi: 10.2754/avb201988030307.
24. Effect of the addition of humic substances as growth promoter in broiler chickens under two feeding regimens / A. Dominguez-Negrete, S. Gomez-Rosales, M. de Lourdes Angeles, et al. // *Animals.* 2019. Vol. 9. No. 12. P. 1101. doi: 10.3390/ani9121101.
25. Performance, carcass, gastrointestinal tract and meat quality traits, and selected blood parameters of broilers fed diets supplemented with humic substances / E. Ozturk, N. Ocak, A. Turan, et al. // *J Sci Food Agric.* 2012. Vol. 92. P. 59–65. doi: 10.1002/jsfa.4541.
26. Performance, meat quality, meat mineral contents and caecal microbial population responses to humic substances administered in drinking water in broilers / E. Ozturk, I. Coskun, N. Ocak, et al. // *British Poultry Science.* 2014. Vol. 55. No. 5. P. 668–674. doi: 10.1080/00071668.2014.960807.
27. Edmonds M. S., Johal S., Moreland S. Effect of supplemental humic and butyric acid on performance and mortality in broilers raised under various environmental conditions // *J. Appl. Poult. Res.* 2014. Vol. 23. Is. 2. P. 260–267. doi: 10.3382/japr.2013-00901.
28. Effects of dietary humic acid and enzymes on meat quality and fatty acid profiles of broiler chickens fed canola-based diets / A. R. P. Diselthe, U. Marume, V. Mlambo, et al. // *Asian-Australas J Anim Sci.* 2019. Vol. 32. No. 5. P. 711–720. doi: 10.5713/ajas.18.0408.
29. Effect of dietary humic acid via drinking water on the performance and egg quality of commercial layers / R. Y. Arafat, S. H. Khan, G. Abbas, et al. // *American Journal of Biology and Life Sciences.* 2015. Vol. 3. No. 2. P. 26–30.
30. Effects of dietary humic substances on egg production and egg shell quality of hens after peak laying period / E. Ozturk, I. Coskun, N. Ocak, et al. // *African Journal of Biotechnology.* 2009. Vol. 8. No. 6. P. 1155–1159.
31. The effects of dietary supplementation of L-carnitine and humic substances on performance, egg traits and blood parameters in laying hens / S. Yalcin, A. Ergun, B. Ozsoy, et al. // *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 2006. Vol. 19. No. 10. P. 1478–1483. doi: 10.5713/ajas.2006.1478.
32. Use of L-carnitine and humate in laying quail diets / S. Yalcin, A. Ergun, B. Ozsoy, et al. // *Acta Veterinaria Hungarica.* 2005. Vol. 53. No. 3. P. 361–370. doi: 10.1556/AVet.53.2005.3.9.
33. Laying performance and egg quality of hens supplemented with humate and sodium bicarbonate during the late laying period / M. A. Yoruk, M. Gul, A. Hayirli, et al. // *Journal of Applied Animal Research.* 2004. Vol. 26. No. 1. P. 17–21. doi: 10.1080/09712119.2004.9706498.
34. Hakan K. B., Gultekin Y., Ozge S. Effects of boric acid and humate supplementation on performance and egg quality parameters of laying hens // *Brazilian Journal of Poultry Science.* 2012. Vol. 14. No. 4. P. 283–289. doi: 10.1590/S1516-635X2012000400008.
35. The effects of supplementation of humate and probiotic on egg production and quality parameters during the late laying period in hens / M. A. Yoruk, M. Gul, A. Hayirli, et al. // *Poultry Science.* 2004. Vol. 83. P. 84–88. doi: 10.1093/ps/83.1.84.
36. Growth, carcass traits, cecal microbial counts, and blood chemistry of meat-type quail fed diets supplemented with humic acid and black cumin seeds / M. Arif, A. Rehman, M. E. Abd El-Hack, et al. // *Asian-Australasian J Anim. Sci.* 2018. Vol. 31. No. 12. P. 1930–1938. doi: 10.5713/ajas.18.0148.
37. Effects of fulvic acid on growth performance and meat quality in growing-finishing pigs / H. X. Bai, Q. F. Chang, B. M. Shi, et al. // *Livestock Science.* 2013. Vol. 158. P. 118–123. doi: 10.1016/j.livsci.2013.10.013.
38. Kunavue N., Lien T. F. Effects of fulvic acid and probiotic on growth performance, nutrient digestibility, blood parameters and immunity of pigs // *Journal of Animal Science Advances.* 2012. Vol. 2. No. 8. P. 711–721.
39. Effects of supplemental humic substances on growth performance, blood characteristics and meat quality in finishing pigs / Q. Wang, Y. J. Chen, J. S. Yoo, et al. // *Livestock Science.* 2008. Vol. 117. P. 270–274. doi: 10.1016/j.livsci.2007.12.024.
40. Ji F., McGlone J. J., Kim S. W. Effects of dietary humic substances on pig growth performance, carcass characteristics, and ammonia emission // *Journal of Animal Science.* 2006. Vol. 84. P. 2482–2490. doi: 10.2527/jas.2005-206.
41. Pisarikova B., Zraly Z., Herzig I. The effect of dietary sodium humate supplementation on nutrient digestibility in growing pigs // *Acta Veterinaria BRNO.* 2010. Vol. 79. P. 349–353. doi: 10.2754/avb201079030349.
42. The effect of Leonardite and lignite on the health of weaned piglets / M. Trckova, A. Lorencova, V. Babak, et al. // *Research in Veterinary Science.* 2018. Vol. 119. P. 134–142. doi: 10.1016/j.rvsc.2018.06.004.
43. Effects of humic acid and blueberry leaf powder supplementation in feeds on the productivity, blood and meat quality of finishing pigs / K. Kim, I. Bae, J. Cho, et al. // *Food Science of Animal Resources.* 2019. Vol. 39. No. 2. P. 276–285. doi: 10.5851/kosfa.2019.e22.
44. Effect of humic substances on rumen fermentation, nutrient digestibility, methane emissions, and rumen microbiota in beef heifers / S. A. Terry, G. de Oliveira Ribeiro, R. J. Gruninger, et al. // *J. Anim. Sci.* 2018. Vol. 96. P. 3863–3877. doi: 10.1093/jas/sky265.
45. Effects of supplementing humates on rumen fermentation in Holstein steers / C. P. McMurphy, G. C. Duff, S. R. Sanders, et al. // *South African Journal of Animal Science.* 2011. Vol. 41. No. 2. P. 134–140. doi: 10.4314/sajas.v41i2.71017.
46. Varadyova Z., Kisidayova S., Jalc D. Effect of humic acid on fermentation and ciliate protozoan population in rumen fluid of sheep in vitro // *J. Sci. Food. Agric.* 2009. Vol. 89. P. 1936–1941. doi: 10.1002/jsfa.3675.
47. Degirmencioğlu T. Possibilities of using humic acid in diets for Saanen goats // *Mljekarstvo.* 2012. Vol. 62. No. 4. P. 278–283.

## References

1. Arif M, Alagawany M, Abd El-Hack ME, et al. Humic acid as a feed additive in poultry diets: a review. *Iranian Journal of Veterinary Research.* 2019;20(3):167-72. doi: 10.22099/ijvr.2019.5345.
2. Abd El-Hack ME, Alagawany M. Performance, egg quality, blood profile, immune function, and antioxidant enzyme activities in laying hens fed diets with thyme powder. *Journal of Animal and Feed Sciences.* 2015;24:127-33. doi: 10.22358/jafs/65638/2015.
3. Dhama K, Latheef SK, Mani S, et al. Multiple beneficial applications and modes of action of herbs in poultry health and production. A review. *International Journal of Pharmacology.* 2015;11(3):152-76. doi: 10.3923/ijp.2015.152.176.
4. Abdi E, Babapour S, Majnounian B, et al. How does organic matter affect the physical and mechanical properties of forest soil? *Journal of Forestry Research.* 2018;29:657-62. doi: 10.1007/s11676-017-0494-4.
5. Alagawany M, Abd El-Hack ME, Farag MR, et al. The use of probiotics as eco-friendly alternatives for antibiotics in poultry nutrition. *Environmental Science and Pollution Research International.* 2018;25:10611-8. doi: 10.1007/s11356-018-1687-x.
6. Ozturk E, Ocak N, Coskun I, et al. Effects of humic substances supplementation provided through drinking water on performance, carcass traits and meat quality of broilers. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition.* 2010;94:78-85. doi: 10.1111/j.1439-0396.2008.00886.x.
7. Islam KMS, Schuhmacher A, Gropp JM. Humic acid substances in animal agriculture. *Pakistan Journal of Nutrition.* 2005;4(3):126-34. doi: 10.3923/pjn.2005.126.134.

8. Gomez-Rosales S, de L. Angeles M. Addition of a worm leachate as source of humic substances in the drinking water of broiler chickens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2015;28:215-22. doi: 10.5713/ajas.14.0321
9. Kucukersan S, Kucukersan K, Colpan I, et al. The effects of humic acid on egg production and egg traits of laying hen. *Vet. Med. – Czech*. 2005;50(9):406-10.
10. Steinberg CEW, Meinelt T, Timofeyev MA, et al. Humic substances (review series). Part 2: Interactions with organisms. *Env. Sci. Pollut. Res*. 2008;15(2):128-35. doi: 10.1065/espr2007.07.434.
11. Rabinovich GYU, Vasilyeva EA, Lukicheva NA. Creation of a new premix with immunostimulating properties. *Effective animal husbandry*. 2019;(2):34-6. doi: 10.24411/9999-007A-2019-10020.
12. Ozturk E, Coskun I. Effects of humic acids on broiler performance and digestive tract traits. In: *Proceedings of the book of abstracts of the 57th Annual Meeting of the European Association for Animal Production*. Antalya (Turkey); 2006. p. 301.
13. Marcincakov D, Macanga J, Nagy J, et al. Effect of supplementation of the diet with humic acids on growth performance and carcass yield of broilers. *Folia Veterinaria*. 2015;59(3):165-8.
14. Permana IG, Wulandari M, Sumiati, et al. The effect of supplementation of fulvic acid on internal organ and gastrointestinal tract of broiler chicken. In: *Proceedings of the 4th International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries (SAADC2013)*; 2013 Jul 27 – 31. LahnZou (China): Lanzhou University; 2013. p. 222-3.
15. Bahadori Z, Esmailzadeh L, Torshizi MAK, et al. The effect of earth worm (*Eisenia foetida*) meal with vermin-humus on growth performance, hematology, immunity, intestinal microflora, carcass characteristics, and meat quality of broiler chickens. *Livestock Science*. 2017;202:74-81. doi: 10.1016/j.livsci.2017.05.010.
16. Rath NC, Huff WE, Huff GR. Effects of humic acid on broiler chickens. *Poultry Science*. 2006;85(3):410-4. doi: 10.1093/ps/85.3.410.
17. Vaskova J, Patlevic P, Zatko D, et al. Impact of humic acids on trace element content under different conditions. *Folia Veterinaria*. 2015;59(3):159-64.
18. Herzig I, Navratilova M, Totusek J, et al. The effect of humic acid on zinc accumulation in chicken broiler tissues. *Czech J. Anim. Sci*. 2009;54(3):121-7. doi: 10.17221/1676-CJAS.
19. Vaskova J, Patlevic P, Zatko D, et al. Effects of humic acids on poultry under stress conditions. *Slov. Vet. Res*. 2018;55:245-53. doi: 10.26873/SVR-469-2018.
20. Arafat RY, Khan SH, Saima. Evaluation of humic acid as an aflatoxin binder in broiler chickens. *Annals of animal science*. 2017;17(1):241-55. doi: 10.1515/aoas-2016-0050.
21. Nagaraju R, Reddy BSV, Gloridoss R, et al. Effect of dietary supplementation of humic acids on performance of broilers. *Indian Journal of Animal Sciences*. 2014;84(4):447-52.
22. Semjon B, Marcincakova D, Korenekova B, et al. Multiple factorial analysis of physicochemical and organoleptic properties of breast and thigh meat of broilers fed a diet supplemented with humic substances. *Poultry Science*. 2020;99:1750-60. doi: 10.1016/j.psj.2019.11.012.
23. Jaduttova I, Marcincakova D, Bartkovsky M, et al. The effect of dietary humic substances on the fattening performance, carcass yield, blood biochemistry parameters and bone mineral profile of broiler chickens. *ACTA VET. BRNO*. 2019;88:307-13. doi: 10.2754/avb201988030307.
24. Dominguez-Negrete A, Gomez-Rosales S, de Lourdes Angeles M, et al. Effect of the addition of humic substances as growth promoter in broiler chickens under two feeding regimens. *Animals*. 2019;9(12):1101. doi: 10.3390/ani9121101.
25. Ozturk E, Ocak N, Turan A, et al. Performance, carcass, gastrointestinal tract and meat quality traits, and selected blood parameters of broilers fed diets supplemented with humic substances. *J Sci Food Agric*. 2012;92:59-65. doi: 10.1002/jsfa.4541.
26. Ozturk E, Coskun I, Ocak N, et al. Performance, meat quality, meat mineral contents and caecal microbial population responses to humic substances administered in drinking water in broilers. *British Poultry Science*. 2014;55(5):668-74. doi: 10.1080/00071668.2014.960807.
27. Edmonds MS, Johal S, Moreland S. Effect of supplemental humic and butyric acid on performance and mortality in broilers raised under various environmental conditions. *J. Appl. Poult. Res*. 2014;23(2):260-7. doi: 10.3382/japr.2013-00901.
28. Disetlhe ARP, Marume U, Mlambo V, et al. Effects of dietary humic acid and enzymes on meat quality and fatty acid profiles of broiler chickens fed canola-based diets. *Asian-Australas J Anim Sci*. 2019;32(5):711-20. doi: 10.5713/ajas.18.0408.
29. Arafat RY, Khan SH, Abbas G, et al. Effect of dietary humic acid via drinking water on the performance and egg quality of commercial layers. *American Journal of Biology and Life Sciences*. 2015;3(2):26-30.
30. Ozturk E, Coskun I, Ocak N, et al. Effects of dietary humic substances on egg production and egg shell quality of hens after peak laying period. *African Journal of Biotechnology*. 2009;8(6):1155-9.
31. Yalcin S, Ergun A, Ozsoy B, et al. The effects of dietary supplementation of L-carnitine and humic substances on performance, egg traits and blood parameters in laying hens. *Asian-Aust. J. Anim. Sci*. 2006;19(10):1478-83. doi: 10.5713/ajas.2006.1478.
32. Yalcin S, Ergun A, Ozsoy B, et al. Use of L-carnitine and humate in laying quail diets. *Acta Veterinaria Hungarica*. 2005;53(3):361-70. doi: 10.1556/AVet.53.2005.3.9.
33. Yoruk MA, Gul M, Hayirli A, et al. Laying performance and egg quality of hens supplemented with humate and sodium bicarbonate during the late laying period. *Journal of Applied Animal Research*. 2004;26(1):17-21. doi: 10.1080/09712119.2004.9706498.
34. Hakan KB, Gultekin Y, Ozge S. Effects of boric acid and humate supplementation on performance and egg quality parameters of laying hens. *Brazilian Journal of Poultry Science*. 2012;14(4):283-9. doi: 10.1590/S1516-635X2012000400008.
35. Yoruk MA, Gul M, Hayirli A, et al. The effects of supplementation of humate and probiotic on egg production and quality parameters during the late laying period in hens. *Poultry Science*. 2004;83:84-8. doi: 10.1093/ps/83.1.84.
36. Arif M, Rehman A, Abd El-Hack ME, et al. Growth, carcass traits, cecal microbial counts, and blood chemistry of meat-type quail fed diets supplemented with humic acid and black cumin seeds. *Asian-Australasian J Anim. Sci*. 2018;31(12):1930-8. doi: 10.5713/ajas.18.0148.
37. Bai HX, Chang QF, Shi BM, et al. Effects of fulvic acid on growth performance and meat quality in growing-finishing pigs. *Livestock Science*. 2013;158:118-23. doi: 10.1016/j.livsci.2013.10.013.
38. Kunavue N, Lien TF. Effects of fulvic acid and probiotic on growth performance, nutrient digestibility, blood parameters and immunity of pigs. *Journal of Animal Science Advances*. 2012;2(8):711-21.
39. Wang Q, Chen YJ, Yoo JS, et al. Effects of supplemental humic substances on growth performance, blood characteristics and meat quality in finishing pigs. *Livestock Science*. 2008;117:270-4. doi: 10.1016/j.livsci.2007.12.024.
40. Ji F, McGlone JJ, Kim SW. Effects of dietary humic substances on pig growth performance, carcass characteristics, and ammonia emission. *Journal of Animal Science*. 2006;84:2482-90. doi: 10.2527/jas.2005-206.
41. Pisarikova B, Zraly Z, Herzig I. The effect of dietary sodium humate supplementation on nutrient digestibility in growing pigs. *Acta Veterinaria BRNO*. 2010;79:349-53. doi: 10.2754/avb201079030349.
42. Trckova M, Lorencova A, Babak V, et al. The effect of leonardite and lignite on the health of weaned piglets. *Research in Veterinary Science*. 2018;119:134-42. doi: 10.1016/j.rvsc.2018.06.004.
43. Kim K, Bae I, Cho J, et al. Effects of humic acid and blueberry leaf powder supplementation in feeds on the productivity, blood and meat quality of finishing pigs. *Food Science of Animal Resources*. 2019;39(2):276-85. doi: 10.5851/kosfa.2019.e22.
44. Terry SA, de Oliveira Ribeiro G, Gruninger RJ, et al. Effect of humic substances on rumen fermentation, nutrient digestibility, methane emissions, and rumen microbiota in beef heifers. *J. Anim. Sci*. 2018;96:3863-77. doi: 10.1093/jas/sky265.
45. McMurphy CP, Duff GC, Sanders SR, et al. Effects of supplementing humates on rumen fermentation in Holstein steers. *South African Journal of Animal Science*. 2011;41(2):134-40. doi: 10.4314/sajas.v41i2.71017.
46. Varadyova Z, Kisidayova S, Jalc D. Effect of humic acid on fermentation and ciliate protozoan population in rumen fluid of sheep in vitro. *J. Sci. Food. Agric*. 2009;89:1936-41. doi: 10.1002/jsfa.3675.
47. Degirmencioglu T. Possibilities of using humic acid in diets for Saanen goats. *Mljekarstvo*. 2012;62(4):278-83.