

ОЦЕНКА МИНЕРАЛЬНОГО ОБМЕНА У ПЕРВОТЕЛОК И ТЕЛЯТ ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ ПРИ СУБКЛИНИЧЕСКОМ КЕТОЗЕ

Елизавета Михайловна Протасова¹, Наталья Анатольевна Кочуева^{2✉}

^{1,2}Костромская государственная сельскохозяйственная академия, Российская Федерация

¹аспирант, orcid.org/0009-0003-8133-5071

²д-р биол. наук, проф., email: kochueva_n@mail.ru, orcid.org/0000-0002-6637-4924

РЕФЕРАТ

Исследования проводили на базе сельскохозяйственного предприятия Костромской области. С целью изучения показателей минерального обмена при субклиническом кетозе у первотелок голштинской породы и у полученных от них телят было сформировано две группы первотелок: подопытная группа – первотелки с признаками субклинического кетоза (n=20); контрольная группа – клинически здоровые первотелки (n=10). Диагноз на субклинический кетоз устанавливали на 4-й день после отела при содержании кетоновых тел в крови свыше 1,2 ммоль/л. Также были скомплектованы две группы телят голштинской породы: подопытная группа – телята, полученные от первотелок с признаками субклинического кетоза (n=20); контрольная группа – телята от клинически здоровых первотелок (n=10). В сыворотке крови определяли количество общего кальция, неорганического фосфора, магния, а также индексы Ca/P, Ca/Mg, Mg/P. Результаты исследования установлено, что в сыворотке крови у первотелок голштинской породы при субклиническом кетозе на 4-й день лактации наблюдается более низкое содержания кальция на 13,0% и фосфора на 16,4% при высоком уровне магния. У телят, полученных от первотелок больных субклиническим кетозом, в сыворотке крови при почти равных значениях общего кальция были меньше показатели неорганического фосфора на 13,5% и магния на 13,7%. Повышение у больных субклиническим кетозом соотношения Ca/P и Ca/Mg при низких таковых индексах у телят, полученных от этих матерей, может отражать компенсаторную реакцию на метаболический стресс и электролитный дисбаланс, характерный для субклинического кетоза, как у первотелок–матерей, так и у полученных от них телят.

Ключевые слова: минеральный обмен, первотелки, телята, голштинская порода, субклинический кетоз.

Для цитирования: Протасова Е.М., Кочуева Н.А. Оценка минерального обмена у первотелок и телят голштинской породы при субклиническом кетозе. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2026;2:213-216. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.2.213>

EVALUATION OF MINERAL METABOLISM IN HEIFERS AND HOLSTEIN CALVES WITH SUBCLINICAL KETOSIS

Elizaveta M. Protasova¹, Natalya A. Kochueva^{2✉}

^{1,2}Kostroma State Agricultural Academy, Russian Federation

¹Postgraduate student, orcid.org/0009-0003-8133-5071

²Doctor of Biological Sciences, Professor, email: kochueva_n@mail.ru, orcid.org/0000-0002-6637-4924

ABSTRACT

The research was conducted at an agricultural enterprise in the Kostroma region. To study the indicators of mineral metabolism in heifers with subclinical ketosis and their calves, two groups of heifers were formed: the experimental group – heifers showing signs of subclinical ketosis (n=20); the control group – clinically healthy heifers (n=10). The diagnosis of subclinical ketosis was established on the 4th day after calving when the concentration of ketone bodies in the blood exceeded 1.2 mmol/L. Two groups of Holstein calves were also formed: the experimental group – calves born to heifers with signs of subclinical ketosis (n=20); the control group – calves from clinically healthy heifers (n=10). Serum samples were analyzed for total calcium, inorganic phosphorus, magnesium, and the ratios of Ca/P, Ca/Mg, and Mg/P. The results indicated that in the serum of Holstein heifers with subclinical ketosis on the 4th day of lactation, there was a 13.0% lower calcium level and a 16.4% lower phosphorus level, alongside a high magnesium level. In calves born to heifers suffering from subclinical ketosis, serum analysis revealed a 13.5% lower inorganic phosphorus level and a 13.7% lower magnesium level, despite nearly equal total calcium levels. The increased Ca/P and Ca/Mg ratios in heifers with subclinical ketosis, alongside low ratios in their calves, may reflect a compensatory response to metabolic stress and electrolyte imbalance characteristic of subclinical ketosis in both the heifer mothers and their calves.

Key words: mineral metabolism, first-calf heifers, calves, Holstein breed, subclinical ketosis.

For citation: Protasova E.M., Kochueva N.A. Evaluation of mineral metabolism in heifers and holstein calves with subclinical ketosis. Legal regulation in veterinary medicine. 2026;2:213-216. (in Russ) <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.2.213>

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях одним из важнейших жизнеобеспечивающих секторов аграрного производства является скотоводство, где с максимальной степенью используют потенциально заложенную генетическую продуктивность молочного скота при максимальной интенсификации производства [1]. Интенсификация молочного скотоводства сопряжена с высокими нагрузками на организм животных, увеличивающимися пропорционально их продуктивности и провоцирующими развитие нарушений обмена веществ. Стойкое напряжение обменных процессов в организме может привести к серьезным заболеваниям, одним из которых является кетоз молочных коров, который сопровождается глубокими нарушениями всех видов обмена и преимущественно протекает в субклинической форме [2, 3, 4].

Минеральный обмен играет определяющую роль в поддержании гомеостаза организма коров и реализации генетического потенциала молочной продуктивности и качества получаемого потомства. Нарушения метаболизма зачастую обусловлены длительным дисбалансом между потребностями организма и поступлением минеральных элементов с кормом, что обостряется в транзитный и новотельный период [5]. Патологии обмена веществ, в частности кетоз коров-матерей, оказывают негативное влияние на антенатальное развитие плода, что может быть причиной рождения молодняка с метаболическими нарушениями [1, 4]. Развитие кетогенной ситуации в организме транзитных коров оказывает значительное негативное влияние также на состояние минерального обмена, что приводит к закономерному влиянию кетоза на минеральный обмен у телят первых недель жизни [1, 4, 6].

Таким образом, изучение особенностей минерального обмена у коров с кетозом остается актуальной научной задачей, решение которой позволит разработать эффективные меры профилактики и коррекции метаболических нарушений в молочном скотоводстве.

Цель исследования – изучить показатели минерального обмена при субклиническом кетозе у первотелок голштинской породы и у полученных от них телят.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на базе сельскохозяйственного предприятия ООО «Сушево» Костромской области Костромского района, специализирующемся на разведении крупного рогатого скота голштинской породы в два этапа. На первом этапе исследования было сформировано две группы первотелок голштинской породы: подопытная группа – первотелки с признаками субклинического кетоза ($n=20$); контрольная группа – клинически здоровые первотелки ($n=10$). Диагноз на субклинический кетоз устанавливали на 4-й день после отела при содержании кетоновых тел в крови свыше 1,2 ммоль/л. На втором этапе были сформированы две группы телят голштинской породы: подопытная группа – телята, полученные от первотелок с признаками субклинического кетоза ($n=20$); контрольная

группа – телята от клинически здоровых первотелок ($n=10$).

Кровь у животных отбирали в утренние часы до кормления, у первотелок на 4-й день после отела из подхвостовой вены, у телят на 4-й день жизни из яремной вены по общепринятой методике. Исследование биохимических показателей проводилось в аккредитованной лаборатории «ВЕТТЕСТ» (РФ, г. Москва). В сыворотке крови определяли количество общего кальция (Ca, ммоль/л), неорганического фосфора (P, ммоль/л), магния (Mg, ммоль/л), а также индексы Ca/P, Ca/Mg, Mg/P. Для статистического анализа данных использовали программное обеспечение MS Excel. Достоверность различия сравниваемых показателей оценивали методом по t-критерию Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты содержания показателей минерального обмена в сыворотке крови первотелок и телят при субклиническом кетозе представлены в таблицах 1-2.

Содержание общего кальция в сыворотке крови у первотелок в обеих группах было ниже референсных значений (см. табл. 1). При этом у животных с субклиническим кетозом уровень общего кальция был меньше на 13,0% ($P<0,05$), чем у здоровых. Сходная закономерность была отмечена и в отношении концентрации неорганического фосфора: данный показатель у больных животных был на 16,4% ($P<0,05$) ниже, чем в контрольной группе (см. табл. 1). Исследователи отмечали, что снижение содержания общего кальция в крови характерно для коров при кетозе, в то же время уровень фосфора у таких животных часто не имеет различий или был выше, чем у здоровых, что может свидетельствовать о развитии субклинической формы гипокальциемии [2, 7].

У молодняка обеих групп содержание общего кальция находилось в пределах физиологических границ, в то время как количество неорганического фосфора их превышало (см. табл. 2). При этом концентрации общего кальция у всех телят была почти одинаковая, то уровень неорганического фосфора у молодняка, полученного от больных первотелок, был меньше на 13,5% ($P<0,001$).

В ходе исследования установлено, что у животных с субклиническим кетозом уровень магния в крови был выше на 10,2%, но в целом данный показатель в двух группах оставался в референсных пределах (см. табл. 1). Однако содержание магния в крови телят обеих групп было ниже рекомендуемых интервалов, но при этом в группе телят, полученных от больных первотелок, количество магния было на 13,7% меньше, чем у телят другой группы (см. табл. 2). Zhang Z. et al. (2011) отмечают, что при субклиническом кетозе уровень магния может оставаться в пределах референсных значений [8]. Однако Ünal C.N. et al. (2025) указывают на характерное при кетозе понижение содержания магния при повышении уровня неэтерифицированных жирных кислот в крови и ацидозе [5]. Снижение уровня минеральных элементов в крови телят, полученных от коров, больных кетозом многие авторы связывают с токсическим влиянием кетоновых тел, преодолевающих плацентарный барьер и негативно

Таблица 1. Показатели минерального обмена первотелок голштинской породы при субклиническом кетозе.

Table 1. Mineral metabolism indices in Holstein first-calf heifers with subclinical ketosis.

Показатель	Подопытная группа первотелок, n=20	Контрольная группа первотелок, n=10	Референсные значения [4]
Общий кальций, ммоль/л	2,07±0,13*	2,38±0,05	2,5-3,13
Неорганический фосфор, ммоль/л	1,84±0,07*	2,20±0,16	1,45-1,94
Магний, ммоль/л	0,98±0,06	0,88±0,07	0,82-1,23
Ca/P	1,14±0,07	1,17±0,15	1,5-2,0
Ca/Mg	2,29±0,20***	2,83±0,21	≥2,9
Mg/P	0,50±0,09	0,42±0,04	0,5

Примечание: * — $P < 0,05$; *** — $P < 0,001$, различия достоверны по отношению к показателям контрольной группы.

Таблица 2. Показатели минерального обмена телят голштинской породы при субклиническом кетозе матерей-первотелок.

Table 2. Mineral metabolism indices in Holstein calves with subclinical ketosis in first-calf mothers.

Показатель	Подопытная группа телят, n=20	Контрольная группа телят, n=10	Референсные значения [4]
Общий кальций, ммоль/л	2,97±0,09	3,00±0,06	2,7-3,2
Неорганический фосфор, ммоль/л	2,67±0,11***	3,12±0,12	1,5-2,3
Магний, ммоль/л	0,82±0,07	0,95±0,11	1,35-1,39
Ca/P	1,17±0,09*	0,97±0,04	1,5-2,0
Ca/Mg	4,78±0,97	3,48±0,30	≥2,9
Mg/P	0,32±0,03	0,32±0,05	0,5

Примечание: * — $P < 0,05$; *** — $P < 0,001$, различия достоверны по отношению к показателям контрольной группы.

воздействующих на плод в антенатальный период [1, 4].

Особого внимания заслуживает анализ индекса Ca/P у разных групп животных (см. табл. 1). Сохранение физиологического соотношения кальция и фосфора говорит о нормальном развитии телят [9]. В наших исследованиях оба значения индекса Ca/P оказались существенно ниже границ физиологической нормы, что свидетельствует о выраженном дисбалансе макроэлементов. В данном случае у животных, больных субклиническим кетозом, дисбаланс был обусловлен снижением концентрации кальция, а у здоровых коров – высоким уровнем фосфора. У телят, полученных от больных матерей, Ca/P-отношение было выше на 17,1% ($P < 0,05$) за счет значительно более низкого уровня фосфора в данной группе молодняка (см. табл. 2). Петрух И.М. (2015) считает, что кетоз, как глубокое нарушение метаболических процессов организма, влияет на регуляцию обмена кальция и фосфора, поскольку при данной патологии наблюдается изменение уровней паратгормона и кальцитонина, регулирующих обмен этих компонентов [10].

Наиболее выраженные межгрупповые различия у первотелок были зафиксированы при анализе соотношения Ca/Mg. В группе животных с субклиническим кетозом данный показатель был на 19,1% ($P < 0,001$) ниже значений, зарегистрированных в контрольной группе (см. табл. 1). Соотно-

шение Ca/Mg у телят обеих групп было в пределах рекомендуемых значений, однако низкое содержание магния в крови не позволяет положительно оценивать данный показатель (см. табл. 2).

Соотношение Mg/P у исследуемых животных не имело значимых различий и было низким как в группах первотелок-матерей, так и у полученных от них телят (см. табл. 1). Снижение данного показателя подчеркивает наличие гипомagneмии и повышенного содержания фосфора в крови животных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, у первотелок голштинской породы при субклиническом кетозе на 4-й день лактации в сыворотке крови наблюдается более низкое содержания кальция на 13,0% и фосфора на 16,4% при более высоком уровне магния. У телят, полученных от первотелок больных субклиническим кетозом, в сыворотке крови при почти равных значениях общего кальция можно наблюдать более низкие показатели неорганического фосфора на 13,5% и магния на 13,7 %.

Повышение у больных субклиническим кетозом соотношения Ca/P и Ca/Mg при низких таких индексах у телят, полученных от этих матерей, может отражать компенсаторную реакцию на метаболический стресс и электролитный дисбаланс, характерный для субклинического кетоза, как у первотелок-матерей, так и у полученных от них телят.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Требухов А.В., Эленшлегер А.А. Взаимосвязь основных показателей минерального обмена у больных кетозом коров и рождённых от них телят. Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2016;5 (252): 48–55.

2. Требухов А.В. Некоторые показатели минерального обмена у больных кетозом коров. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016;1(135): 108–110.
3. Сабетова К.Д., Лемякин А.Д., Чаицкий А.А., Щеголев П.О., Баданина Л.С., Метляев Н.Ю., Дудихин А.С., Кочуева Н.А. Роль полиморфизма LEP R25C в предрасположенности коров к кетозу. Международный вестник ветеринарии. 2024;1: 415–426. DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.1.415
4. Требухов А.В., Эленшлегер А.А., Требухов А.В., Ковалёв С.П., Денисенко В.Н., Щербаков Г.Г., Яшин А.В. Кетоз коров и телят: учебное пособие. Санкт-Петербург: Лань. 2022: 132. ISBN 978-5-8114-3488-6.
5. Ünal C.N., İnce M.A., Keçeci H., Uztimür M. Investigation of negative energy balance and biochemical parameters in dairy cows with hypomagnesemia developing in the fresh period. *Livestock Studies*. 2025;65: 071–077. DOI: 10.46897/livestockstudies.1847825
6. Дудихин А.С., Кочуева Н.А. Показатели минерального обмена у коров костромской породы при субклиническом кетозе. Эффективное животноводство. 2023;6(188): 50–51.
7. Корочкина Е.А. Опыт применения витаминно-минеральных болюсов молочным коровам в транзитный период (результаты экспериментального исследования в хозяйствах ленинградской области). Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2022;1: 71–75.
8. Zhang Z., Li X., Wang H., Guo C., Gao L., Liu L., Li Y. Concentrations of sodium, potassium, magnesium, and iron in the serum of dairy cows with subclinical ketosis. *Biological Trace Element Research*. 2011;144(1–3): 525–528. DOI: 10.1007/s12011-011-9131-9
9. Барышев В.А., Токарева О.А., Попова О.С., Токарев А.Н. Изучение влияния БАВ на рост и развитие телят. Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2018;4: 180–182.
10. Петрух И.М., Симонов М.Р., Влизло В.В. Минеральный гомеостаз у коров, больных кетозом, при лечении препаратом «Ремивитал». Научный вестник Львовского национального университета ветеринарной медицины и биотехнологий имени С. З. Гжицкого. 2015;17, 2 (62): 183–188.

REFERENCES

1. Trebukhov A.V., Elenshleger A.A. Relationship between the Main Parameters of Mineral Metabolism in Cows with Ketosis and Their Calves. *Siberian Bulletin of Agricultural Science*. 2016;5(252): 48–55. (in Russ)
2. Trebukhov A.V. Some Parameters of Mineral Metabolism in Cows with Ketosis. *Bulletin of Altai State Agrarian University*. 2016;1(135): 108–110. (in Russ)
3. Sabetova K.D., Lemyakin A.D., Chaitsky A.A., Shchegolev P.O., Badanina L.S., Metlyaev N.Yu., Dudikhin A.S., Kochueva N.A. The Role of LEP R25C Polymorphism in the Predisposition of Cows to Ketosis. *International Bulletin of Veterinary Medicine*. 2024;1: 415–426. (in Russ) DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.1.415
4. Trebukhov A.V., Elenshleger A.A., Trebukhov A.V., Kovalev S.P., Denisenko V.N., Shcherbakov G.G., Yashin A.V. Ketosis in cows and calves: a tutorial. St. Petersburg: Lan. 2022: 132. ISBN 978-5-8114-3488-6. (in Russ)
5. Ünal C.N., İnce M.A., Keçeci H., Uztimür M. Investigation of negative energy balance and biochemical parameters in dairy cows with hypomagnesemia developing in the fresh period. *Livestock Studies*. 2025;65: 071–077. DOI: 10.46897/livestockstudies.1847825
6. Dudikhin A.S., Kochueva N.A. Mineral metabolism indices in Kostroma cows with subclinical ketosis. *Effective Animal Husbandry*. 2023;6(188): 50–51. (in Russ)
7. Korochkina E.A. Experience of using vitamin and mineral boluses in dairy cows during the transition period (results of an experimental study on farms in the Leningrad Region). *Normative-legal regulation in veterinary medicine*. 2022;1: 71–75. (in Russ)
8. Zhang Z., Li X., Wang H., Guo C., Gao L., Liu L., Li Y. Concentrations of sodium, potassium, magnesium, and iron in the serum of dairy cows with subclinical ketosis. *Biological Trace Element Research*. 2011;144(1–3): 525–528. DOI: 10.1007/s12011-011-9131-9
9. Baryshev V.A., Tokareva O.A., Popova O.S., Tokarev A.N. Study of the effect of biologically active substances on the growth and development of calves. *Issues of legal regulation in veterinary medicine*. 2018;4: 180–182. (in Russ)
10. Petrukh I.M., Simonov M.R., Vlizlo V.V. Mineral homeostasis in cows with ketosis treated with Remivital. *Scientific Bulletin of the Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology named after S. Z. Gzhytsky*. 2015;17, 2 (62): 183–188. (in Russ)

Поступила в редакцию / Received: 02.04.2026

Поступила после рецензирования / Revised: 15.04.2026

Принята к публикации / Accepted: 30.06.2026