

ПАТОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ, МОРФОЛОГИЯ, ФИЗИОЛОГИЯ, ФАРМАКОЛОГИЯ И ТОКСИКОЛОГИЯ

ANIMAL PATHOLOGY, MORPHOLOGY, PHYSIOLOGY, PHARMACOLOGY AND TOXICOLOGY



УДК 636.237.21.03:612.1

Оригинальное эмпирическое исследование

<https://doi.org/10.23947/2949-4826-2024-23-4-45-51>

Анализ биохимических показателей белкового обмена у коров голштинской породы с целью профилактики патологий репродуктивной системы

М.Д. Новак , А.И. Новак  Рязанский государственный медицинский университет имени И.П. Павлова, г. Рязань,
Российская Федерация marieta69@mail.ru

EDN: AYKXEO

Аннотация

Введение. Нарушение белкового обмена (диспротеинемия) у сухостойных и новотельных коров зачастую является осложняющим фактором при маститах и эндометритах и приводит к снижению живой массы животного. Своевременное выявление физиологических нарушений и заболеваний у высокопродуктивных животных на основе биохимического анализа крови является основой мероприятий по сохранению оптимальных показателей продуктивности стада и предотвращения экономических потерь, однако в молочных хозяйствах этой проблеме уделяется недостаточное внимание. Цель работы — проанализировать биохимические показатели белкового обмена у высокопродуктивных коров голштинской породы для своевременной профилактики диспротеинемии и патологий репродуктивной системы.

Материалы и методы. Исследования выполнены в условиях крупного молочного комплекса Центрального района Российской Федерации в период с марта по июнь 2019 г. Объект исследований — 45 высокопродуктивных коров голштинской породы (сухостойные, новотельные и животные в период лактации — по 15 голов в каждой группе). Для характеристики белкового обмена и воспалительных процессов в тканях и органах сухостойных и новотельных коров брали следующие биохимические показатели крови: общий белок, альбумин, глобулин, мочевины, креатинин, мочевиная кислота, ферменты трансферазы — АсАТ и АлАТ. В группе животных в период лактации выполняли только клинический осмотр и специальные клинические исследования. Анализ осуществляли путем сравнения полученных результатов с физиологическими нормативными параметрами.

Результаты исследования. В сухостойный период уровень альбумина у 5 из 15 коров был меньше на 5,3–16 %, а у новотельных соответствовал нижней границе физиологических нормативных параметров. Содержание общего белка в крови новотельных коров было ниже нормы в среднем на 20–23 %. Концентрация мочевины у всех исследованных коров снижена в 1,5–2,5 раза, креатинина — повышена в 2–2,5 раза (56–89 %). Активность фермента АсАТ у 75 % сухостойных и всех новотельных коров была выше в 2–4 раза. Показатели резервной щелочности меньше физиологических нормативных параметров в 0,6–2,4 раза у всех исследованных животных.

Обсуждение и заключение. В ходе исследования установлено, что соответствие уровня протеина в рационе биологическим потребностям организма продуктивных животных необходимо определять по концентрации в сыворотке крови общего белка и альбумина, а диспротеинемия и различные патологии репродуктивной системы — по содержанию мочевины, креатинина и активности фермента аспаратаминотрансферазы.

Ключевые слова: коровы голштинской породы, сухостойные коровы, новотельные коровы, биохимические показатели крови, рацион, белковый обмен, диспротеинемия, патологии репродуктивной системы коров, мастит, эндометрит

Для цитирования. Новак М.Д., Новак А.И. Анализ биохимических показателей белкового обмена у коров голштинской породы с целью профилактики патологий репродуктивной системы. *Ветеринарная патология*. 2024;23(4):45–51. <https://doi.org/10.23947/1682-5616-2023-23-4-45-51>

Analysis of Protein Metabolism by Biochemical Parameters in Holstein Cows for Preventing the Reproductive System Pathologies

Mikhail D. Novak , Aleksandra I. Novak  

Ryazan State Medical University Named after Academician I.P. Pavlov, Ryazan, Russian Federation

 marieta69@mail.ru

Abstract

Introduction. Protein metabolism disorder (dysproteinemia) in dry and freshly calved cows often becomes a complicating factor during mastitis and endometritis and leads to the animal's liveweight decrease. Timely detection of physiological disorders and diseases in the highly productive animals by means of a biochemical blood test is the basic method to preserve the optimal indicators of herd productivity and prevent the economic losses, however, this issue is insufficiently followed up in the dairy farms. The aim of the present research is to analyse the protein metabolism in highly productive Holstein cows by biochemical parameters for timely prevention of the dysproteinemia and pathologies of the reproductive system.

Materials and Methods. The research was carried out in the conditions of a large dairy farm in the Central district of the Russian Federation in the period from March to June 2019. The objects of the research were 45 highly productive Holstein cows (dry, freshly calved and milking cows — 15 heads in each group). To analyse the protein metabolism and inflammatory processes in the tissues and organs of dry and freshly calved cows, the following biochemical blood parameters were studied: total protein, albumin, globulin, urea, creatinine, uric acid, transferase enzymes — ASAT and ALAT. The analysis was carried out by comparing the results obtained with the normal values of physiological parameters.

Results. In 5 out of 15 dry cows, the albumin level was 5.3–16% lower, and in freshly calved cows it corresponded to the lower limit of the physiological norm values. The total protein in the blood of the freshly calved cows was lower than normal by 20–23%, on average. The concentration of urea in blood of all cows under research was reduced by 1.5–2.5 times, creatinine was 2–2.5 times elevated (56–89%). The ASAT enzyme activity in 75% of dry and in all freshly calved cows was 2–4 times higher. The reserve alkalinity parameter was 0.6–2.4 times less than the physiological norm values in all animals under research.

Discussion and Conclusion. During the research it was found that the compliance of the protein level in the diet of productive animals with the biological needs of their organisms should be determined by the concentration of total protein and albumin in the blood serum, and dysproteinemia and various pathologies of the reproductive system — by the content of urea, creatinine and activity of the aspartate aminotransferase (ASAT) enzyme.

Keywords: Holstein Cows, dry cows, freshly calved cows, biochemical blood parameters, diet, protein metabolism, dysproteinemia, mastitis, endometritis

For Citation. Novak MD, Novak AI. Analysis of Protein Metabolism by Biochemical Parameters in Holstein Cows for Preventing the Reproductive System Pathologies. *Russian Journal of Veterinary Pathology*. 2024;23(4):45–51. <https://doi.org/10.23947/1682-5616-2023-23-4-45-51>

Введение. Организм высокопродуктивных коров, удои которых составляют более 7000 кг за лактацию, расходует в сутки около 1 кг белка, 1–1,2 кг жира и 1,5 кг лактозы, затраты которых необходимо восполнять с помощью специализированных рационов [1, 2]. Нарушение баланса между отдельными звеньями метаболизма в течение длительного времени, связанное с неполноценным кормлением, обуславливает хронически протекающие патологические процессы [3, 4]. Максимально негативное действие на организм продуктивных животных оказывает дефицит незаменимых аминокислот в кормах, что приводит к нарушению белкового обмена и различным патологиям репродуктивной системы в периоды стельности и после родов [5, 6]. Случаи диспротеинемии сухостойных и новотельных коров могут быть обусловлены также нарушением усвоения питательных веществ вследствие функциональных расстройств пищеварительной системы, первичных заболеваний преджелудков, кишечника и печени [7, 8].

В молочных комплексах Центрального района Российской Федерации среди новотельных коров и первотелок голштинской породы регистрируются патологии репродуктивной системы (эндометриты, маститы), снижение массы тела до 15 %. При недостатке в рационе протеина заболевания протекают в тяжелой форме [9, 10]. Пониженное содержание в крови продуктивных коров альбуминов косвенно подтверждает процессы регенерации, протекающие параллельно с воспалением в тканях и органах [11]. Патологические процессы в ранней фазе можно рассматривать как адаптационно-компенсаторные, требующие корректировки рациона и применения витаминов, макро- и микроэлементов, энергетических, антиоксидантных и десенсибилизирующих препаратов [12]. Несбалансированность рационов коров по белоксодержащим кормам, избыток концентратов и их низкое качество — наиболее частые причины диспротеинемии, субклинических кетозов, которые проявляются впоследствии остеодистрофией, токсическим поражением

печени, нефрозо-нефритами [13, 14]. Поступление с кормами необходимых питательных веществ в организм животных контролируется с помощью биохимического анализа крови. Критерием оценки диспротеинемии являются изменения концентрации общего белка, альбуминов, глобулинов, мочевины и креатинина в сыворотке крови коров [15, 16]. Комплексный мониторинг этих показателей у высокопродуктивных животных должен проводиться регулярно, причем одновременно с оценкой сбалансированности рационов по энергии, питательным веществам, химическому составу, калорийности, наблюдением за качеством кормов, особенностями лактации коров, изменениями их упитанности, сбором данных по продолжительности сервис-периода [17–19]. Эти мероприятия помогают сохранить оптимальные показатели продуктивности стада и предотвратить экономические потери, однако в молочных хозяйствах этой проблеме уделяется недостаточное внимание.

Цель работы — проанализировать причины дисбаланса белкового обмена по результатам биохимических исследований крови высокопродуктивных коров голштинской породы для своевременной профилактики патологий репродуктивной системы.

Материалы и методы. Исследование проведено в условиях крупного молочного комплекса Центрального района Российской Федерации в период с марта по июнь 2019 г. Объект исследований: 45 коров голштинской породы (сухостойные, новотельные и животные в период лактации — по 15 голов в каждой группе); возраст — 3–6 лет; живая масса — от 550 до 630 кг. Биохимические исследования крови выполнены в группах сухостойных (№ 1) и новотельных (№ 2) коров. В группе животных в период лактации (№ 3) проведены только клинический осмотр и специальные клинические исследования для выявления патологий репродуктивной системы (эндометрита, мастита). Характеристика исследуемых животных приведена в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика исследуемых высокопродуктивных коров голштинской породы

№ группы	Физиологическое состояние	Кол-во в группе	Снижение живой массы (кол-во коров, % потери ж. м.),	Заболевания, установленные на основании клинического осмотра и специальных клинических исследований
1	Сухостойные коровы	15	2 (4 % и 5,5 %)	мастит (2)
2	Новотельные коровы	15	3 (3,5 %, 6,0 % и 6,5 %)	мастит (3), эндометрит (2)
3	Коровы в период лактации	15	—	мастит (2), эндометрит (1)

Примечание: «—» — отрицательный результат; в последнем столбце в скобках указано количество случаев выявления патологий репродуктивной системы.

Клинический осмотр и специальные исследования коров на мастит (с применением реактива «Кенотест») и эндометрит выполнены совместно с ветеринарным врачом молочного комплекса. Живую массу (ж. м.) животных в сухостойный период, а также через 10–12 дней после родов устанавливали в динамике, сравнивая показатели веса перед запуском, в течение последующих 1,5–2 месяцев и при раздое. Снижение живой массы выражали в % к первоначальному показателю веса до запуска.

Содержание продуктивных животных в условиях молочного комплекса беспривязное, доение автоматизированное («карусель») с использованием оборудования компании GEA (Германия).

Анализ потребности в питательных веществах выполнен с учетом среднегодовых удоев в соответствии с рекомендациями ФГУ РЦСК [20].

Рекомендуемый состав суточного рациона дойных коров: силос кукурузный BLGG — 21 кг (сухое вещество (СВ) — 6,72 кг), силос клеверный BLGG — 18 кг (СВ — 4,89 кг), сено — 1,5 кг (СВ — 1,26 кг); концентрированные корма (рапс + экструдированный мясокостный концентрат 20 %) — 9,0 кг (СВ — 8,04 кг),

кукуруза (зерно) — 1,4 кг (СВ — 0,98 кг), крахмал — 2,19 кг, сахар — 0,74 кг, сырой протеин — 3,62 кг, сырая зола — 1,64 кг.

Рекомендуемый состав суточного рациона новотельных коров: силос кукурузный BLGG — 19,0 кг (СВ — 6,08 кг), силос клеверный BLGG — 16 кг (СВ — 4,35 кг), сено — 1,5 кг (СВ — 1,27 кг); концентрированные корма (рапс + экструдированный мясокостный концентрат 20 %) — 8,0 кг (СВ — 7,15 кг), кукуруза (зерно) — 2,6 кг (СВ — 1,82 кг), крахмал — 4,57 кг, сахар — 0,71 кг, сырой протеин — 3,47 кг, сырая зола — 1,49 кг.

Рационы при сухостойном содержании коров должны быть такими же, как в период лактации, за исключением объемов силоса (снижение на 15–20 % по СВ), а также сена и сенажа (увеличение в среднем на 60 %). Так, для коров среднегодовой продуктивности 7000–8000 кг молока в сухостойный период содержание основных питательных веществ в рационе должно составлять: сырой протеин — 3,58 кг, крахмал — 4,53 кг, сахар — 0,77 кг, сырая зола — 1,51 кг.

Для характеристики белкового обмена и воспалительных процессов в тканях и органах коров групп

№№ 1, 2 определяли следующие биохимические показатели крови: общий белок, белковые фракции (альбумин, α -, β -, γ -глобулины), мочевины, креатинин, мочевиная кислота, ферменты аспартатаминотрансфераза (АсАТ), аланинаминотрансфераза (АлАТ), щелочная фосфатаза, лактатдегидрогеназа, которые сравнивали с нормативными физиологическими параметрами [21]. Используемое оборудование — автоматический биохимический анализатор крови ChemWell 2910 Combi (Awareness Technology, Inc., США). Статистическая обработка количественных показателей выполнена в программе Microsoft Excel 2010.

Результаты исследования. При клиническом осмотре сухостойных и новотельных коров с высокими показателями продуктивности отмечено снижение живой массы, соответственно, в 2-х из 15 случаев — на 4,5

и 5,5 %, и в 3-х из 15 — на 3,5, 6 и 6,5 %. У животных с пониженной живой массой диагностирован мастит: сухостойные коровы — 2 из 15, новотельные — 3 из 15. Акушерско-гинекологические исследования выявили симптомы острого и хронического эндометрита у коров в период лактации (1 из 15) и у новотельных (2 из 15). По результатам скрининга подтвержден диагноз «серозно-катаральный мастит» у лактирующих коров в 2-х из 15 случаев.

На основании данных биохимического исследования крови сухостойных и новотельных коров установлено недостаточное количество общего белка, пониженная концентрация альбумина, низкое содержание мочевины, значительное увеличение уровня креатинина и АсАТ (таблицы 2 и 3).

Таблица 2

Результаты биохимического исследования крови сухостойных коров

№ п/п	Показатели	Физиологические параметры	Номера коров				
			149	85	27	402	M±m
1	Общий белок	7,2–8,6 %	7,3	7,4	7,6	7,8	7,5±0,2
2	Альбумин	38–50 %	36	32	40	39	36,8±3,1
3	α -глобулины	37,33±2,19 %	35	36,6	37	34,8	35,9±0,9
4	β -глобулины	14,21±1,95 %	14,3	14,9	12,3	15	14,1±1,1
5	γ -глобулины	27,49±1,58 %	28,3	29,6	31	28,3	29,3±1,1
6	Мочевина	3,3–6,7 ммоль/л	1,1	1,1	1,7	1,9	1,5±0,4
7	Креатинин	39,6–57,2 мкмоль/л	93	136	93	85	101,8±20,1
8	Мочевая кислота	37,5–119 мкмоль/л	61	66	101	107	83,8±20,4
9	АлАТ	5–30 ед/л	34	25	18	36	28,3±7,2
10	АсАТ	8–40 ед/л	103	95	18	116	83,0±38,3
11	ЛДГ	0,8–4,0 мкмоль/л	1,9	1,9	2,0	2,0	1,95±0,1
12	Щелочная фосфатаза	100–300 ед/л	92	130	117	62	100,3±25,9

Примечание: в таблице приведены результаты исследований сухостойных коров (выборочно) с учетом степени выраженности нарушений обменных процессов.

В сухостойный период уровень альбумина у 5 из 15 коров (33 %) меньше на 5,3–16 %, а у новотельных соответствует нижней границе физиологических нормативных параметров [21]. Содержание общего белка в крови новотельных коров ниже в среднем на 20–23 %. Концентрация мочевины у всех исследованных коров снижена в 1,5–2,5 раза, а креатинина — повышена в 2–2,5 раза (56–89 %).

Уровень аспартатаминотрансферазы у 75 % сухостойных и всех новотельных коров превышает физиологические показатели в 2–4 раза. Содержание фермента аланинаминотрансферазы, катализирующего процесс переноса аминокислот и превращение α -кетокислот в аминокислоты, почти во всех случаях соответствует физиологической норме, и только у двух коров в последние две недели сухостойного периода выше на 4–6 ед/л.

Концентрация щелочной фосфатазы в крови сухостойных и новотельных коров в большинстве случаев меньше на 8–40 %.

Изменение концентрации лактатдегидрогеназы в крови продуктивных животных за период исследований не отмечено (соответствие физиологическим параметрам). Показатели резервной щелочности меньше нормы в 0,6–2,4 раза у всех исследованных животных, а в наиболее выраженной степени — у новотельных коров. Кетоновые тела выявлены в крови почти всех исследованных животных при их относительно невысокой концентрации (первая и вторая степень).

Комплексный мониторинг биохимических показателей крови высокопродуктивных коров показал нарушения белкового обмена либо диспротеинемии на субклиническом уровне. Уменьшение уровня альбумина объясняется преобладанием катаболических процессов в послеродовой период, особенно при дисбалансе белкового обмена и токсикозе. У коров в сухостойный период по уменьшению содержания альбумина и глобулинов можно констатировать снижение гуморального иммунитета.

Таблица 3

Результаты биохимического исследования крови новотельных коров

№ п/п	Показатели	Физиологические параметры	Номера коров					
			708	306	752	368	573	M±m
1	Общий белок	7,2–8,6 %	6,3	6,0	5,9	6,2	5,9	6,1±0,1
2	Альбумины	38–50 %	41	38	40	39	37	39,0±1,1
3	α-глобулины	37,33±2,19 %	35,0	34,2	37,2	38,1	34,2	35,7±1,6
4	β-глобулины	14,21±1,95 %	11,3	12,8	12,5	13,2	14,8	12,9±0,9
5	γ-глобулины	27,49±1,58 %	28,7	28,6	27,3	28,2	25,3	27,6±1,2
6	Мочевина	3,3–6,7 ммоль/л	1,8	1,7	1,5	1,9	1,9	1,8±0,1
7	Креатинин	39,6–57,2 мкмоль/л	93	89	96	108	102	97,6±6,4
8	Мочевая кислота	37,5–119 мкмоль/л	75	80	76	68	57	71,2±7,9
9	АлАТ	5–30 ед/л	25	18	22	24	20	21,8±2,1
10	АсАТ	8–40 ед/л	95	120	86	111	121	106,6±12,9
11	ЛДГ	0,8–4,0 мкмоль/л	1,8	1,6	2,2	2,0	1,9	1,9±0,2
12	Щелочная фосфатаза	100–300 ед/л	59	68	70	69	74	68,0±2,9

Примечание: в таблице приведены результаты исследований новотельных коров (выборочно) с учетом степени выраженности нарушений обменных процессов.

Концентрация мочевины в крови исследованных животных, характеризующая уровень протеина в рационе и интенсивность рубцового пищеварения, понижена по сравнению с нормой (особенно у новотельных коров), а содержание креатинина — более высокое. Это также указывает на снижение уровня белкового обмена и его дисбаланс.

У сухостойных и новотельных коров установлено повышение концентрации АсАТ в 2–4 раза, что свидетельствует о длительно протекающих воспалительных процессах, альтерации (цитоллиз и др.) и хронических заболеваниях внутренних органов. Содержание фермента АлАТ у большинства животных соответствовало физиологической норме.

Обсуждение и заключение. Диспротеинемия и кетозы коров, выявленные в субклинической форме в ходе исследования, возникают в основном по причине несбалансированности рациона по энергии, протеину, а также из-за присутствия токсических компонентов.

Недостаточное количество протеина в кормах при выраженной потребности организма продуктивных животных в восстановительных процессах и обновлении тканей приводит к использованию собственных энергетических ресурсов, прежде всего гликогена, и сопровождается дистрофическо-дегенеративными изменениями, клинически проявляющимися снижением живой массы. Дефицит белка в организме высокопродуктивных коров — одна из причин патологий репродуктивной системы (мастита, эндометрита) и заболеваний конечностей.

В большинстве случаев патологические процессы при субклинической форме диспротеинемии у коров следует оценивать как адаптационно-компенсаторные, требующие коррекции рациона по переваримому протеину, а также применения патогенетических средств терапии. Необходимо более высокое содержание в кормах протеина, а также витаминов, макро- и микроэлементов, входящих в состав ферментных систем, регулирующих анаболические процессы.

Список литературы / References

- Омельчук А.И., Семенютин В.В., Крамарева И.А., Лавринова Е.В., Артюх В.М. Воспроизводительная функция у коров при разной продолжительности скармливания танамин Zn. *Международный вестник ветеринарии*. 2021;(3):141–146. <https://doi.org/10.17238/issn2072-2419.2021.3.141>
- Omelchuk AI, Semeniyutin VV, Kramareva IA, Lavrinova EV, Artyukh VM. Reproductive Function in Cows at Different Duration of Feeding Tanamine Zn. *International Bulletin of Veterinary Medicine*. 2021;(3):141–146. (In Russ.) <https://doi.org/10.17238/issn2072-2419.2021.3.141>
- Satoła A, Bauer EA. Predicting Subclinical Ketosis in Dairy Cows Using Machine Learning Techniques. *Animals*. 2021;11(7):2131. <https://doi.org/10.3390/ani11072131>
- Кулаченко И.В., Бочаров А.В., Чуева И.В. Клиническая интерпретация биохимических показателей крови коров при нарушениях белкового обмена. *Ветеринария*. 2023;(1):58–64. <https://doi10.30896/0042-4846.2023.26.1.58-62>
- Kulachenko IV, Bocharov AV, Chueva IV. Clinical Interpretation of Biochemical Blood Studies Results in Disorders of Cows' Protein Metabolism. *Veterinariya (Veterinary Medicine)*. 2023;(1):58–64. (In Russ.) <https://doi10.30896/0042-4846.2023.26.1.58-62>

4. Требухов А.В. Особенности нарушения обмена у телят, рождённых от коров, больных кетозом. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2021;6(200):44–49.
- Trebukhov AV. The Features of Metabolic Disorders in Calves Born from Ketotic Cows. *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2021;6(200):44–49. (In Russ.)
5. Nikitina A., Vasileva S., Vasilev R. et al. Study of Metabolic Processes in Cows with Hyperbilirubinemia in the Postpartum Period. *FASEB Journal*. 2022;36(S1):3431. <https://doi.org/10.1096/fasebj.2022.36.S1.R3431>
6. Therkildsen M. Muscle Protein Degradation in Bull Calves With Compensatory Growth. *Livestock Production Science*. 2005;98(3):205–218. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2005.05.008>
7. Гусаров И.В., Шутова М.В., Корельская Л.А., Смыслов В.М. Оценка биохимического статуса крови высокопродуктивных коров при разных способах содержания. *Молочнохозяйственный вестник*. 2021;4(44):34–47. https://doi.org/10.52231/2225-4269_2021_4_34
- Gusarov IV, Shutova MV, Korelskaya LA, Smyslov VM. Assessment of Biochemical Blood Status of Highly Productive Cows Kept under Different Confinement Conditions. *Molochnokhozyaistvenny Vestnik (Dairy Farming Bulletin)*. 2021;4(44):34–47. https://doi.org/10.52231/2225-4269_2021_4_34 (In Russ.)
8. Cocco R, Canozzi MEA, Fischer V. Rumination Time as an Early Predictor of Metritis and Subclinical Ketosis in Dairy Cows at the Beginning of Lactation: Systematic Review –Metaanalysis. *Preventive Veterinary Medicine*. 2021;189:105309. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2021.105309>
9. Baymishev M, Eremin S, Plymyashov K, Baymishev K, Konopeltsev I, Nikitin G, et al. PSVII–17 Program Chair Poster Pick: Reproductive Function of Cows Depending on Lipid Metabolism. *Journal of Animal Science*. 2020;98(S4):293–294. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa278.529>
10. Самсонова Т.С., Сорокина С.А. Оценка динамики гематологических показателей крупного рогатого скота, характеризующих углеводно-белковый метаболизм. *Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии*. 2020;4:157–160.
- Samsonova TS, Sorokina SA. Assessment of Dynamics of Hematological Parameters of Cattle that Characterize Carbohydrate-Protein Metabolism. *Legal Regulation in Veterinary Medicine*. 2020;4:157–160. (In Russ.)
11. Baimishev M, Eremin S, Baimishev H, Plymyashov K, Nikitin G, Baimishev R. Blood Parameters and Reproductive Function of Highly Productive Cows Using an Organic Immunomodulatory Drug. *FASEB Journal*. 2021;35(S1):04994. <https://doi.org/10.1096/fasebj.2021.35.S1.04994>
12. Новак М.Д., Енгашев С.В., Даугалиева Э.Х. Особенности адаптации крупного рогатого скота голштинской породы в Центральном регионе Российской Федерации и использование препарата «Айсидивит» для коррекции иммунного статуса и обменных процессов. *Ветеринарная патология*. 2009;(3(30)):101–104.
- Novak MD, Engashev SV, Daugalieva EK. Features of Adaptation of Holstein Cattle in the Central Region of the Russian Federation and the Use of the Drug “Isidivit” for the Correction of the Immune Status and Metabolic Processes. *Veterinary Pathology*. 2009; (3 (30)): 101–104. (In Russ.)
13. Симонов М.Р., Влизло В.В. Деякі показники катаболізму білка у крові корів при кетозі. *Біологія тварин*. 2013;15(3):120–124.
- Simonov MR, Vlizlo VV. Some Indicators of Protein Catabolism in the Blood of Cows in Ketosis. *Animal Biology*. 2013;15(3):120–124.
14. Леонов В.И., Костромицкий В.Н., Семенютин В.В., Василенко С.В. Некоторые показатели белкового обмена у коров–первотелок голштинской породы американской селекции в условиях Белгородской области. *Зоотехния*. 2012;(2):6–8.
- Leonov VI, Kostromitskii VN, Semenyutin VV, Vasilenko SV. Some Indices of Protein Metabolism at First-Calf Heifers of American Selection Holstein Breed in Belgorod Region Conditions. *Zootechniya*. 2012;(2):6–8. (In Russ.)
15. Федорова П.Н., Ощепкова О.Г. Гематологические и биохимические показатели крови у коров в сухостойный период при стойловом содержании. *Иппология и ветеринария*. 2020;(3(37)):184–190.
- Fedorova PN, Oschepkova OG. Hematological and Biochemical Blood Parameters in Cows in the Dry Period with Stall. *Hippology and Veterinary*. 2020;(3(37)):184–190. (In Russ.)
16. Lee HH, Kida K, Miura R, Inokuma H, Miyamoto A, Kawashima C, et al. Slow Recovery of Blood Glucose in Insulin Tolerance Test during the Prepartum Transition Period Negatively Impacts the Nutritional Status and Reproductive Performance Postpartum of Dairy Cows. *Journal of Veterinary Medical Science*. 2012; 74(4): 457–464. <https://doi.org/10.1292/jvms.11-0302>
17. Plymyashov K., Korochkina E. Monitoring of Vitamin–Mineral Metabolism' Indicators in Cows of Different Period of Lactation. *FASEB Journal*. 2022;36(S1):3113. <https://doi.org/10.1096/fasebj.2022.36.S1.R3122>
18. Рязанцев М., Дуборезов В. Влияние уровня кормления на продуктивность и сервис-период молочных коров. *Комбикорма*. 2021;(6):70–72. <https://doi.org/10.25741/2413-287X-2021-06-3-141>

Ryazantsev M, Duborezov V. The Effect of the Feeding Level on Productivity and Service Period of Dairy Cows. *Kombikorma (Combined Feeds)*. 2021;(6):70–72. (In Russ.) <https://doi.org/10.25741/2413-287X-2021-06-3-141>

19. Ha S, Kang S, Han M, Lee J, Chung H, Oh SI, et al. Predicting Ketosis during the Transition Period in Holstein Friesian Cows Using Hematological and Serum Biochemical Parameters on the Calving Date. *Scientific Reports*. 2022;12:853. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-04893-w>

20. Косолапов В.М., Григорьев Н.Г., Фицев А.И., Гаганов А.П. *Организация полноценного кормления высокопродуктивных коров (рекомендации)*. Москва: ФГУ Российский центр сельскохозяйственного консультирования; 2008. 58 с.

Kosolapov VM, Grigoriev NG, Fitsev AI, Gaganov AP. *Organization of Complete Feeding of Highly Productive Cows (Recommendations)*. Moscow: Federal State Institution Russian Center for Agricultural Consulting; 2008. 58 p.

21. Васильева С.В., Конопатов Ю.В. *Клиническая биохимия крупного рогатого скота: учебное пособие*, 2-е изд. Санкт-Петербург: Издательство «Лань»; 2017. 188 с.

Vasilyeva SV, Konopatov YuV. *Clinical Biochemistry of Cattle: A Textbook*, 2nd Ed. Saint Petersburg: Lan Publishing House; 2017. 188 p.

Об авторах:

Михаил Дмитриевич Новак, доктор биологических наук, профессор кафедры эпидемиологии Рязанского государственного медицинского университета имени И.П. Павлова (390026, Российская Федерация, г. Рязань, ул. Высоковольтная, д. 9), [SPIN-код](#), [ORCID](#), peace100@mail.ru

Александра Ивановна Новак, доктор биологических наук, профессор кафедры микробиологии Рязанского государственного медицинского университета имени И.П. Павлова (390026, Российская Федерация, г. Рязань, ул. Высоковольтная, д. 9), [SPIN-код](#), [ORCID](#), marjeta69@mail.ru

Заявленный вклад авторов:

М.Д. Новак: разработка концепции, курирование данных, получение финансирования, административное руководство исследовательским проектом, предоставление ресурсов, научное руководство, написание рукописи – редактирование.

А.И. Новак: формальный анализ, проведение исследования, разработка методологии, валидация результатов, визуализация, написание черновика рукописи.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Mikhail D. Novak, Dr.Sci. (Biology), Professor of the Epidemiology Department, Ryazan State Medical University Named after Academician I.P. Pavlov (9, Vysokovoltynaya Str., Ryazan, 390026, Russian Federation), [SPIN-code](#), [ORCID](#), peace100@mail.ru

Aleksandra I. Novak, Dr.Sci. (Biology), Professor of the Microbiology Department, Ryazan State Medical University Named after Academician I.P. Pavlov (9, Vysokovoltynaya Str., Ryazan, 390026, Russian Federation), [SPIN-code](#), [ORCID](#), marjeta69@mail.ru

Claimed Contributorship:

MD Novak: conceptualization, data curation, funding acquisition, project administration, resources, supervision, writing – editing.

AI Novak: formal analysis, investigation, methodology, validation, visualization, writing – original draft preparation.

Conflict of Interest Statement: the authors do not have any conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.

Поступила в редакцию / Received 24.10.2024

Поступила после рецензирования / Revised 25.11.2024

Принята к публикации / Accepted 29.11.2024