
ЗООТЕХНИЯ, БИОЛОГИЯ И ВЕТЕРИНАРНАЯ МЕДИЦИНА

**Оценка компонентного состава молока коров симментальской породы
в связи с питательной ценностью кормов**

**Оксана Александровна Воронина, Лариса Павловна Игнатьева,
Сергей Юрьевич Зайцев[✉]**

Федеральный исследовательский центр животноводства имени Л.К. Эрнста,
Дубровицы, Подольск, Россия

[✉]Автор, ответственный за переписку: s.y.zaitsev@mail.ru

Аннотация

Нормированное питание молочного скота – одна из актуальных задач, с решением которой сталкивается каждое хозяйство. Комплексный подход к решению такой задачи включает в себя теоретическое обоснование и практический анализ фактического состава как кормов, так и получаемого молока. Именно контрольные анализы молока позволяют зафиксировать «отклик» и оценить реальный уровень усвоения и трансформации питательных веществ рациона. Наши исследования выполнены однократно, на коровах симментальской породы ($n = 15$), в условиях учебного хозяйства на территории Воронежской области. В структуру рациона кормления входили сено разнотравное 3,0 кг, солома 0,5 кг, зеленая масса (разнотравье) 32,0 кг, концентраты 4,6 кг. Отбор проб кормов выполнен параллельно с отбором проб молока. Для анализа компонентного состава молока использовали аналитическую систему «CombiFoss-7»; анализ микроэлементов проводили на «атомно-адсорбционном спектрометре ZEEnit 650 P» (Analytik Jena AG); анализ состава кормов выполнен согласно соответствующим ГОСТам. Результаты показали, что уровень обеспечения обменной энергией, протеинами, микроэлементами удовлетворительный и соответствует физиологии животных (уровню продуктивности, живой массе и т.д.). Для железа установлено избыточное поступление с кормами. По результатам оценки компонентного состава молока – массовой доли белка и уровня мочевины, заложенных в рационе, использование уровня энергии и протеина является неоптимальным. Так, для 40% коров исследованной группы массовая доля белка (МДБ) – меньше 3,20%, для 47% находится в интервале от 3,21 до 3,60%, для 13% – МДБ выше 3,61%. Для 69% коров уровень мочевины в молоке – менее $10 \text{ мг} \cdot 100 \text{ мл}^{-1}$ (выше только у отдельных коров, но нет проб молока с уровнем мочевины выше $15 \text{ мг} \cdot 100 \text{ мл}^{-1}$). Средние значения массовой доли жира (МДЖ), полученные нами в исследованиях, на 23,1% ниже характерных для симментальской породы. Положительным является то, что для 20% исследованных животных МДЖ – больше 3,61%. Комплексная оценка состава кормов и биохимических параметров молока позволила обнаружить определенный дисбаланс. Рекомендуем обращать должное внимание на баланс рациона потребности коров в энергии, протеинах и микроэлементах. Этот баланс может быть нарушен ввиду этологии пищевого поведения, особенностей физиологии и биохимии пищеварения молочных коров, поэтому он требует постоянного мониторинга.

Ключевые слова

Компонентный состав молока, микроэлементы, баланс рациона

Благодарности

Работа проводилась при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках выполнения государственного задания (регистрационный номер ЕГИСУ темы

НИР ГЗ 2024–2026: № 124020200032–4). Авторы выражают благодарность руководству ГБПОУ ВО «Острогожский многопрофильный техникум» (директору О.В. Рединой и заведующему учебным хозяйством О.В. Бочкаревой) за помощь в организации и проведении исследований.

Для цитирования

Воронина О.А., Игнатьева Л.П., Зайцев С.Ю. Оценка компонентного состава молока коров симментальской породы в связи с питательной ценностью кормов // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2025. № 6. С. 149–173.

LIVESTOCK BREEDING, BIOLOGY AND VETERINARY MEDICINE

Evaluation of Simmental cow milk component composition in relation to feed nutritional value

Oksana A. Voronina, Larisa P. Ignatieva, Sergey Yu. Zaitsev✉

Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst,
Dubrovitsy, Podolsk, Russia

✉Corresponding author: s.y.zaitsev@mail.ru

Abstract

Rationing of dairy cattle is one of the critical challenges faced by every farm. A comprehensive approach to addressing this challenge involves both theoretical substantiation and practical analysis of the actual composition of both feedstuffs and the resulting milk. Crucially, regular milk analyses enable the “response” to be recorded, allowing for an assessment of the actual level of nutrient assimilation and transformation from the diet. Our investigation was conducted as a single-point study on Simmental cows (n=15) at a training farm located in the Voronezh Region. The feeding ration comprised 3.0 kg of mixed hay, 0.5 kg of straw, 32.0 kg of green mass (mixed grasses), and 4.6 kg of concentrates. Feed sampling was performed in parallel with milk sampling. Milk component composition analysis was performed using the “CombiFoss-7” analytical system; trace element analysis was conducted using an “atomic absorption spectrometer ZEEnit 650 P” (Analytik Jena AG); and feed composition analysis adhered to the relevant GOST standards. The results indicated satisfactory levels of metabolic energy, protein, and trace element supply, which aligned with the physiological requirements of the animals (considering productivity level, live weight, etc.). However, an excessive intake of iron via feedstuffs was identified. Based on the assessment of milk component composition, specifically the milk protein content and urea levels, it appears that the energy and protein provided by the feedstuffs in the diet are not optimally utilized. For instance, in 40% of the investigated cows, milk protein content (MPC) was below 3.20%; for 47%, it ranged from 3.21% to 3.60%; and for 13%, MPC exceeded 3.61%. Furthermore, 69% of the cows exhibited milk urea levels below 10 mg*100ml⁻¹ (with levels only slightly higher in individual cows, but no samples exceeding 15 mg*100ml⁻¹). The average milk fat content (MFC) observed in our study was 23.1% lower than the typical values for the Simmental breed. Positively, 20% of the animals investigated showed MFC above 3.61%. This comprehensive evaluation of feed composition and milk biochemical parameters revealed a discernible imbalance. We recommend close attention be paid to balancing the dietary requirements of cows for energy, protein, and micronutrients. This balance can be disrupted by factors such as feeding behavior ethology, as well as specific physiological and biochemical aspects of digestion in dairy cows, thus necessitating continuous monitoring.

Keywords

Milk component composition, micronutrients, the balance of the diet

Acknowledgments

The research was funded by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation as part of the state assignment (EGISU research topic registration number for 2024–2026: No. 124020200032–4). The authors gratefully acknowledge the administration of Ostrogozhsky Multidisciplinary Technical College, specifically Director O.V. Redina and Head of the Training Farm O.V. Bochkareva, for their invaluable assistance in organizing and conducting the research.

For citation

Voronina O.A., Ignatieva L.P., Zaitsev S.Yu. Evaluation of Simmental cow milk component composition in relation to feed nutritional value. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2025. No. 6. P. 150–173.

Введение

Introduction

Расчет потребности молочного скота в энергии и питательных веществах – главное условие при формировании структуры и определении нормированного питания для создания оптимальных зоотехнических условий эксплуатации высокопродуктивных молочных коров [1–3]. В оценке эффективности баланса рациона одну из ведущих позиций занимает комплексный анализ не только кормов, но и молока [4–6]. Именно поэтому для лаборатории селекционно-генетического качества [7] по всей России необходимо звено аудита трех составляющих: состояния здоровья коров, оценки качества кормовых рационов, оценки племенной ценности коров [8]. Кроме того, это важная часть реализации ст. 30 Федерального закона от 3 августа 1995 г. № 123-ФЗ «О племенном животноводстве» (в ред. Федерального закона от 4 августа 2023 г. № 454-ФЗ), ГОСТ Р 52054–2023 [9], ГОСТ 23453–2014 [10] и других методических документов [11, 12].

Одна из задач лаборатории селекционного контроля качества молока заключается в разработке и внедрении информативной системы контроля обмена веществ у дойных коров [13, 14]. Простая и стройная система оценки метаболизма предложена в работе [13], где авторы по результатам анализа молока предлагают оценивать, насколько успешно рацион дойных коров обеспечивает их потребности по протеину и энергии. В качестве метода анализа молока для подобных лабораторий широко распространена инфракрасная спектроскопия в ближнем и среднем ИК-диапазонах, дополненная встроенными программами математической обработки данных [5, 6, 15].

В работе [13] на основе четырех показателей молока (мочевина, ацетон, масляная кислота, число соматических клеток) авторы предлагают выделить 5 состояний, характеризующих самочувствие дойной коровы: оптимальное, допустимое, удовлетворительное, субклиническое и клиническое. Помимо этого, мочевина – важный критерий обеспеченности азотом микроорганизмов рубца [2–4]. При уровне мочевины в молоке от 15 до 35 мг/100 мл баланс оценивается как нормальный. Значения меньше нижней границы свидетельствуют о дефиците азота, больше верхней – об избытке.

Поскольку мочевина – конечный продукт метаболизма белков, по данному параметру можно судить о белковой питательности рациона [2–4]. По данным работы [16], на коровах голштино-фризской породы авторы поставили цель исследовать взаимосвязь показателей соотношения жира к белку в молоке в качестве индикатора энергетического баланса. Наблюдения показали, что при коэффициенте соотношения жира к белку в молоке $\geq 1,5$ обнаружен выраженный отрицательный энергетический баланс по стаду, тем не менее они не рекомендуют экстраполировать их результаты на другие молочные хозяйства без должного эксперимента. Показано, что для оценки рисков возникновения ацидозов и кетозов в стаде полезны учет и мониторинг массовой доли жира и массовой доли белка. Так, низкая жирномолочность 2,73–3,19%

характерна для ацидоза; кетоз может сопровождаться повышением массовой доли жира до 4,25–5,63%, снижением массовой доли белка и лактозы [17]. При должном подходе мониторинг соматических клеток в молоке может стать основой для определения генетической и геномной изменчивости. Авторами установлены коэффициенты наследуемости, которые выявили низкую генетическую изменчивость для количества соматических клеток (0,119) и умеренную при их дифференциации (0,211) [7].

Безусловно, для оценки обеспеченности молочного скота кормами рациона важны организация и проведение балансовых опытов [18] – только так можно рассчитать баланс азота в организме. Это более трудоемкий опыт, требующий отдельного эксперимента, который позволяет лучше оценить эффективность трансформации энергии и питательных веществ рациона молочными коровами для синтеза молочного белка [19, 20]. Более подробно ограничения для балансовых экспериментов описаны в статье [19].

Для нормирования микроэлементов чаще всего используют 8 показателей: Со, Си, I, Fe, Mn, Mo, Se и Zn; позже к ним добавили Ni и Cr без указания конкретных норм [21, 22]. Однако их нормирование в практике кормления носит скорее рекомендательный характер и редко подвергается анализу. В рамках исследований нами выполнен разведочный анализ для оценки эффективности используемого в конкретном хозяйстве рациона по данным анализа используемых кормов и получаемого молока.

Цель исследований: оценка компонентного и микроэлементного состава кормов и молока коров симментальской породы для оценки удовлетворения потребностей в питании молочных коров.

Методика исследований

Research method

В качестве объекта исследований использовали пробы корма и молока от коров симментальской породы из хозяйства, расположенного в Острогожском районе Воронежской области.

Исследования выполнены однократно на текущем стандартно-получаемом рационе. Пробы получены в летние периоды (июль-август) 2024 и 2025 гг., во время утренней контрольной дойки, от коров симментальской породы ($n = 25$) согласно ГОСТ 26809.1–2014. Все животные были осмотрены ветеринарным врачом; по его заключению, они клинически здоровы. Средний возраст составил 5 лет, средняя живая масса – 623 кг, среднее число отелов – 3, стадия лактации – заключительная (8 месяцев). В структуру рациона кормления входили сено разнотравное 3,0 кг, солома 0,5 кг, зеленая масса (разнотравье) 32,0 кг, концентраты 4,6 кг. Образцы кормов отбирали согласно ГОСТ ISO 6497–2014.

Исследования кормов и молока выполнены в 2024 г. в лабораториях Федерального исследовательского центра животноводства имени Л.К. Эрнста (ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста). Для анализа основных компонентов молока использовали аналитическую систему «CombiFoss-7» (Дания) [5]. Анализ кормов выполнен в соответствии с актуальным ГОСТ 13496.4–2019 и расчетным методом. Анализ уровня меди, цинка, железа в кормах и молоке выполнен на атомно-адсорбционном спектрометре (с электротермической атомизацией) ZEE nit 650 P (Analytik Jena AG, Германия) с дейтериевой и зеемановской коррекцией фона. Для подготовки образцов к анализу проводили минерализацию в системе микроволновой подготовки проб «MILESTONE ETHOS UP»/«ETHOS EASY». К 0,5 мл молока/0,5 мг навески предварительно высушенного корма добавляли 1,0 мл 30%-ной перекиси водорода и 5,0 мл концентрированной азотной кислоты (ОСЧ для элементного анализа). Режим системы микроволновой подготовки: 20 мин – нагревание до +190°C; 15 мин – удержание при температуре до +190°C; 30 мин – охлаждение до +35°C.

Статистическую обработку полученных результатов производили в программе Microsoft Office Excel 2021 (надстройка «Анализ данных»). Из данных описательной статистики приводим: М – среднее значение, m – стандартное отклонение; дополнительно: CV – коэффициент вариации, Q1 – первый квартиль, Q3 – третий квартиль, IQR – межквартильный размах.

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

Показатели питательной ценности и микроэлементного состава кормов. Результаты исследований отдельных показателей питательной ценности и элементного анализа кормов рациона представлены в таблице 1.

Таблица 1

Показатели питательной ценности и микроэлементного состава исследуемых кормов

Table 1

Nutritional value and microelement composition of studied feeds

Показатели питательной ценности	Образцы кормов, содержание в натуральном корме			
	сено	солома	зеленая масса	комбикорм
Протеин, г/кг	68,71	42,38	62,22	92,86
Жир, г/кг	17,23	14,90	17,72	15,59
Клетчатка, г/кг	239,54	214,85	97,66	0,75
БЭВ*, г/кг, в т.ч.	507,02	519,28	310,09	721,53
Зола, г/кг	52,35	69,12	68,94	26,79
Кальций, г/кг	7,94	3,45	10,52	1,78
Фосфор, г/кг	2,61	1,92	2,64	2,78
Магний, г/кг	1,39	0,68	1,20	1,12
ПП*, г/кг	58,4	36,02	52,89	78,93
Валовая энергия, МДж/кг	15,11	14,17	9,15	15,06
Обменная энергия, МДж/кг	7,51	7	5,21	11,05
ЭКЕ*	0,75	0,70	0,52	1,11
Медь, мг/кг	1,51	1,17	3,47	6,99
Железо, мг/кг	118,88	101,96	164,04	77,71
Цинк, мг/кг	7,74	17,97	25,88	26,97

*БЭВ – безазотистые экстрактивные вещества; ПП – переваримый протеин, ЭКЕ – энергетическая кормовая единица.

Исходя из данных по структуре рациона и данных анализа кормов фактическое потребление протеина, переваримого протеина, валовой и обменной энергии соответствует рекомендуемым нормам и даже несколько превосходит их. Потребление микроэлементов составило: меди – 148 мг/гол. в сутки; железа – 6014 мг/гол. в сутки; цинка – 984 мг/гол. в сутки. При сопоставлении полученных данных с нормами [7] выяснилось, что уровень потребления указанных элементов соответствует периоду лактации и удовлетворяет потребности молочных коров относительно меди и цинка. Уровень железа – выше предложенной в рекомендации нормы на 3048 мг.

Показатели компонентного и микроэлементного состава молока. Важным элементом оценки физиолого-биохимического статуса коров является оценка показателей компонентного и микроэлементного состава молока (табл. 2).

Таблица 2

Показатели компонентного и микроэлементного состава молока

Table 2

Component and microelement composition of milk

Показатели	M	$\pm m$	C_v	Q1	Q3	IQR
МДЖ, %	3,00	0,24	31	2,39	3,48	1,09
МДБи, %	3,06	0,08	9,9	2,845	3,24	0,40
МДБо, %	3,23	0,07	8,6	3,02	3,38	0,36
Казеин, %	2,51	0,08	11,7	2,31	2,73	0,42
Мочевина, мг/100 мл	9,24	0,85	35,7	7,25	11,8	4,55
МДЛ, %	4,46	0,17	15	4,15	4,915	0,77
СОМО, %	8,45	0,23	10,5	7,925	8,93	1,01
СВ, %	11,23	0,34	11,8	10,495	12,115	1,62
ТЗ	-0,512	0,02	1,64	-0,504	-0,517	0,01
pH	6,47	0,47	2,3	6,43	6,58	0,15
Zn, мкг/л	903,1	49,8	21,3	767,6	1067,7	300,1
Cu, мкг/л	72,5	6,6	29,0	60,504	78,96	18,46
Fe, мкг/л	5908,2	628,0	41,2	4370,4	5894	1523,6

Примечание. МДЖ – массовая доля жира; МДБи – массовая доля белка истинного; МДБо – массовая доля белка общего; МДЛ – массовая доля лактозы; СОМО – сухой обезжиренный молочный остаток; СВ – сухое вещество; ТЗ – точка замерзания, pH – кислотность, C_v – коэффициент вариации, Q1 – первый квартиль, Q3 – третий квартиль; IQR – межквартильный размах.

Интересно, что по оценке биологических маркеров белкового обмена – проценту белка и мочевины в молоке – можно заключить, что уровень обеспечения молочных коров энергией и протеином является недостаточным. Так, для 40% (n = 6) исследованной группы МДБ меньше 3,20%, для 47% (n = 7) находится в интервале от 3,21 до 3,60%, для 13% (n = 2) МДБ выше 3,61%. Нет проб молока с уровнем мочевины выше 15 мг/100 мл. Для 69% (n = 9) уровень мочевины в молоке менее 10 мг/100 мл. Средние значения МДЖ, полученные нами в исследованиях, на 23,1% (0,9%) ниже характерных для симментальской породы [23], только для 20% (n = 3) исследованных животных МДЖ больше 3,61%.

При анализе полученных данных по методике, предложенной в работе [13], у 10 из 15 гол. отмечен недостаток энергии и протеина в рационе (содержание белка ниже 3,2%, мочевины – ниже 15 мг/100 мл); у 5 гол. из 15 – недостаток протеина (содержание белка – от 3,2 до 3,6%, мочевина – ниже 30 мг/100 мл). При этом данные анализа кормов свидетельствуют о том, что рацион и качество его состава удовлетворяют потребности коров симментальской породы в заключительной стадии лактации согласно рекомендациям по кормлению [22, 24]. Есть превышение относительно рекомендуемых норм по железу, что является типичным для региона и может сказываться на усвоении цинка и меди ввиду их антагонизма [22].

Таким образом, физиологический и технологический факторы требуют большего внимания при подборе кормов и их элементного состава. Возможное решение – это создание 2–3 адресных рецептов комбикормов, различных по компонентному составу и идентичных по питательности, с акцентом на контроль их усвоения [14].

Предлагаем рассмотреть возможность модернизации и установки автоматизированной системы учета потребления корма. Это обеспечит более детальный контроль над важными зоотехническими показателями и поедаемостью рациона и лучшее представление о пищевом поведении животных [14, 24, 25].

Выводы

Conclusions

Полученные данные легли в основу предварительной оценки молочного хозяйства:

1. По анализу кормов установлено, что уровень обеспечения коров протеином, энергией и отдельными микроэлементами является достаточным, а по отдельным позициям (Fe) – избыточным.

2. По анализу молока и оценка баланса энергии по МДБ и уровню мочевины установлен небольшой дисбаланс, для уточнения которого требуется дополнительный анализ поедаемости кормов и более детальное изучение обменных процессов на уровне биохимии и общего клинического анализа крови коров. На основании имеющихся данных рекомендуем обращать должное внимание на баланс рациона потребности коров в энергии, протеинах и микроэлементах, для чего требуется постоянный мониторинг ситуации.

Список источников

1. Харитонов Е.Л. *Экспериментально-прикладная физиология пищеварения жвачных животных*: Монография. Дубровицы: Всероссийский научно-исследовательский институт животноводства имени академика Л.К. Эрнста, 2019. 448 с. EDN: BUCWYB

2. Харитонов Е.Л. *Физиология и биохимия питания молочного скота*: Монография. Боровск: Оптима Пресс, 2011. 372 с. EDN: QLCIMP
3. Зайцев С.Ю., Воронина О.А., Колесник Н.С., Сивкина О.Н. и др. *Биохимические и физико-химические методы исследования молока коров*: Монография. Дубровицы: ФИЦ ВИЖ имени Л.К. Эрнста, 2024. 396 с. EDN: XBWTQT
4. Зайцев С.Ю. *Антиоксидантная активность молока*: Методическое пособие. Дубровицы: ФИЦ ВИЖ имени Л.К. Эрнста, 2022. 56 с. EDN: ENYFKW
5. Сермягин А.А., Карликова Г.Г., Лашнева И.А., Корнелаева М.В. *Рекомендации по контролю физиологического состояния и здоровья коров с использованием биомаркеров состава молока*: Методические рекомендации. Дубровицы: ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста, 2022. 52 с.
6. Kharitonov E. The Processes of Nutrition and Metabolism Affecting the Biosynthesis of Milk Components and Vitality of Cows with High- and Low-Fat Milk. *Animals*. 2022;12(5):604. <https://doi.org/10.3390/ani12050604>
7. Lashneva I.A., Sermyagin A.A., Ignatieva L.P., Gladyr E.A. et al. Milk somatic cells monitoring in Russian Holstein cattle population as a base for determining genetic and genomic variability. *Journal of Animal Science*. 2021;99(S3):252. <https://doi.org/10.1093/jas/skab235.460>
8. Быстрова Н.Ю., Курочкина И.П., Маматова Л.А., Шувалова Е.Б. К вопросу оценки эффективности разведения племенных ресурсов // *Экономическая статистика*. 2023. Т. 20, № 3. С. 26–34. <http://doi.org/10.21686/2500-3925-2023-3-26-34>
9. *ГОСТ Р 52054-2023. Молоко коровье сырое. Технические условия*. Москва: Российский институт стандартизации, 2023. 10 с.
10. *ГОСТ 23453-2014. Молоко сырое. Методы определения соматических клеток*. Москва: Стандартинформ, 2015. 13 с.
11. Сермягин А.А., Лашнева И.А., Косицин А.А., Игнатьева Л.П. и др. Морфологический состав соматических клеток в молоке коров как критерий оценки здоровья молочной железы в связи с продуктивностью и компонентами молока // *Сельскохозяйственная биология*. 2021. Т. 56, № 6. С. 1183–1198. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2021.6.1183rus>
12. Schwarz D. Differential somatic cell count – a new biomarker for mastitis screening. *Proc. of the 40th ICAR Biennial Session held in Puerto Varas, Chile. October 24-28, 2016*. Rome, Italy: ICAR, 2017:105-113.
13. Букаров Н.Г., Кисель Е.Е., Белякова А.Н. Оценка состояния обмена веществ дойных коров по составу молока // *Молочное и мясное скотоводство*. 2015. № 4. С. 16–18. EDN: TZKDRF
14. Абубакаров А.А. Организация контроля за рационом кормления для повышения удойности коров // *Актуальные исследования*. 2023. № 11. С. 83–91. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14635590>
15. Burmistrov D.E., Pavkin D.Y., Khakimov A.R., Ignatenko D.N. et al. Application of optical quality control technologies in the dairy industry: an overview. *Photonics*. 2021;8(12):551. <https://doi.org/10.3390/photonics8120551>
16. Cabezas-Garcia E.H., Gordon A.W., Mulligan F.J., Ferris C.P. Revisiting the relationships between fat-to-protein ratio in milk and energy balance in dairy cows of different parities, and at different stages of lactation. *Animals*. 2021;11(11):3256. <https://doi.org/10.3390/ani11113256>
17. Часовщикова М.А., Губанов М.В. Соотношение между массовой долей жира и белка в молоке коров как показатель здоровья стада // *Вестник КрасГАУ*. 2022. № 9 (186). С. 104–110. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-9-104-110>

18. Колесник Н.С., Боголюбова Н.В., Зеленченкова А.А., Лахонин П.Д. Процессы пищеварения и газообразования у овец под влиянием комплекса фитогеников // *Аграрная наука*. 2025. Т. 1, № 4. С. 113–120. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-113-120>
19. Spanghero M., Kowalski Z.M. Updating analysis of nitrogen balance experiments in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2021;104(7):7725-7737. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19656>
20. Иванищева А.П., Сизова Е.А., Камирова А.М., Мусабаева Л.Л. и др. Макро- и микроэлементы в питании животных: многообразие веществ и форм // *Животноводство и кормопроизводство*. 2023. Т. 106, № 2. С. 85–111. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-106-2-85>
21. Воронина О.А., Боголюбова Н.В., Зайцев С.Ю. Минеральные элементы в составе молока коров – мини-обзор // *Сельскохозяйственная биология*. 2022. Т. 57, № 4. С. 681–693. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2022.4.681rus>
22. Некрасов Р.В., Головин А.В., Махаев Е.А., Аникин А.С. и др. *Нормы потребностей молочного скота и свиней в питательных веществах*: Монография. Москва: Российская академия наук, 2018. 290 с. EDN: XVLDMML
23. Игнатьева Л.П., Шеметюк С.А., Плотникова Л.И., Гридяева Н.И. и др. Эффективность использования симментальского скота немецко-австрийской селекции в племенных стадах Воронежской области // *Молочное и мясное скотоводство*. 2018. № 5. С. 8–13. EDN: UZKYAU
24. Некрасов Р., Аникин А. Расчет адресных рецептов комбикормов для коров // *Комбикорма*. 2021. № 1. С. 40–43. <https://doi.org/10.25741/2413-287X-2021-01-3-133>
25. Лемешевский В.О., Цзэни С. Использование обменной энергии и особенности субстратной обеспеченности энергетических и продуктивных функций у крупного рогатого скота // *Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии*. 2024. Т. 13, № 1. С. 72–79. <https://doi.org/10.48612/sbornik-2024-1-17>

References

1. Kharitonov E.L. *Experimental and applied physiology of digestion in ruminants*: a monograph. Dubrovitsy, Russia: Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst, 2019:448. (In Russ.)
2. Kharitonov E.L. *Physiology and biochemistry of dairy cattle nutrition*: a monograph. Borovsk, Russia: Optima Press, 2011:372. (In Russ.)
3. Zaitsev S.Yu., Voronina O.A., Kolesnik N.S., Sivkina O.N. et al. *Biochemical and physicochemical methods for studying cow's milk*: a monograph. Dubrovitsy, Russia: Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst, 2024:396. (In Russ.)
4. Zaitsev S.Yu. *Antioxidant activity of milk*: a methodological manual. Dubrovitsy, Russia: Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst, 2022:56. (In Russ.)
5. Sermyagin A.A., Karlikova G.G., Lashneva I.A., Kornelaeva M.V. *Recommendations for monitoring the physiological state and health of cows using biomarkers of milk composition*: a methodological manual. Dubrovitsy, Russia: Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst, 2022:52. (In Russ.)
6. Kharitonov E. The Processes of Nutrition and Metabolism Affecting the Biosynthesis of Milk Components and Vitality of Cows with High- and Low-Fat Milk. *Animals*. 2022;12(5):604. <https://doi.org/10.3390/ani12050604>

7. Lashneva I.A., Sermyagin A.A., Ignatieva L.P., Gladyr E.A. et al. Milk somatic cells monitoring in Russian Holstein cattle population as a base for determining genetic and genomic variability. *Journal of Animal Science*. 2021;99(S3):252 <https://doi.org/10.1093/jas/skab235.460>
8. Bystrova N.Y., Kurochkina I.P., Mamatova L.A., Shuvalova E.B. On the issue of evaluating the effectiveness of breeding tribal resources. *Statistics and Economics*. 2023;20(3):26-34. <http://doi.org/10.21686/2500-3925-2023-3-26-34>
9. GOST R52054-2023. *Cow raw milk. Specifications*. Moscow, Russia: Russian Standardization Institute, 2023:10. (In Russ.)
10. GOST 23453-2014. *Milk. Methods for determination of somatic cells*. Moscow, Russia: Standartinform, 2015:13. (In Russ.)
11. Sermyagin A.A., Lashneva I.A., Kositsin A.A., Ignatieva L.P. et al. Differential somatic cell count in milk as criteria for assessing cows' udder health in relation with milk production and components. *Agricultural Biology*. 2021;56(6):1183-1198. (In Russ.) <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2021.6.1183rus>
12. Schwarz D. Differential somatic cell count – a new biomarker for mastitis screening. *Proc. of the 40th ICAR Biennial Session held in Puerto Varas, Chile. October 24-28, 2016*. Rome, Italy: ICAR, 2017:105-113.
13. Bukarov N.G., Kisel' E.E., Belyakova A.N. Assessment of metabolism in dairy cows by milk composition. *Journal of Dairy and Beef Cattle Breeding*. 2015;(4):16-18. (In Russ.)
14. Abubakarov A.A. Organization of control over the feeding ration to increase the milk yield of cows. *Aktualnye issledovaniya*. 2023;(11):79. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14635590>
15. Burmistrov D.E., Pavkin D.Y., Khakimov A.R., Ignatenko D.N. et al. Application of optical quality control technologies in the dairy industry: an overview. *Photonics*. 2021;8(12):551. <https://doi.org/10.3390/photonics8120551>
16. Cabezas-Garcia E.H., Gordon A.W., Mulligan F.J., Ferris C.P. Revisiting the relationships between fat-to-protein ratio in milk and energy balance in dairy cows of different parities, and at different stages of lactation. *Animals*. 2021;11(11):3256. <https://doi.org/10.3390/ani11113256>
17. Chasovshchikova M.A., Gubanov M.V. The ratio between dairy fat and milk protein in cows as an indicator of herd health. *Bulletin of KSAU*. 2022;(9(186)):104-110. (In Russ.) <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-9-104-110>
18. Kolesnik N.S., Bogolyubova N.V., Zelenchenkova A.A., Lakhonin P.D. Digestion and gas formation processes in sheep under the influence of a complex of phytogenics. *Agrarian Science*. 2025;1(4):113-120. (In Russ.) <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-113-120>
19. Spanghero M., Kowalski Z.M. Updating analysis of nitrogen balance experiments in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2021;104(7):7725-7737. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19656>
20. Ivanishcheva A.P., Sizova E.A., Kamirova A.M., Musabayeva L.L. et al. Macro-and microelements in animal nutrition: a variety of substances and forms. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023;106(2):85-111. (In Russ.) <https://doi.org/10.33284/2658-3135-106-2-85>
21. Voronina O.A., Bogolyubova N.V., Zaitsev S.Yu. Mineral composition of cow milk – a mini review. *Agricultural Biology*. 2022;57(4):681-693. (In Russ.)
22. Nekrasov R.V., Golovin A.V., Makhaev E.A., Anikin A.S. et al. *Standards of nutritional requirements of dairy cattle and pigs: a monograph*. Moscow, Russia: Russian Academy of Sciences, 2018:290. (In Russ.)

23. Ignatieva L.P., Shemetyuk S.A., Plotnikova L.I., Gridyaeva N.I. et al. Efficiency of using the Simmental cattle of German-Austrian origin at breeding herds in Voronezh Region. *Journal of Dairy and beef cattle breeding*. 2018;(5):8-13. (In Russ.)

24. Nekrasov R., Anikin A. Calculation of targeted recipes for mixed feed for cows. *Kombikorma*. 2021;(1):40-43. (In Russ.) <https://doi.org/10.25741/2413-287X-2021-01-3-133>

25. Lemeshevsky V.O., Zengyi S. Use of metabolism energy and features of substrate provision of energy and productive functions in cattle. *Sbornik nauchnykh trudov Krasnodarskogo nauchnogo tsentra po zootekhnii i veterinarii*. 2024;13(1):72-79. (In Russ.) <https://doi.org/10.48612/sbornik-2024-1-17>

Сведения об авторах

Оксана Александровна Воронина, канд. биол. наук, ветеринарный врач, старший научный сотрудник отдела физиологии и биохимии сельскохозяйственных животных, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр животноводства имени Л.К. Эрнста»; 142132, Российская Федерация, Московская область, г.о. Подольск, пос. Дубровицы, 60; e-mail: voroninaok-senia@inbox.ru

Сергей Юрьевич Зайцев, д-р биол. наук, д-р хим. наук, профессор, ведущий научный сотрудник отдела физиологии и биохимии сельскохозяйственных животных, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр животноводства имени Л.К. Эрнста»; 142132, Российская Федерация, Московская область, г.о. Подольск, пос. Дубровицы, 60; e-mail: s.y.zaitsev@mail.ru

Лариса Павловна Игнатьева, канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник отдела популяционной генетики и генетических основ разведения животных, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр животноводства имени Л.К. Эрнста»; 142132, Российская Федерация, Московская область, г.о. Подольск, пос. Дубровицы, 60; e-mail: ignatieva-lp@mail.ru

Information about the authors

Oksana A. Voronina, CSc (Bio), Veterinarian, Senior Research Associate at the Department of Physiology and Biochemistry of Farm Animals, Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst; 60 Dubrovitsy, Podolsk, Moscow region 142132, Russian Federation; e-mail: voroninaok-senia@inbox.ru

Sergey Yu. Zaitsev, DSc (Bio), DSc (Chem), Professor, Leading Research Associate at the Department of Physiology and Biochemistry of Farm Animals, Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst; 60 Dubrovitsy, Podolsk, Moscow Region, 142132, Russian Federation; e-mail: s.y.zaitsev@mail.ru

Larisa P. Ignatyeva, CSc (Ag), Leading Research Associate at the Department of Population Genetics and Genetic Foundations of Animal Breeding, Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst; 60 Dubrovitsy, Podolsk, Moscow Region, 142132, Russian Federation; e-mail: ignatieva-lp@mail.ru