Обзорная статья

УДК 619:636.5.033:631.6.03

Влияние качества воды на физиологические параметры организма птицы, систему водоснабжения и активность антибиотиков

Дмитрий Евгеньевич Аносов[1], Марина Александровна Леонова[2], Сергей Владимирович Леонов[2]

[1]ГК ВИК; [2]ФГБУН Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук

Аннотация: *В обзоре рассмотрено влияние качества и состава воды на физиологические параметры организма птицы, системы водоснабжения и активность антибиотиков. Многочисленные факторы, включая жесткость, т.е. общее количество растворенных веществ (total dissolved solids, TDS), pH, хлориды, аммиак, железо влияют на потребление воды на птицефабриках. Минералы и соли в высоких концентрациях в питьевой воде вызывают физиологические отклонения, неудовлетворительные привесы, повышение конверсии корма и снижение иммунного статуса бройлеров. Негативное влияние на систему водоснабжения проявляется в виде образования минеральных корок и биопленок, коррозии металла. В отношении антибиотиков неудовлетворительное качество воды приводит к осаждению, инактивации, снижению биодоступности действующего вещества антибактериального препарата. При совокупности негативных факторов есть прямое показание к изменению пути ввода препаратов, а именно через корм.*

Ключевые слова: *качество воды, антибиотики, pH воды, жесткость воды, железо, аммиак, хлорирование воды.*

Для цитирования: *Аносов, Д.Е. Влияние качества воды на физиологические параметры организма птицы, систему водоснабжения и активность антибиотиков / Д.Е. Аносов, М.А. Леонова, С.В. Леонов // Птицеводство. – 2025. – №9. – С. 60-65.*
doi: 10.33845/0033-3239-2025-74-9-60-65

Введение. В промышленном птицеводстве считается основополагающим применение антибиотиков методом выпойки при лечении вторичных инфекций [1]. В то же время, существует много факторов, которые не учитываются, но они существенно и негативно влияют на эффективность препаратов.

В связи с тем, что на агрохолдингах участились случаи вынужденной экстренной ротации антибиотиков, мы стали принимать участие в установлении причин такой необходимости. В связи с этим нами поставлена цель работы – установить основные факторы, которые снижают эффективность применения антибиотиков на птицефабриках. В ряде случаев при их совокупности есть прямое показание к изменению пути ввода.

Прежде всего, стоит отметить, что классическим путем применения является введение антибиотиков через воду (выпаивание). Однако эффективность лекарств, доставляемых по водопроводам, в значительной степени зависит от качества воды и системы водопоения [2].

Далее мы рассмотрим влияние химического состава воды на физиологические параметры организма птицы, систему водоснабжения и активность антибиотиков.

Водородный показатель (pH). Норма pH для технической воды – 5,5, для питьевой – 6,5-9,0. На бройлерном производстве предпочтителен диапазон pH от 6,0 до 6,8 [3].

Влияние на физиологические параметры. Если pH воды падает ниже 5,0 (из-за гуминовых кислот, углекислоты в грунтовых водах, или ввода органических кислот на постоянной основе), птица будет потреблять меньше воды. Кроме того, при длительном применении небуферизованных кислотных смесей происходит истощение секрета поджелудочной железы и снижение активности пищеварительных ферментов в тонком отделе кишечника. Напротив, более высокие уровни pH могут подразумевать потенциальное загрязнение солями (например,

бикарбонатом натрия), что может привести к снижению усвоения микро- и макроэлементов, включая кальций, фосфор, калий и магний. Было показано, что более низкий уровень pH воды снижает выживаемость и рост сальмонелл у птиц и в водных системах [3].

Влияние на систему водоснабжения. Как кислая (pH ниже 5,0), так и щелочная вода (pH выше 7,5) может вредить оборудованию, а вода с pH выше 8,5 может вызвать образование минеральной корки [4].

Влияние на эффективность антибиотиков. Некоторые противомикробные препараты, такие как тетрациклины и доксициклины, наиболее стабильны и растворимы в воде с низким pH (3,0–5,0) [5]. Различные условия качества воды и методы хлорирования и нанофильтрации повлияли на активность нескольких различных антибиотиков в процессе лечения. Было обнаружено, что изменения pH значительно повлияли на предполагаемые константы скорости взаимодействия между одним антибиотиком, карбадоксом (CDX), и водным хлором. Кроме того, было обнаружено, что pH значительно изменил устойчивое отторжение нескольких антибиотиков различными нанофильтрационными мембранами с переменным размером пор. Триметоприм (TMP) показал узнаваемую тенденцию от pH 3-10, при этом самое слабое отторжение (50,1%) наблюдалось вблизи околонейтральных pH, но увеличивалось как выше, так и ниже этого pH, приближаясь к 91%. Однако клиренс антибиотика сульфаметоксазола (SMX) значительно возрос (до >97%) при pH 8,0 в результате отталкивающих эффектов между отрицательно заряженной мембраной и отрицательно заряженными видами SMX, упав до 37,4% при pH 4,8 [6].

Сообщалось, что спектр подавления роста *E. coli* у энрофлоксацина увеличивается по мере повышения pH от 6,0 до 8,0 [5].

Было обнаружено, что амоксициллин распадается быстрее при разбавлении в воде с высоким pH, при этом использование воды с более высоким уровнем pH также снижает эффективность хлорирования [3].

Примечательно, что pH воды от 5,5 до 7,0 сохраняет минералы растворимыми и повышает эффективность противомикробных препаратов. Низкий pH воды может привести к осаждению определенных антибактериальных препаратов, поступающих с питьевой водой, тогда как высокий pH воды приводит к снижению эффективности хлорирования. Также было замечено, что сульфаниламиды теряют свою растворимость при кислых уровнях pH [2,3].

Жесткость. TDS. Измерение жесткости или TDS (total dissolved solids, общее количество растворенных твердых веществ) представляет собой определение количества неорганических солей (в основном кальция, магния, калия, натрия, бикарбонатов, хлоридов и сульфатов). Вода с содержанием TDS 300-500 мг/л относится к удовлетворительному качеству для питья, однако необходимо учитывать возможное наличие нежелательных примесей; при 500-1000 мг/л воду рекомендуется использовать только для технических нужд или после дополнительной очистки; более 1000 мг/л – вода непригодна для большинства целей без предварительной обработки. ПДК сульфатов в воде питьевого качества – 500 мг/л.

Влияние на физиологические параметры. TDS в питьевую воду поступают из природных источников, сточных вод. Уровни TDS более 3000 мг/л могут вызывать диарею, снижать экономические показатели и повышать смертность кур. Такую воду птица потребляет неохотно из-за высокой солености, вследствие чего снижается и потребление корма, что влияет на массу тела и показатели плодовитости [3,7].

Не существует рекомендуемого уровня магния в питьевой воде для животных. Однако было отмечено, что концентрация 6000 мг/л подавляет развитие и запускает формирование костей у неполовозрелых цыплят.

Чрезмерный уровень сульфатов может оказывать слабительное воздействие на кур при концентрации 1000-1200 мг/л и снижать яйценоскость. Из-за рыхлого помета умеренное количество сульфатов может привести к влажной подстилке и нечистым яйцам. Куры, подвергшиеся воздействию различных доз сульфата в форме сульфата меди, проявляют различные клинические симптомы, такие как энтерит с более высокой частотой заражения кокцидиозом, плохой рост перьев и жидкий помет. Вода с высоким уровнем сульфатов имела сернистый запах, в то время как вода, содержащая сульфаты железа или марганца, имела горький вкус [3].

Влияние на систему водоснабжения. Чрезмерная концентрация минералов может привести к осаждению солей в поильном оборудовании, что может препятствовать потоку воды или, в ред-

ких случаях, привести к полному засорению водопроводов. Жесткая вода, содержащая железо (>3 мг/л), может засорять питьевые трубы и клапаны, а также способствовать распространению бактерий. Соли магния и кальция вызывают жесткость воды, что снижает эффективность моющих средств и мыла [3].

При уровне сульфатов более 250 мг/л они вызывают коррозию распределительных сетей. Высокие концентрации сульфатов (особенно кальция или магния) усиливают образование накипи в системе поения, что ограничивает поток воды. В свою очередь, сильнее всего засоряются дальние ниппели, следовательно, птица, которая ими пользуется, недополучает антибиотик в нужной дозе.

Влияние на эффективность антибиотиков. Биодоступность энрофлоксацина у бройлеров при разных уровнях жесткости воды (очень жесткая вода при 195,0 мг/л; жесткая вода при 175,0 мг/л; умеренно жесткая вода при 120,0 мг/л; вода низкой жесткости при 35,0 мг/л и мягкая вода при 16,5 мг/л) имела значительные различия в фармакокинетических характеристиках, включая максимальные уровни в сыворотке (Csmax), зависимости времени усвоения от концентрации и периоды полувыведения. Когда жесткость воды увеличивалась, средние значения Csmax демонстрировали линейное снижение. Энрофлоксацин, разведенный в жесткой воде, не повлиял на микробиологическую активность *in vitro*, что позволяет предположить, что снижение абсорбции может быть частично связано с уменьшением биодоступности.

Фторхинолоны могут взаимодействовать с катионами и образовывать комплекс, который не может преодолеть кишечный барьер, что снижает их биодоступность. Усвоение ципрофлоксацина снижалось при наибольшем количестве кальция в воде.

Между ионами магния и определенными антибиотиками (прежде всего, аминогликозидами и фторхинолонами) существуют антагонистические взаимодействия: ионы магния снижают их эффективность за счет комплексообразования [3,8].

Хлориды. Уровень хлорида 14 мг/л считается типичным для колодезной воды.

Влияние на физиологические параметры. Высокие концентрации хлорида отрицательно влияют на метаболизм. Высокий уровень хлорида увеличивает потребление воды, снижает потребление корма и оказывает влияние на пищеварение. Такие проблемы, как ухудшение конверсии корма и прироста живой массы, мокрая подстилка, слабый помет и проблемы, связанные с подушечками лап, были установлены при содержании в воде высоких уровней хлоридов и натрия, в диапазоне 268,0-470,0 и 367,0-450,0 мг/л соответственно. ПДК хлоридов в воде питьевого качества – 300-350 мг/л (в зависимости от стандарта) [3,9].

Влияние на систему водоснабжения. Высокий уровень хлорида ускоряет разрушение металлов в распределительной сети. На этот процесс влияет щелочность воды, которая может повышать содержание металлов в поставляемой воде. Также концентрация хлорида более 250 мг/л может вызывать заметный привкус в воде и коррозию металла.

Влияние на эффективность антибиотиков. Жизнеспособные бактерии могут сохраняться в воде из-за устойчивости к хлору. Беспокоит то, что выжившие бактерии из-за факторов совместного отбора могут также обладать повышенной устойчивостью к распространенным антибиотикам. Это может представлять риск пассажа таких бактерий с усилением устойчивости не только к отдельным антибактериальным препаратам, но и к группе в целом. Имеется зависимость между устойчивостью к хлору и минимальными ингибирующими концентрациями у антибиотиков тетрациклина, сульфаметоксазола и амоксициллина. Кроме того, бактерии, устойчивые к антибиотикам, выживают дольше, чем организмы, чувствительные к антибиотикам, при воздействии свободного хлора [10].

Аммиак. Уровни аммиака в воде в норме находятся в пределах 0,5 мг/л. Концентрация аммиака в незагрязненных поверхностных или грунтовых водах часто составляет менее 0,1 мг/л и зависит, в основном, от pH и температуры. Высокие концентрации аммиака в грунтовых водах, в основном, наблюдаются в районах с обширной сельскохозяйственной деятельностью, стоком удобрений и септиками, которые сбрасываются в грунтовые воды через почву.

Форма, в которой азотсодержащие соединения присутствуют в воде, напрямую зависит от уровня pH: менее 8 – аммоний; свыше 11 – аммиак; от 8,1 до 10,9 – оба вещества в разных пропорциях.

Влияние на физиологические параметры. Водный раствор аммиака способствует повреждению слизистых оболочек дыхательной системы кур, что

также ослабляет иммунную систему и делает ее уязвимой для бактериальных инфекций, в частности кишечной палочки. ПДК в воде для ионов аммония составляет 2,0 мг/л; нитритов – 3,0 мг/л; нитратов – 45,0 мг/л.

Влияние на систему водоснабжения. Аммиак может индуцировать образование биопленки и выработку пигмента *Bacillus licheniformis*.

Влияние на эффективность антибиотиков. Воздействие аммиака имеет потенциальные клинические последствия, поскольку увеличение минимальной ингибирующей концентрации (МИК) в местах бактериальной инфекции, богатых аммиаком, может влиять на фармакокинетические и фармакодинамические параметры во время антибиотикотерапии с использованием аминопенициллина или тетрациклина. В результате развития, например, биопленкообразующей *P. aeruginosa* внутри системы поения возрастает количество экзоферментов, разрушающих антибиотики. Это может быть одним из механизмов, участвующих в развитии транзиторной и ненаследуемой устойчивости к антибиотикам, наблюдаемой в бактериальных сообществах. В частности, протестированные Грам-отрицательные и Грам-положительные бактерии (*P. aeruginosa*, *S. aureus* и *B. subtilis*) проявляли повышенную устойчивость к тетрациклину [11].

Железо. ПДК в воде железа составляет 0,3 мг/л.

Влияние на физиологические параметры. Не было данных, что высокие уровни железа (до 25 мг/л) отрицательно влияют на продуктивность бройлеров, хотя поилки были окрашены при значительно более низких его уровнях. Повышенные уровни железа могут способствовать развитию бактерий, которые могут вызывать диарею у цыплят (*Ps. aeruginosa, E. coli*) [12].

Влияние на систему водоснабжения. Системы с высоким содержанием железа могут усиливать образование микробных биопленок в водопроводах. Некоторые виды бактерий используют двухвалентное железо, образуют слизь (биопленку) в фильтрах для воды, и она, в конечном итоге, может попасть в поилки и затруднить ток воды.

Минерализация труб в местах с жесткой водой, ржавчина от оцинкованных труб и накопление других твердых веществ из загрязненной воды могут уменьшить поток воды, что может повлиять на эффективность антибактериальных препаратов.

Влияние на эффективность антибиотиков. Не рекомендуется использовать апрамицин в воде с большим содержанием железа, поскольку он может создавать хелаты, которые снижают его терапевтическую эффективность. Окситетрациклин и его производные образуют хелаты с железом при концентрации 5,0 мг/л или более, предотвращая его всасывание [3].

Способы улучшения качества воды. Для регулирования **pH** могут быть использованы фильтры – угольные: эффективны для удаления хлора и органических соединений, могут слегка изменять pH; с обратным осмосом: удаляют большинство загрязнителей и могут быть дополнены минерализаторами для регулирования pH; ионнообменные фильтры: удаляют ионы, изменяющие кислотность воды, и добавляют щелочные ионы; алкалайн-фильтры: специально разработаны для повышения pH воды и обогащения ее минералами.

Растворенные минералы (TDS) нельзя удалить традиционной фильтрацией, а только с помощью мембраны, обратного осмоса или дистилляции.

Обезжелезивание. Для обезжелезивания поверхностных вод используются только реагентные методы с последующей фильтрацией – упрощенная аэрация; аэрация на специальных устройствах; коагуляция и осветление; введение реагентов-окислителей [13].

Как альтернативу **хлорированию** в последние годы все шире используют обработку воды раствором гипохлорита натрия (NaClO). Его водные растворы не образуют взвесей и поэтому не нуждаются в отстаивании, в противоположность, например, хлорной извести. Применение гипохлорита натрия для обработки воды не вызывает увеличения ее жесткости, так как он не содержит солей кальция и магния, как хлорная известь или гипохлорит кальция [13].

В зависимости от уровня содержания **аммиака** его удаление из воды может осуществляться следующими методами: адсорбция; аэрация; ионообменные фильтры; обратный осмос; флотация; обеззараживание методом хлорирования; биологическая очистка [3,11].

Заключение. Вода играет решающую роль в птицеводстве и необходима для различных процессов метаболизма птицы, включая пищеварение, воспроизводство и усвоение корма. В на-

стоящей работе показано, что качество водоснабжения имеет решающее значение для продуктивности бройлеров и эффективности антибиотиков. Кроме того, различное качество воды влияет на ее потребление бройлерами и набор ими живой массы. Загрязнение воды является нежелательным изменением физических и химических свойств воды, что создает проблемы со здоровьем для растений, животных и людей. Многочисленные факторы, включая жесткость, pH и общее содержание растворенных твердых веществ, влияют на потребление воды на птицефермах. Минералы и соли в высоких концентрациях в питьевой воде для птицы вызывают физиологические отклонения, неудовлетворительные привесы, повышение конверсии корма и снижение иммунного статуса.

Значимой альтернативой, при затруднении в обеспечении качества воды на должном уровне, является применение антибиотиков с кормами.

Для повышения качества воды ГК ВИК предлагает предприятиям применение ПродактивАцид SE – это водорастворимая кормовая добавка для подкисления воды и кормов. ПРОДАКТИВ АЦИД SE применяют для снижения уровня патогенной микрофлоры в воде для поения и кормах, а также для повышения продуктивности свиней и сельскохозяйственной птицы.

Литература / References

1. Черкашина, Н.В. Анализ современного состояния проблемы использования антибиотиков в качестве кормовой добавки / Н.В. Черкашина, Л.И. Дроздова, В.Л. Махортов [и др.] // Агр. вестник Урала. - 2011. - №3. - С. 39-42. [Cherkashina NV, Drozdova LI, Makhortov VL, Vasiliev PG, Shcherbakov MG, Demina LV, Ilyazov AA, Sirik MS (2011) Analysis of the current state of the problem of use of antibiotics as feed additive. *Agrar. Her. Ural*, (3): 39-42 (in Russ.)]
2. Scandurra, S. Veterinary drugs in drinking water used for pharmaceutical treatments in breeding farms / S. Scandurra. - PhD Thes., Univ de Bologna 2013. - 126 pp.
3. Saleh, N.A. Influence of water quality and pollution on broiler's performance, vaccine and antibiotic efficiencies / N.A. Saleh, M.A. Ayoub, M.A. Nossair [et al.] // Ann. Anim. Sci. - 2023. - V. 23. - No 4. - P. 1021-1036. doi: 10.2478/aoas-2023-0023
4. Idrissa, S. Physicochemical quality and heavy metals contamination of drinking water used in poultry farms at maritime region of Togo / S. Idrissa, W. Pitala, K. Gnandi, E. Oke // Am. J. Biol. Environ. Stat. - 2020. - V. 6. - No 3. - P. 43-49. doi: 10.11648/j.ajbes.20200603.12
5. Буханов, В.Д. Влияние концентрации монтмориллонит-содержащего сорбента и pH питательной среды на чувствительность *Escherichia coli* к антибактериальным препаратам / В.Д. Буханов, А.И. Везенцев, Х.Т. Нгуен [и др.] // Науч. ведомости Белгородского гос. ун-та. Сер. Медицина. Фармация. - 2014. - №11-1. - С. 181-186. [Bukhanov VD, Vezentsev AI, Nguen HT, Shaposhnikov AA, Pankova ON, Sokolovsky PV, Kozubova LA, Zherebnenko SV (2014) Effect of montmorillonite-based absorbent and pH of cultural media on the sensitivity of *Escherichia coli* to antibacterial drugs. *Proc. Belgorod State Univ., Ser. Med. & Pharm.*, (11-1): 181-6 (in Russ.)]
6. Shah, A.D. Antibiotics in water treatment: the role of water quality conditions on their fate and removal during chlorination and nanofiltration / A.D. Shah. - PhD Thes., Georgia Inst. Technol., 2008. - 189 pp.
7. Grossi, S. Effects of heated drinking water on the growth performance and rumen functionality of fattening Charolaise beef cattle in winter / S. Grossi, L. Rossi, M. Dell'Anno, S. Biffani, S.A. Sgoifo Rossi // Animals. - 2021. - V. 11. - No 8. - P. 2218. doi: 10.3390/ani11082218
8. Громова, О.А. О фармакологических взаимодействиях магния с антибиотиками и дефиците магния, возникающем в результате антибиотикотерапии / О.А. Громова, И.Ю. Торшин, В.С. Моисеев, М.А. Сорокина // Терапия. - 2017. - №1. - С. 135-143. [Gromova OA, Torshin IY, Moiseev VS, Sorokina MA (2017) On the pharmacological interactions of antibiotics with magnesium and magnesium deficiency resulting from antibiotic therapy. *Therapy (Russ.)*, (1): 135-43 (in Russ.)]
9. Ayoub, M.A. Chemical profile of drinking water of broiler farms in Beheira Province / M.A. Ayoub, N.A. Saleh, M.A. Nossair // Alexandria J. Vet. Sci. - 2017. - V. 54. - No 2. - P. 58. doi: 10.5455/ajvs.262147
10. Khan, S. Relationship between antibiotic- and disinfectant-resistance profiles in bacteria harvested from tap water / S. Khan, T.K. Beattie, C.W. Knapp // Chemosphere. - 2016. - V. 152. - P. 132-141. doi: 10.1016/j.chemosphere.2016.02.08

11. Bernier, S.P. Biogenic ammonia modifies antibiotic resistance at a distance in physically separated bacteria / S.P. Bernier, S. Létoffé, M. Delepierre, J.-M. Ghigo // Mol. Microbiol. - 2011. - V. 81. - No 3. - P. 705-716. doi: 10.1111/j.1365-2958.2011.07724.x
12. Gonciarz, R.L. Emerging role of ferrous iron in bacterial growth and host-pathogen interaction: new tools for chemical (micro)biology and antibacterial therapy / R.L. Gonciarz, A.R. Renslo // Curr. Opin. Chem. Biol. - 2021. - V. 61. - P. 170-178. doi: 10.1016/j.cbpa.2021.01.015
13. Банников, В.В. Обеззараживание питьевой воды, приготовление дезинфицирующих растворов, обезвреживание сточных вод / В.В. Банников [и др.]. - М.: НПП Санер, 1996. - 31 с. [Bannikov VV [et al.] (1996) Disinfection of Drinking Water, Preparation of Disinfecting Solutions, Detoxification of Sewages. Moscow, Saner Publ., 31 pp. (in Russ)]

Сведения об авторах:

Аносов Д.Е.: кандидат ветеринарных наук, коммерческий директор; anosov@tdvic.ru. **Леонова М.А.:** кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник; 348-39-31@mail.ru. **Леонов С.В.:** старший научный сотрудник.

Статья поступила в редакцию 27.05.2025; одобрена после рецензирования 03.07.2025; принята к публикации 24.08.2025.

Review article

The Influence of Water Quality on Physiological Parameters in Poultry, Water Supply System, and Activity of Antibiotics

Dmitry E. Anosov[1], Marina A. Leonova[2], Sergey V. Leonov[2]

[1]VIC Group; [2]Siberian Federal Scientific Centre of Agrobiotechnologies of Russian Academy of Sciences

Abstract. *The influence of the quality and composition of drinking water on the physiological parameters in poultry, condition of water supply system, and activity of dissolved antibiotics is reviewed. Numerous factors including hardness, or concentration of total dissolved solids (TDS), pH, concentrations of chlorides, ammonia, iron can affect water consumption in poultry farms. Minerals and salts in high concentrations in drinking water cause physiological deviations, unsatisfactory weight gains, increased feed conversion ratio, and decreased immune status in broilers. The negative impact on the water supply system is manifested in the form of mineral crusts, biofilms, corrosion of metals. With regard to antibiotics, poor water quality leads to precipitation, inactivation, decreased bioavailability of the active substances of the antibacterial drugs. The detrimental effect of the combination of these different negative factors can be overcome by the change in the route of drug administration, e.g. administration through feed.*

Keywords: *water quality, antibiotics, pH of water, concentration of total dissolved solids (TDS), iron, ammonia, hardness, water chlorination.*

For Citation: *Anosov D.E., Leonova M.A., Leonov S.V. (2025) The influence of water quality on physiological parameters in poultry, water supply system, and activity of antibiotics. Ptitsevodstvo,* ***74****(9): 60-65. (in Russ.)*
doi: 10.33845/0033-3239-2025-74-9-60-65

(For references see above)

Authors:

Anosov D.E.: Cand. of Vet. Sci., Commercial Director; anosov@tdvic.ru. **Leonova M.A.:** Cand. of Vet. Sci., Senior Research Officer; 348-39-31@mail.ru. **Leonov S.V.:** Senior Research Officer.

Submitted 27.05.2025; revised 03.07.2025; accepted 24.08.2025.

© Аносов Д.Е., Леонова М.А., Леонов С.В., 2025