

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

ANIMAL BREEDING AND VETERINARY

Научная статья

УДК 636.52/.58.087.7:577.152.34

EDN PUTENS

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-3-38-43>**Содержание щелочной фосфатазы в сыворотке крови
у цыплят-бройлеров при применении парааминобензойной кислоты****Ольга Витальевна Атавина**Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии –
МВА имени К. И. Скрябина, Москва, Россия, Atavina72@gmail.com

Аннотация. Щелочная фосфатаза является ключевым ферментом минерального обмена и маркером состояния костной ткани. У быстрорастущих цыплят-бройлеров нарушения в ее активности могут свидетельствовать о дисбалансе кальциево-фосфорного обмена. Парааминобензойная кислота как витаминоподобное вещество обладает метаболическим потенциалом, однако ее влияние на активность щелочной фосфатазы и, как следствие, на процессы костеобразования у бройлеров в разные сезоны года изучены недостаточно. Научно-хозяйственный опыт проведен в производственных условиях (на предприятии бройлерного птицеводства) Приамурья в разные сезоны года на цыплятах-бройлерах кросса «Hubbard F15 White». Птицу разделяли на контрольную группу, получавшую основной рацион, и опытную группу, дополнительно к основному рациону получавшую парааминобензойную кислоту. Установлено, что добавка парааминобензойной кислоты оказывала модулирующее влияние на активность щелочной фосфатазы, характер которого зависел от возраста птицы и сезона года. В начальный период выращивания (15 дней) различия между группами были незначительными. Однако к финальной стадии откорма (30–43 дня) в опытных группах в большинстве сезонов наблюдалось статистически значимое ($p < 0,05–0,01$) снижение активности щелочной фосфатазы по сравнению с контролем. Наиболее выраженное снижение зарегистрировано весной (на 21,9 % в 30 дней) и летом (на 21,1 % в 37 дней). При этом в те же периоды в костной ткани птиц опытных групп отмечалось повышение содержания золы, кальция и фосфора. Снижение активности щелочной фосфатазы в сыворотке крови на фоне применения парааминобензойной кислоты при одновременном усилении минерализации костной ткани свидетельствует о более эффективном и сбалансированном протекании процессов костеобразования.

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, парааминобензойная кислота, щелочная фосфатаза, минеральный обмен, костная ткань, сезонность

Для цитирования: Атавина О. В. Содержание щелочной фосфатазы в сыворотке крови у цыплят-бройлеров при применении парааминобензойной кислоты // Дальневосточный аграрный вестник. 2026. Том 20. № 3. С. 38–43. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-3-38-43>.

Original article

**Alkaline phosphatase content in blood serum
of broiler chickens with the use of para-aminobenzoic acid****Olga V. Atavina**Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology –
MVA named after K. I. Skryabin, Moscow, Russian Federation, Atavina72@gmail.com

Abstract. Alkaline phosphatase is a key enzyme of mineral metabolism and a marker of bone tissue condition. In fast-growing broiler chickens, disturbances in its activity may indicate an imbalance in calcium-phosphorus metabolism. Para-aminobenzoic acid, as a vitamin-like substance, possesses metabolic potential. However, its effect on alkaline phosphatase activity and, consequently, on bone formation processes in broilers during different seasons of the year has been insufficiently studied. The scientific and economic experiment was conducted under production conditions (at a broiler poultry farm) in the Amur region during different seasons of the year on Hubbard F15 White broiler chickens. The bird was divided into a control group receiving the basic diet and an experimental group receiving para-aminobenzoic acid in addition to the basic diet. It was found that para-aminobenzoic acid supplementation exerted a modulating effect on alkaline phosphatase activity, the nature of which depended on the age of the birds and the season. In the initial rearing period (15 days), differences between groups were insignificant. Nevertheless, during the final fattening stage (30–43 days), the experimental groups in most seasons showed a statistically significant ($p < 0.05–0.01$) decrease in alkaline phosphatase activity compared to the control. The most pronounced decrease was recorded in spring (by 21.9% at 30 days) and summer (by 21.1% at 37 days). At the same time, in the same periods, the bone tissue of birds in the experimental groups showed increased ash, calcium, and phosphorus content. The decrease in serum alkaline phosphatase activity against the background of para-aminobenzoic acid supplementation, accompanied by enhanced bone mineralization, indicates a more efficient and balanced course of bone formation processes.

Keywords: broiler chickens, para-aminobenzoic acid, alkaline phosphatase, mineral metabolism, bone tissue, seasonality

For citation: Atavina O. V. Alkaline phosphatase content in blood serum of broiler chickens with the use of para-aminobenzoic acid. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2026;20;3:38–43. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-38-43>.

Введение. Интенсификация современного бройлерного птицеводства предъявляет более высокие требования к сбалансированности рационов по всем питательным и биологически активным веществам. Особую роль при этом играет минеральный обмен, адекватность которого определяет не только скорость роста, но и здоровье опорно-двигательного аппарата птицы [1]. Ключевым ферментом, участвующим в метаболизме костной ткани, является щелочная фосфатаза. Она катализирует гидролиз моноэфиров фосфорной кислоты в щелочной среде, обеспечивая тем самым доступность неорганического фосфата для процессов минерализации [2].

У растущих животных и птицы высокая активность щелочной фосфатазы (ЩФ) ассоциирована с активностью остеобластов и процессами костеобразования [3]. Однако чрезмерно высокая активность этого фермента в сыворотке крови может свидетельствовать о напряженности минерального обмена, нарушениях фосфорно-кальциевого гомеостаза или о патологических процессах в костной ткани [4].

Являясь витамином группы В, парааминобензойная кислота (ПАБК) выступает как незаменимый фактор роста для микро-

флоры желудочно-кишечного тракта, участвует в синтезе фолиевой кислоты и других метаболитов [5]. Имеются данные о ее способности стимулировать метаболические процессы и улучшать использование питательных веществ корма [6]. Однако ее влияние на ферментативные системы, связанные с минеральным обменом, в частности на щелочную фосфатазу, изучено недостаточно.

Кроме того, эффективность кормовых добавок может варьировать в зависимости от сезона года вследствие с изменениями микроклимата, светового режима и качества кормовой базы [7].

Цель исследований – изучить влияние парааминобензойной кислоты на динамику активности щелочной фосфатазы в сыворотке крови цыплят-бройлеров при применении витамина в рационе в различные сезоны года.

В задачи наших исследований входило изучение динамики активности щелочной фосфатазы в сыворотке крови цыплят-бройлеров при использовании в рационе парааминобензойной кислоты в зимний, весенний, летний и осенний периоды с суточного возраста и до 43-х дней их выращивания.

Материалы и методы исследования. Опыт проводили в условиях птицефабрики Амурской области на цыплятах-бройлерах кросса «Hubbard F15 White». Для каждого сезона года (зима, весна, лето, осень) формировали контрольные и опытные группы птиц по методу пар-аналогов по возрасту и живой массы в количестве 200 голов в каждой.

Цыплята контрольной группы получали основной рацион, сбалансированный по питательным веществам, в соответствии с нормами, разработанными зоотехнической службой птицефабрики и согласующимися с научно обоснованными рекомендациями. Птице опытной группы скормливали основной рацион с добавкой парааминобензойной кислоты в количестве 10 мг/кг корма. Условия содержания и кормления соответствовали зоотехническим рекомендациям.

Забор крови из сердца проводили в возрасте 1; 15; 30; 37; 43 дней для определения активности щелочной фосфатазы в сыворотке крови. Соответствующий показатель устанавливали унифицированным

кинетическим методом. Принцип метода основан на гидролизе п-нитрофенилфосфата в щелочной среде ($pH = 10,4$) с образованием п-нитрофенола, скорость образования которого пропорциональна активности фермента.

Полученные данные подвергли статистической обработке. Достоверность различий между группами оценивали по t -критерию Стьюдента. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты исследований и их обсуждение. Результаты показали, что активность щелочной фосфатазы в сыворотке крови цыплят-бройлеров изменялась с возрастом и зависела как от сезона года, так и от применения парааминобензойной кислоты (табл. 1).

Анализ данных выявил общую тенденцию к снижению активности ЩФ в опытных группах в периоды интенсивного роста (30–43 дня), которая в ряде случаев достигала уровня статистической значимости. Так, в зимний период в 37-дневном возрасте активность ЩФ в опытной груп-

Таблица 1 – Активность щелочной фосфатазы в сыворотке крови цыплят-бройлеров при применении парааминобензойной кислоты ($M \pm m$)

Table 1 – Alkaline phosphatase activity in the blood serum of broiler chickens when using para-aminobenzoic acid ($M \pm m$)

В ед/мл (in U/ml)

Сезон	Возраст, дни	Контрольная группа	Опытная группа
Зима	15	196,4 $\pm$ 7,40	193,2 $\pm$ 11,9
	30	202,1 $\pm$ 4,8	187,9 $\pm$ 16,2*
	37	243,8 $\pm$ 11,6	201,9 $\pm$ 8,4**
	43	187,4 $\pm$ 10,9	187,9 $\pm$ 11,8
Весна	15	178,9 $\pm$ 14,8	156,3 $\pm$ 19,4
	30	187,9 $\pm$ 12,3	166,4 $\pm$ 20,1
	37	198,5 $\pm$ 17,8	191,3 $\pm$ 4,2
	43	185,3 $\pm$ 14,8	174,0 $\pm$ 9,5
Лето	15	229,4 $\pm$ 5,1	203,7 $\pm$ 23,8
	30	195,3 $\pm$ 6,2	154,2 $\pm$ 7,4**
	37	201,3 $\pm$ 9,4	158,9 $\pm$ 11,7**
	43	195,3 $\pm$ 14,2	161,9 $\pm$ 12,3*
Осень	15	167,3 $\pm$ 3,1	169,2 $\pm$ 4,9
	21	218,9 $\pm$ 5,9	199,3 $\pm$ 10,2*
	30	259,2 $\pm$ 8,3	221,7 $\pm$ 12,8*
	37	235,3 $\pm$ 13,6	211,9 $\pm$ 21,8
	43	211,7 $\pm$ 10,9	219,3 $\pm$ 8,3
* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$.			

пе была на 17,2 % ниже, чем в контроле (201,9 против 243,8 ед/мл, $p < 0,01$).

Наиболее выраженный и стабильный эффект ПАБК наблюдался в летний период. В возрасте 30; 37 и 43 дней активность фермента в опытной группе была достоверно ниже контрольных значений на 21,0 %, 21,1 % и 17,1 % соответственно ($p < 0,01-0,05$). В осенний период значимое снижение активности ЩФ под влиянием ПАБК отмечалось в возрасте 21 и 30 дней (на 8,9 и 14,5 % соответственно). В весенний период, несмотря на тенденцию к снижению активности ЩФ в опытной группе, различия не достигали уровня статистической значимости.

Результаты согласуются с данными биохимического анализа костной ткани, согласно которым у цыплят, получавших ПАБК, отмечалось достоверное увеличение содержания золы, кальция и фосфора в большеберцовой кости в зимний и весенний периоды (табл. 2).

Известно, что ЩФ играет ключевую роль в процессе минерализации, обеспечивая локальное увеличение концентрации неорганического фосфата [8]. Высокая ее активность в сыворотке крови может отражать как интенсивное костеобразование, так и компенсаторные механизмы при недостаточной эффективности минерализации [9].

Наблюдаемое в исследовании снижение активности ЩФ на фоне одновременного увеличения минеральной плотности кости позволяет предположить, что применение ПАБК способствует более сбалансированному и эффективному протеканию

процессов костеобразования. При оптимальном обеспечении организма кальцием и фосфором и эффективном их включении в костную ткань необходимость в повышенной активности фермента в системном кровотоке снижается. Потенциальным механизмом действия ПАБК может быть ее влияние на синтез фолиевой кислоты микрофлорой кишечника, которая, в свою очередь, участвует в синтезе пуринов и пиримидинов, необходимых для пролиферации остеобластов.

Сезонные различия в эффекте ПАБК, по-видимому, связаны с изменением метаболических потребностей птицы и модифицируют реакцию организма на биологически активные добавки под влиянием факторов внешней среды (температура, влажность, световой день).

Закключение. Проведенные исследования позволили установить, что включение парааминобензойной кислоты в дозе 10 мг/кг корма оказывает разнонаправленное, но в целом модулирующее влияние на активность щелочной фосфатазы в сыворотке крови цыплят-бройлеров. Выраженность этого эффекта определяется как возрастным периодом, так и сезоном года.

Полученные результаты исследований позволяют сформулировать следующие положения, отражающие их новизну:

1. В начальный период выращивания (15 сут.) различия между контрольной и опытной группами были статистически незначимы во все сезоны. Наиболее выраженное действие парааминобензойной кислоты проявлялось в фазу интенсивного роста (30–43 сут.), когда в опытных груп-

Таблица 2 – Влияние парааминобензойной кислоты на концентрацию минеральных веществ большеберцовой кости цыплят-бройлеров в 43-дневном возрасте ($M \pm m$)

Table 2 – Effect of para-aminobenzoic acid on the concentration of mineral substances in the tibia of 43-day-old broiler chickens ($M \pm m$)

В процентах (in percent)

Сезон года	Группа	Зола	Кальций	Фосфор
Зима	контрольная	19,0 $\pm$ 1,1	8,4 $\pm$ 0,6	3,4 $\pm$ 0,4
	опытная	21,3 $\pm$ 3,2	10,1 $\pm$ 0,9*	3,8 $\pm$ 0,7
Весна	контрольная	21,3 $\pm$ 1,2	8,3 $\pm$ 0,9	4,1 $\pm$ 0,3
	опытная	27,4 $\pm$ 4,2*	11,1 $\pm$ 2,4	5,9 $\pm$ 0,4*
Лето	контрольная	14,0 $\pm$ 1,9	6,9 $\pm$ 1,0	2,5 $\pm$ 0,3
	опытная	14,9 $\pm$ 1,2	6,7 $\pm$ 0,9	3,2 $\pm$ 0,7*

* $p < 0,05$.

пах регистрировалось устойчивое снижение активности щелочной фосфатазы.

2. Эффективность парааминобензойной кислоты в отношении снижения активности щелочной фосфатазы имела четкую сезонную специфику. Наиболее стабильный и статистически подтвержденный результат получен в летний и осенний периоды (достоверные различия в 2–3 возрастных точках). В зимний период значимое различие зафиксировано только на 37 сут., а в весенний период, несмотря на устойчивую тенденцию к снижению, различия не достигли уровня значимости ($p > 0,05$), что указывает на меньшую стабильность действия добавки в условиях весеннего микроклимата и, возможно, изменчивости кормовой базы.

3. Ключевым выводом является то, что снижение активности щелочной фосфатазы в сыворотке крови у опытных групп происходило на фоне одновременного повышения содержания золы, кальция и фосфора в костной ткани, что свидетельствует не о торможении, а об оптимизации процессов костеобразования. Умеренная активность щелочной фосфатазы при улучшенной минерализа-

ции говорит о более эффективном использовании кальция и фосфора на тканевом уровне и снижении напряжения ферментативных систем системного кровотока.

4. Полученные данные подтверждают, что динамика активности щелочной фосфатазы служит информативным биохимическим маркером для оценки эффективности применения парааминобензойной кислоты в рационах бройлеров. Рекомендуется проводить мониторинг этого показателя в ключевые фазы роста (30–37 сут.) с учетом сезонного фактора. Это позволит обеспечить своевременную корректировку дозировки добавки, а также оценку состояния кальциево-фосфорного обмена.

Перечисленные положения позволяют считать достигнутой цель исследований. Нами было доказано, что парааминобензойная кислота модулирует активность щелочной фосфатазы в зависимости от возраста и сезона, причем наиболее выраженный положительный эффект (снижение ферментативной активности при улучшении минерализации кости) проявляется в летне-осенний период и в фазу завершающего откорма.

Список источников

1. Ganjigohari S., Ziaei N., Ramzani Ghara A., Tasharrofi S. Effects of nanocalcium carbonate on egg production performance and plasma calcium of laying hens // Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. 2018. Vol. 102. No. 1. P. e225–e232. doi: 10.1111/jpn.12731.
2. Okuyama K. Differentiation of committed osteoblast progenitors by octacalcium phosphate compared to calcium-deficient hydroxyapatite in Lep^{prcre}/Tomato mouse tibia // Acta Biomaterialia. 2022. Vol. 142. P. 332–344. doi: 10.1016/j.actbio.2022.02.016.
3. Георгиевский В. И. Физиология сельскохозяйственных животных. М. : Агропромиздат, 1990. 510 с.
4. Клетикова Л. В. Динамика обмена кальция и фосфора у высокопродуктивных кур в зависимости от периода яйцекладки // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 1. С. 57–58. EDN RWFBRH.
5. Воронова И. В. Эффективность использования парааминобензойной кислоты в животноводстве и птицеводстве // Российский ветеринарный журнал. Сельскохозяйственные животные. 2012. № 4. С. 11–12. EDN PJBZZ.
6. Витамины и минеральные вещества: полная энциклопедия. СПб. : Весь, 2001. 367 с.
7. ВНИТИП: современные подходы к кормлению птицы // Комбикорма. 2017. № 1. С. 96–100. EDN VLCLCC.
8. Смолин С. Г., Карпушина О. В. Возрастная динамика кальциево-фосфорного обмена и естественной резистентности у бройлеров при применении парааминобензойной кислоты. Красноярск : Красноярский государственный аграрный университет, 2007. 101 с. EDN QKYVKD.
9. Orimo H. The mechanism of mineralization and the role of alkaline phosphatase in health and disease // Journal of Nippon Medical School. 2019. Vol. 77. No. 1. P. 4–12. doi: 10.1272/jnms.77.4.

References

1. Ganjigohari S., Ziaei N., Ramzani Ghara A., Tasharrofi S. Effects of nanocalcium carbonate on egg production performance and plasma calcium of laying hens. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 2018;102;1:e225–e232. doi: 10.1111/jpn.12731.
2. Okuyama K. Differentiation of committed osteoblast progenitors by octacalcium phosphate compared to calcium-deficient hydroxyapatite in Leprcre/Tomato mouse tibia. *Acta Biomaterialia*, 2022;142:332–344. doi: 10.1016/j.actbio.2022.02.016.
3. Georgievsky V. I. *Physiology of agricultural animals*, Moscow, Agropromizdat, 1990, 510 p. (in Russ.).
4. Kletikova L. V. Dynamics of calcium and phosphorus metabolism in highly productive hens depending on the laying period. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*, 2014;1:57–58. EDN RWFBRH (in Russ.).
5. Voronova I. V. Effectiveness of using para-aminobenzoic acid in animal husbandry and poultry farming. *Rossiiskii veterinarnyi zhurnal. Sel'skokhozyaistvennye zhivotnye*, 2012;4:11–12. EDN PJBZZZ (in Russ.).
6. *Vitamins and minerals: complete encyclopedia*, Saint-Petersburg, Ves', 2001, 367 p. (in Russ.).
7. All Russian Poultry Research and Technological Institute: Modern approaches to poultry feeding. *Kombikorma*, 2017;1:96–100. EDN VLCLCC (in Russ.).
8. Smolin S. G., Karpushina O. V. *Age dynamics of calcium phosphorus metabolism and natural resistance in broilers when using para-aminobenzoic acid*, Krasnoyarsk, Krasnoyarskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2007, 101 p. EDN QKYVKD (in Russ.).
9. Orimo H. The mechanism of mineralization and the role of alkaline phosphatase in health and disease. *Journal of Nippon Medical School*, 2019;77;1:4–12. doi: 10.1272/jnms.77.4.

© Атавина О. В., 2026

Статья поступила в редакцию 28.05.2026; одобрена после рецензирования 17.08.2026; принята к публикации 02.09.2026.

The article was submitted 28.05.2026; approved after reviewing 17.08.2026; accepted for publication 02.09.2026.

Информация об авторе

Атавина Ольга Витальевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры эпизоотологии и организации ветеринарного дела, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина, Atavina72@gmail.com

Information about the author

Olga V. Atavina, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Epizootology and Organization of Veterinary Medicine, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K. I. Skryabin, Atavina72@gmail.com