

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.51.1>

БИОМАРКЕРЫ МОЛОКА, ОТРАЖАЮЩИЕ ПРОЦЕССЫ МЕТАБОЛИЗМА В ОРГАНИЗМЕ КОРОВ В ПЕРИОД ЛАКТАЦИИ

Научная статья

Карликова Г.Г.^{1,*}, Лашнева И.А.², Сермягин А.А.³

¹ORCID : 0000-0002-9021-1404;

³ORCID : 0000-0002-1799-6014;

¹Федеральный исследовательский центр животноводства имени Л. К. Эрнста, Дубровицы, Российская Федерация

^{2,3}Федеральный исследовательский центр животноводства имени Л. К. Эрнста, Дубровицы, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (karlikovagalina[at]yandex.ru)

Аннотация

Параметры оценки молока коров отражаются на реализации генетической ценности животного. Исследования выполнены в ВИЖ им. Л.К. Эрнста. Анализ состава молока сделан на анализаторе Combi Foss 7.

По результатам исследований в случае недостатка в рационе энергии и избытка протеина продуктивность – 29,2 кг молока, 4,32% МДЖ и 2,99% МДБ и FPR=1,44. При избытке протеина продуктивность – 26,4 кг, МДЖ – 4,77%, МДБ – 3,41% и FPR=1,40. В случае превышения в рационе энергии и протеина, продуктивность – 22,1 кг, МДЖ – 5,23%, МДБ – 3,90% и FPR=1,35. При недостатке энергии в рационе группы градаций по МДБ $\leq 3,20\%$, подгруппы по концентрации мочевины от 15,1 до 30,0 мг $\times 100$ мл⁻¹: по удою – 27,5 кг, компонентам молока: МДЖ – 4,19%, МДБ – 3,01%, FPR=1,39.

В группе градаций по МДБ $\leq 3,20\%$ и в подгруппе по концентрации мочевины от 15,1 до 30,0 мг $\times 100$ мл⁻¹ и FPR=1,39, сервис-период 130,3 дня. При избытке в рационе энергии в группе градаций по МДБ $\geq 3,61\%$ и в подгруппе по концентрации мочевины от 15,1 до 30,0 мг $\times 100$ мл⁻¹ и FPR=1,22 – 139,5 дня. В случае баланса в группах градаций по МДБ 3,21-3,60% и в подгруппе по концентрации мочевины от 15,1 до 30,0 мг $\times 100$ мл⁻¹ при FPR=1,31, сервис-период 131,1 дня.

Ключевые слова: голштинская порода, молочная продуктивность, содержание белка, обмен веществ, концентрация мочевины, кетоновые тела.

MILK BIOMARKERS REFLECTING METABOLIC PROCESSES IN THE BODY OF COWS DURING THE LACTATION PERIOD

Research article

Karlikova G.G.^{1,*}, Lashneva I.A.², Sermyagin A.A.³

¹ORCID : 0000-0002-9021-1404;

³ORCID : 0000-0002-1799-6014;

¹Federal Research Center for Animal Husbandry named after L.K. Ernst, Dubrovitsy, Russian Federation

^{2,3}Federal Research Center for Animal Husbandry named after L. K. Ernst, Dubrovitsy, Russian Federation

* Corresponding author (karlikovagalina[at]yandex.ru)

Abstract

Parameters of cow milk evaluation are reflected in the implementation of the genetic value of the animal. The research was carried out at the L.K. Ernst All-Russian Research Institute. The analysis of milk composition was made on Combi Foss 7 analyser.

According to the research results, in case of energy deficiency and protein excess in the diet, productivity is 29.2 kg of milk, 4.32% of MJ and 2.99% of MFP and FPR=1.44. In case of excess protein, productivity is 26.4 kg, 4.77% MJ, 3.41% MFP and FPR=1.40. In case of excess of energy and protein in the diet, productivity – 22.1 kg, MJ – 5.23%, MFP – 3.90% and FPR=1.35. In case of deficiency of energy in the diet, grading groups by MFP $\leq 3.20\%$, subgroups by urea concentration from 15.1 to 30.0 mg $\times 100$ ml⁻¹: for milk yield – 27.5 kg, milk components: MJ – 4.19%, MFP – 3.01% and FPR=1.39.

In the group graded on MFP $\leq 3.20\%$ and in the subgroup on urea concentration from 15.1 to 30.0 mg $\times 100$ ml⁻¹ and FPR=1.39, the service-period was 130.3 days. In the case of excess energy in the diet, in the grading group by MFP $\geq 3.61\%$ and in the subgroup by urea concentration from 15.1 to 30.0 mg $\times 100$ ml⁻¹ and FPR=1.22, the service-period was 139.5 days. In the case of balance in the grading groups for MFP 3.21-3.60% and in the subgroup for urea concentration from 15.1 to 30.0 mg $\times 100$ mL⁻¹ with FPR=1.31, the service-period was 131.1 days.

Keywords: Holstein breed, milk productivity, protein content, metabolism, urea concentration, ketone bodies.

Введение

Во многих странах мира голштинская порода на сегодняшний день остается основной улучшающей породой, используемой для повышения молочной продуктивности разных пород, и улучшения формы вымени [1], [2]. Животные голштинской породы разводятся в 11 племенных заводах и 18 племрепродукторах Московской области. Молочная продуктивность за последнюю законченную лактацию коров голштинской породы в хозяйствах Московской области за прошлый 2023 год равна 8763 кг, при среднем возрасте выбытия 2,99 отелов [3].

С целью улучшения черно-пестрого скота в конце 20 столетия был использован генофонд голштинов, обладающих высокими показателями молочной продуктивности, более выраженным молочным типом и экстерьером (качество вымени), а также превосходством по племенной ценности быков-производителей этой породы. В начале 21 века племенные стада имеют высокую породность по голштинам, что свидетельствует о существенных изменениях генеалогической структуры московской популяции черно-пестрого скота [4].

В нашей стране наблюдается вытеснение животных черно-пестрой породы голштинизированными, таким образом, голштинская порода стала занимать лидирующие позиции по количеству поголовья коров и объему производимой продукции [5], [6].

Скорректированный рацион питания коров непосредственно влияет не только на уровень молочной продуктивности, но и на органолептические, физические, химические и технологические качества молока.

Насколько обеспечено кормление животных необходимыми питательными веществами специалисты судят по величине массовой доли жира (МДЖ) в молоке. Известно, что за образование и уровень молочного жира в молоке коров, в основном отвечает достаточное содержание уксусной кислоты, которая образуется в рубце и синтезируется из растительной клетчатки (сено, сенаж, солома).

Помимо увеличения надоев, повышения содержания МДЖ и МДБ в молоке возросло внимание производителей к состоянию качественных параметров. Компонентный состав получаемого молока широко исследуется не только зарубежными, но и отечественными авторами, как возможный инструмент повышения питательной ценности продукта питания с улучшенными технологическими качествами для дальнейшей переработки [7], [8].

В последнее время исследователями отводится значимое место так называемым «индикаторам здоровья» животных, которые можно опосредованно определить по индивидуальному составу молока при проведении контрольных доений [9].

Введение в оценку количественного и качественного состава молока коров дополнительных параметров, таких как следы ацетона и бета-гидроксимасляной кислоты (БГБ), содержание мочевины, отразится на повышении реализации генетической ценности животного. При этом, за счет нормализации обмена веществ, улучшится фертильность, увеличится срок продуктивного использования и возрастет качество получаемой продукции [10].

Зачастую, в связи с недостаточно полноценным кормлением у высокопродуктивных животных, обладающих ценным генетическим потенциалом, особенно, часто наблюдаются нарушения метаболизма [11].

Ежемесячная информация об ингредиентах молока используется при корректировке рационов [12], а также для выявления заболеваний до появления клинических признаков, что помогает снизить затраты на лечение и улучшить прогноз течения болезни [13], [14], [15].

Соотношение мочевины к белку в молоке имеет репрезентативное значение для установления контроля над уровнем обеспеченности азотом рубцовой микрофлоры. При правильном содержании белка в молоке (3,2%) целесообразный уровень мочевины должен составлять от 15 до 30 мг%. При содержании мочевины в молоке ниже 15 подтверждается дефицит доступного протеина, находящегося в рубце. В результате активность микроорганизмов рубца угнетается, животное снижает потребление корма и, как следствие, падает уровень молочной продуктивности. Уровень мочевины в диапазоне значений более 30-35 мг% указывает на избыточное количество содержащихся в рубце азота и сырого протеина [11], [15].

Функциональное состояние системы пищеварения непосредственно характеризует и соотношение содержания молочного жира к белку. При физиологическом состоянии «нормы» у животного соотношение FPR составляет от 1,15 до 1,4 условных единиц. Варианты изменения значений индекса ниже 1,1 или выше до 1,5 условных единиц и выше, сигнализируют о непомерной нагрузке на метаболизм организма животных в случае дачи большого количества концентратов.

Для выяснения состояния группы новотельных коров и своевременного выявления животных с проблемами следует обратить пристальное внимание на показатели: процент жира, соотношение жир-белок и анализ азота мочевины в молоке. В случае, если более 40% животных в группе показывает результат расчета индекса FPR более 1,4 условных единиц, проводится анализ на наличие кетоза. Тест на определение азота мочевины в молоке применяется для установления количества протеина, необходимого для эффективной работы рубца. Маркер здоровья и показатель полноценности кормления коров – мочевина, которая является конечным продуктом белкового обмена животного [16].

У высокопродуктивных животных пик лактационной деятельности приходится на 5-6 месяц лактации, поэтому в этот период коровы испытывают недостаток получаемой энергии. Следовательно, для исследуемого поголовья необходимо сложившуюся тенденцию изменить, увеличив количество энергии в рационе, начиная с данного периода лактации [15], [16].

Определяемый ежемесячный компонентный состав молока в достаточной мере подвержен влиянию разных факторов окружающей среды. В связи с этим, определение биомаркеров, входящих в состав молока как фенотипические и отражающих энергетический статус коровы, состояние процессов метаболизма, здоровья, питательность имеющегося рациона, может служить простым инструментом в оценке уровня менеджмента стада.

Исходя из вышесказанного, мониторинг уровня жизнедеятельности организма животных, определяющий системный ответ организма на испытываемую во время лактации нагрузку необходим. Исходя из выше изложенного, поставлена цель научного поиска – перспективность применения анализируемых индикаторов компонентного состава молока и определение пороговых уровней для оценки степени интеграции и адекватности функций активности различных физиологических систем, определяющих условия осуществления лактационной деятельности коров.

Методы и принципы исследования

Работы выполнены в отделе популяционной генетики и генетических основ разведения животных ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста.

Одновременно с формированием исследовательской базы данных по продуктивным качествам крупного рогатого скота голштинской породы племенных хозяйств Московской области осуществлялись расчеты и анализ на основе популяционных наблюдений.

Популяционно-генетические исследования расширенного компонентного состава молока проводились в периоды контрольных доений коров. В базу вошли наблюдения по животным из племенных стад голштинского скота, объединенные с массивом племенного учета из информационно-аналитической системы ИАС «Селэкс. Молочный скот».

Согласно регламенту Министерства сельского хозяйства РФ пробы молока для популяционного анализа отбирались специалистами хозяйств в течение всего периода наблюдений. Контроль-ассистентская служба Союза «Мосплем» раз в месяц в племенных стадах в течение года осуществляла контроль за качеством отбора проб молока, проводимого специалистами. Отобранные в хозяйствах образцы анализировали в лаборатории селекционного контроля качества молока АО «Московское» по племенной работе» на приборе CombiFoss FT+ (FOSS, Дания), принцип работы которого основан на действии инфракрасной спектроскопии и проточной цитометрии.

Созданная и постоянно пополняемая информацией база данных компонентного состава молока (14 стад, более 11000 голов коров, около 37000 образцов молока) стала основой для изучения популяционно-генетических параметров. Определена изменчивость содержания массовой доли жира, белка, казеина, лактозы, сухого вещества, СОМО (сухого обезжиренного молочного остатка), следов ацетона и бетагидроксипропионата, концентрации мочевины, точки замерзания, кислотности, транс-изомеров, количества соматических клеток.

Показатель FPR представляет собой недорогой инструмент по прогнозированию сдвига метаболического состояния организма при нарушениях в кормлении и технологии содержания коров, различных после отдельных осложнениях. FPR (fat to protein ratio) = МДЖ / МДБ – соотношение жира и белка в молоке коров как предикторов возникновения ацидоза и кетоза. Нормой считается интервал от 1,2 до 1,4 единиц соотношения.

В расчетах для изученных показателей использовали пакет «Анализ данных» в среде MS Excel 2013.

Исследования выполнены в рамках темы ГЗ Минобрнауки FGGN-2024 – 0013, регистрационный № 124020200029-4.

Результаты и обсуждение

Как известно, насыщенность белка молока зависит от потребления животными энергии, поступающей с кормом и производством белка микроорганизмами, заселяющими рубец. Белковый перекорм при наличии дефицита энергии в рационах животных, сопровождающийся увеличением содержания азота мочевины в молоке, вызывает смещение содержимого рубца в кислую сторону.

Необходимо отметить, что расширенный компонентный состав молока коров полученной выборки популяции скота Подмосковья, характеризуется содержанием высокого процента жира (4,30%) и белка (3,53%). Молярность мочевины находилась в пределах умеренной нормы (от 15 до 30) и достигала среднего значения $26,8 \text{ мг} \times 100 \text{ мл}^{-1}$.

Вследствие этого, закономерно рассматривать взаимозависимость между FPR и уровнем наличия кетоновых тел, и ацетона, в частности, поскольку высокая разница между МДЖ и МДБ в молоке может являться достоверным клиническим признаком кетоза (субклинической или клинической его формы), а низкая – ацидоза [17].

Скармливание животным рационов с высоким содержанием концентратов без обеспечения уровня потребляемой энергии, соотношение FPR обуславливает связь с наличием мочевины в молоке [18].

Анализируя полученных нами данных установлено, что результаты по уровню суточного удоя и компонентам молока по группам градаций в молоке МДБ и подгруппам градаций по концентрации мочевины были получены в нескольких вариантах (таблица 1).

Таблица 1 - Особенности оценки питательности рациона коров голштинской породы популяции Московской области по молочным компонентам

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.51.1.1>

Показатели	Группы градаций по массовой доле белка, %								
	≤ 3,20			3,21-3,60			≥ 3,61		
	Подгруппы градаций по концентрации мочевины, мг×100 мл ⁻¹								
	≤ 15,0	15,1-30,0	≥ 30,1	≤ 15,0	15,1-30,0	≥ 30,1	≤ 15,0	15,1-30,0	≥ 30,1
<i>Оценка баланса рациона по энергии и протеину</i>	Недостаток энергии и протеина	Недостаток энергии	Недостаток энергии и избыток протеина	Недостаток протеина	Баланс энергии и протеина	Избыток протеина	Избыток энергии и недостаток протеина	Избыток энергии	Избыток энергии и протеина
Суточный удой, кг	25,1±0,2	27,5±0,1	29,2±0,1	23,7±0,2	25,6±0,09	26,4±0,1	20,6±0,4	22,2±0,1	22,1±0,1
МДЖ, %	3,71±0,02	4,19±0,01	4,31±0,02	3,76±0,03	4,43±0,01	4,77±0,01	4,04±0,04	4,64±0,01	5,25±0,01
МДБ, %	2,97±0,004	3,01±0,002	2,99±0,003	3,38±0,003	3,40±0,001	3,41±0,002	3,79±0,01	3,82±0,002	3,90±0,003
FPR (МДЖ / МДБ)	1,25±0,01	1,39±0,003	1,44±0,01	1,11±0,01	1,31±0,003	1,40±0,004	1,07±0,01	1,22±0,003	1,35±0,003
Мочевина, мг×100 мл ⁻¹	10,52±0,09	22,72±0,05	36,73±0,09	10,57±0,09	23,34±0,04	36,12±0,07	11,31±0,14	23,69±0,05	37,80±0,08
Лактоза, %	4,84±0,01	4,83±0,003	4,93±0,004	4,89±0,01	4,89±0,003	4,91±0,004	4,79±0,01	4,83±0,004	4,86±0,004
Сухое вещество, %	12,43±0,02	12,93±0,01	13,30±0,01	12,63±0,03	13,42±0,01	13,81±0,01	13,19±0,05	13,87±0,01	14,27±0,01
СОМО, %	9,68±0,01	9,78±0,004	9,97±0,01	10,00±0,01	10,13±0,003	10,25±0,01	10,26±0,02	10,41±0,01	10,50±0,01
Точка замерз- я, ×-10 ⁻³ °С	601,9±0,9	597,4±0,5	599,3±0,5	598,3±1,2	605,6±0,5	602,3±0,5	610,4±2,4	608,1±0,6	594,5±0,5
Ацетон, ммоль/л	0,35±0,01	0,32±0,01	0,15±0,01	0,42±0,01	0,38±0,01	0,32±0,01	0,35±0,02	0,39±0,01	0,51±0,01
БГБ, ммоль/л	0,244±0,01	0,27±0,01	0,49±0,01	0,16±0,005	0,19±0,003	0,30±0,01	0,13±0,01	0,12±0,003	0,12±0,004
Trans FA, г/100г	0,02±0,001	0,02±0,001	0,01±0,001	0,022±0,002	0,02±0,001	0,01±0,001	0,04±0,004	0,02±0,001	0,01±0,000
SCS, балл	3,00±0,08	2,67±0,04	2,25±0,04	3,48±0,09	3,06±0,03	2,78±0,04	3,93±0,15	3,61±0,04	3,35±0,03
Казеин, %	2,32±0,004	2,39±0,002	2,50±0,003	2,55±0,01	2,65±0,002	2,73±0,003	2,86±0,01	2,95±0,04	2,97±0,003

Так, при одновременном недостатке в рационе энергии и избытке протеина суточная продуктивность коров составила 29,2 кг молока, 4,32% МДЖ и 2,99% МДБ и индекса FPR, равного 1,44. Наличие данных с такими значениями информирует специалистов о сверхфункциональной нагрузке на организм животных при поедании большого количества концентрированных кормов.

Избыток протеина снизил продуктивность до 26,4 кг, но вместе с тем, МДЖ повысилась до 4,77%, МДБ до 3,41%, а индекс FPR составил 1,40. Превышение энергии и протеина снижает продуктивность до 22,1 кг молока в сутки, повышает МДЖ до 5,23% и МДБ до 3,90%, а индекс FPR равен 1,35.

Оценивая полученный расчетным путем баланс энергии и протеина в рационе поголовья коров, входящих в группу по МДБ в диапазоне от 3,21 до 3,60%, и в подгруппу с молярностью мочевины в диапазоне от 15,1 до 30,0 мг×100 мл⁻¹, нами получены следующие значения: по суточному удою – 25,6 кг молока, по компонентам: массовая доля жира – 4,43%, массовая доля белка – 3,40%, индекс соотношения МДЖ и МДБ (FPR) составил 1,3.

При недостатке энергии в питательности рациона животных, относящихся к группе по МДБ в диапазоне ≤ 3,20%, подгруппы по концентрации мочевины в молоке в диапазоне от 15,1 до 30,0 мг×100 мл⁻¹, нами рассчитаны показатели: по удою – 27,5 кг, компонентам молока: массовой доли жира – 4,19%, массовой доли белка – 3,01%, FPR равным 1,39.

Констатируя наличие избытка энергии в питательности рациона по МДБ в диапазоне ≥ 3,61%, подгруппы по концентрации мочевины в диапазоне от 15,1 до 30,0 мг×100 мл⁻¹, полученные нами значения: по суточному удою – 22,2 кг, компонентам: МДЖ – 4,64%, МДБ – 3,82%, соотношение индекса FPR равно 1,22.

Продолжительность сервис-периода в группе градаций по МДБ в молоке ≤ 3,20% и в подгруппе по молярности мочевины в диапазоне от 15,1 до 30,0 мг×100 мл⁻¹ и FPR равным 1,39, составила 130,3 дня (таблица 2).

Таблица 2 - Состояние репродукции коров голштинской породы популяции Московской области по признакам молочной продуктивности

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.51.1.2>

Показатели	Группы градаций по массовой доле белка, %								
	≤ 3,20			3,21-3,60			≥ 3,61		
	Подгруппы градаций по молярности мочевины, мг×100 мл ⁻¹								
	≤ 15,0	15,1-30,0	≥ 30,1	≤ 15,0	15,1-30,0	≥ 30,1	≤ 15,0	15,1-30,0	≥ 30,1
<i>Оценка сбалансированности рациона по энергии и протеину</i>	Недостаток энергии и протеина	Недостаток энергии	Недостаток энергии и избыток протеина	Недостаток протеина	Баланс энергии и протеина	Избыток протеина	Избыток энергии и недостаток протеина	Избыток энергии	Избыток энергии и протеина
FPR (МДЖ / МДБ)	1,25±0,01	1,39±0,003	1,44±0,01	1,11±0,01	1,31±0,003	1,40±0,004	1,07±0,01	1,22±0,003	1,35±0,003
Возраст коров, отел	2,56±0,03	2,43±0,02	2,35±0,02	2,49±0,04	2,35±0,02	2,33±0,02	2,41±0,06	2,34±0,02	2,34±0,02
Сервис-период, дни	140,3±1,6	130,3±0,9	123,0±1,2	138,4±1,8	131,1±0,8	124,9±1,0	138,7±3,1	139,5±1,0	133,9±1,1
Количество осеменений, ед.	1,95±0,03	1,95±0,02	2,05±0,02	1,95±0,03	1,99±0,01	2,01±0,02	2,00±0,05	2,05±0,02	2,17±0,02
Удой за 305 дней лактации, кг	7634±38	8154±21	8576±29	7624±39	8017±17	8260±24	7632±62	7872±22	8123±23

Избыток энергии в группе по МДБ в молоке $\geq 3,61\%$ и в подгруппе по молярности мочевины молока от 15,1 до 30,0 мг \times 100 мл⁻¹, FPR равным 1,22, сервис-период – 139,5 дней.

В случае баланса в группах по МДБ в молоке от 3,21 до 3,60% и в подгруппе по концентрации мочевины в диапазоне от 15,1 до 30,0 мг \times 100 мл⁻¹ при индексе FPR, равным 1,31, продолжительность сервис-периода 131,1 дня.

Величина удоя за 305 дней последней законченной лактации была при недостатке энергии в рационе 8154, а при избытке снизилась до 7872 кг. При балансе энергии и протеина в питательности рациона уровень удоя за 305 дней лактации был оптимальным и составил 8017 кг молока от коровы.

Осуществление мониторинга состояния менеджмента в стаде используя лишь биомаркеры массовой доли белка и концентрации мочевины в молоке коров, с одной стороны, и оценку уровня жизнедеятельности и физиологического состояния животного, с другой, становится насущной необходимостью.

Заключение

Таким образом, полученная нами характеристика биомаркеров обмена веществ на основе инфракрасных спектров молока, показывает перспективность их применения для оценки функционального состояния коров, определения пороговых уровней оценки степени интеграции и адекватности функций активности различных физиологических систем организма, понимая при этом, что анализируемые индикаторы и их пороговые уровни (ацетон, БГБ, мочевина, FPR) отражают реакцию организма коров на возможное заболевание.

Содержание МДЖ и МДБ, уровень молярности мочевины, а также количество надоенного молока – данные, которые крайне важно использовать производителям для оценки уровня кормления животных.

Финансирование

Исследования выполнены в рамках темы ГЗ Минобрнауки FGGN-2024 – 0013, регистрационный № 124020200029-4.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Funding

The research was carried out within the topic of the State Budget of the Ministry of Education and Science FGGN-2024 – 0013, registration number 124020200029-4

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Породы крупного рогатого скота : справочник / Сост. Н.В. Иванова, А.Г. Максимов. — Персиановский : Донской ГАУ, 2019. — 143 с.
2. Косяченко Н.М. Голштинская порода в создании улучшенных генотипов и внутривидовых типов крупного рогатого скота / Н.М. Косяченко, М.В. Абрамова, А.В. Ильина [и др.]. — Ярославль : Канцлер, 2020. — 157 с.
3. Ежегодник по племенной работе в молочном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2023 год). — Москва : ФГБНУ ВНИИплем, 2024. — 255 с.
4. Государственный реестр селекционных достижений, документов к использованию. — М. : Росинформагротех, 2022. — Т. 2. Породы животных: официальное издание. — 214 с.
5. Сакса Е.И. Селекционно-генетическая характеристика высокопродуктивного голштинизированного черно-пестрого скота Ленинградской области / Е.И. Сакса, О.Е. Барсукова // Молочное и мясное скотоводство. — 2013. — № 6. — С. 11–15.
6. Лабинов В.В. Модернизация черно-пестрой породы крупного рогатого скота в России на основе использования генофонда голштинов / В.В. Лабинов, П.Н. Прохоренко // Молочное и мясное скотоводство. — 2015. — № 1. — С. 2–7.
7. Brady E.L. The effect of concentrate feeding strategy and dairy cow genotype on milk production, pasture intake, body condition score and metabolic status under restricted grazing conditions / E.L. Brady, E.T. Kelly, M.B. Lynch [et al.] // Livestock Science. — 2022. — Vol. 256. — P. 1–11. DOI: 10.1016/j.livsci.2021.104815.
8. Некрасов Р.В. Нормирование и организация кормления высокопродуктивных коров / Р.В. Некрасов, А.В. Головин, А.С. Аникин [и др.] // Молочная промышленность. — 2014. — № 7. — С. 26–28.
9. Filipejová T. Changes in milk composition as a result of metabolic disorders of dairy cows / T. Filipejová, J. Kováčik, K. Kirchnerová [et al.] // Potravinárstvo. — 2011. — № 5 (1). — P. 10–16.
10. Hanuš O. Milk acetone determination by the photometrical method after microdiffusion and via FT infra-red spectroscopy / O. Hanuš, V.V. Genčurová, Y. Zhang [et al.] // J. Agrobiol. — 2011. — № 28 (1). — P. 33–48. DOI: 10.2478/v10146-011-0004-9.
11. Краткий справочник консультанта / Под общ. ред. А. Тёвса. — Мекенхайм : DCM Druck Center Meckenheim, 2010. — 159 с.
12. Dahl G.E. Physiology of lactation in dairy cattle — challenges to sustainable production. In: Animal agriculture / G.E. Dahl // Academic Press. — 2020. — P. 121–129. DOI: 10.1016/B978-0-12-817052-6.00007-0.
13. Koeck A. Genetic analysis of milk β -hydroxybutyrate and its association with fat-to-protein ratio, body condition score, clinical ketosis, and displaced abomasum in early first lactation of Canadian Holsteins / A. Koeck, J. Jamrozik, F.S. Schenkel [et al.] // Journal of Dairy Science. — 2014. — № 97 (11). — P. 7286–7292.

14. Chandler T.L. Predicting hyperketonemia by logistic and linear regression using test-day milk and performance variables in early-lactation Holstein and Jersey cows / T.L. Chandler, R.S. Pralle, J.R.R. Dórea [et al.] // *Journal of Dairy Science*. — 2018. — № 101 (3). — P. 2476–2491. DOI: 10.3168/jds.2017-13209.
15. Солоднева Е.В. Лактационные кривые как инструмент своевременного мониторинга состояния здоровья животных и их продуктивности — мини-обзор / Е.В. Солоднева, Р.В. Смольников, С.А. Баженов [и др.] // *Сельскохозяйственная биология*. — 2022. — Т. 57. — № 2. — С. 257–271.
16. Папуша Н.В. Мочевина молока как индикатор полноценности кормления коров черно-пестрой породы / Н.В. Папуша // *Международный научно-исследовательский журнал*. — 2018. — № 7 (73). — С. 76–80. DOI: 10.23670/IRJ.2018.73.7.015.
17. Marshall C.J. Nitrogen Balance of Dairy Cows Divergent for Milk Urea Nitrogen Breeding Values Consuming Either Plantain or Perennial Ryegrass / C.J. Marshall, M.R. Beck, K. Garrett [et al.] // *Animals (Basel)*. — 2021. — № 11 (8). — P. 2464. DOI: 10.3390/ani11082464.
18. Крупин Е.О. Взаимосвязь химического состава молока с величинами диагностических показателей интенсивности обмена веществ / Е.О. Крупин, Ш.К. Шакиров, Г.Р. Юсупова [и др.] // *Уч. записки Казанской ГАВМ им. Н.Э. Баумана*. — 2021. — Т. 245. — № 1. — С. 87–91. DOI: 10.31588/2413-4201-1883-245-1-87-92.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Porody krupnogo rogatogo skota [Cattle breeds] : a handbook / Comp. N.V. Ivanova, A.G. Maksimov. — Persianovskij : Don SAU, 2019. — 143 p. [in Russian]
2. Kosjachenko N.M. Golshtinskaja poroda v sozdanii uluchshennyh genotipov i vnutriporodnyh tipov krupnogo rogatogo skota [Holstein breed in the creation of improved genotypes and intra-breed types of cattle] / N.M. Kosjachenko, M.V. Abramova, A.V. Il'ina [et al.]. — Yaroslavl : Kancler, 2020. — 157 p. [in Russian]
3. Ezhegodnik po plemennoj rabote v molochnom skotovodstve v hozjajstvah Rossijskoj Federacii (2023 god) [Yearbook on breeding work in dairy cattle breeding in farms of the Russian Federation (2023)]. — Moscow : FGBNU VNIIPlem, 2024. — 255 p. [in Russian]
4. Gosudarstvennyj reestr selekcionnyh dostizhenij, dokumentov k ispol'zovaniju [State Register of Breeding Achievements, documents for use]. — M. : Rosinformagroteh, 2022. — Т. 2. Porody zhivotnyh: oficial'noe izdanie [Vol. 2. Animal breeds: official publication]. — 214 p. [in Russian]
5. Saksa E.I. Selekcionno-geneticheskaja harakteristika vysokoproduktivnogo golshtinizirovannogo cherno-pestrogo skota Leningradskoj oblasti [Breeding and genetic characteristics of high-yielding Holsteinised breed cattle of Leningrad Oblast] / E.I. Saksa, O.E. Barsukova // *Molochnoe i mjasnoe skotovodstvo [Dairy and Beef Cattle Breeding]*. — 2013. — № 6. — P. 11–15. [in Russian]
6. Labinov V.V. Modernizacija cherno-pestroj porody krupnogo rogatogo skota v Rossii na osnove ispol'zovanija genofonda golshtinov [Modernization of the black-and-brown breed of cattle in Russia based on the use of Holstein gene pool] / V.V. Labinov, P.N. Prohorenko // *Molochnoe i mjasnoe skotovodstvo [Dairy and beef cattle breeding]*. — 2015. — № 1. — P. 2–7. [in Russian]
7. Brady E.L. The effect of concentrate feeding strategy and dairy cow genotype on milk production, pasture intake, body condition score and metabolic status under restricted grazing conditions / E.L. Brady, E.T. Kelly, M.B. Lynch [et al.] // *Livestock Science*. — 2022. — Vol. 256. — P. 1–11. DOI: 10.1016/j.livsci.2021.104815.
8. Nekrasov R.V. Normirovanie i organizacija kormlenija vysokoproduktivnyh korov [Norms and organization of feeding of high-yielding cows] / R.V. Nekrasov, A.V. Golovin, A.S. Anikin [et al.] // *Molochnaja promyshlennost' [Dairy Industry]*. — 2014. — № 7. — P. 26–28. [in Russian]
9. Filipejová T. Changes in milk composition as a result of metabolic disorders of dairy cows / T. Filipejová, J. Kováčik, K. Kirchnerová [et al.] // *Potravinárstvo*. — 2011. — № 5 (1). — P. 10–16.
10. Hanuš O. Milk acetone determination by the photometrical method after microdiffusion and via FT infra-red spectroscopy / O. Hanuš, V.V. Genčurová, Y. Zhang [et al.] // *J. Agrobiol.* — 2011. — № 28 (1). — P. 33–48. DOI: 10.2478/v10146-011-0004-9.
11. Kratkij spravocnik konsul'tanta [A brief counsellor's handbook] / Under gen. ed. of A. Tëvsa. — Mekenhajm : DCM Druck Center Meckenheim, 2010. — 159 p. [in Russian]
12. Dahl G.E. Physiology of lactation in dairy cattle — challenges to sustainable production. In: *Animal agriculture* / G.E. Dahl // Academic Press. — 2020. — P. 121–129. DOI: 10.1016/B978-0-12-817052-6.00007-0.
13. Koeck A. Genetic analysis of milk β -hydroxybutyrate and its association with fat-to-protein ratio, body condition score, clinical ketosis, and displaced abomasum in early first lactation of Canadian Holsteins / A. Koeck, J. Jamrozik, F.S. Schenkel [et al.] // *Journal of Dairy Science*. — 2014. — № 97 (11). — P. 7286–7292.
14. Chandler T.L. Predicting hyperketonemia by logistic and linear regression using test-day milk and performance variables in early-lactation Holstein and Jersey cows / T.L. Chandler, R.S. Pralle, J.R.R. Dórea [et al.] // *Journal of Dairy Science*. — 2018. — № 101 (3). — P. 2476–2491. DOI: 10.3168/jds.2017-13209.
15. Solodneva E.V. Laktacionnye krivye kak instrument svoevremennogo monitoringa sostojanija zdorov'ja zhivotnyh i ih produktivnosti — mini-obzor [Lactation curves as a tool for timely monitoring of animal health and productivity — a mini-review] / E.V. Solodneva, R.V. Smol'nikov, S.A. Bazhenov [et al.] // *Sel'skohozjajstvennaja biologija [Agricultural Biology]*. — 2022. — Vol. 57. — № 2. — P. 257–271. [in Russian]
16. Papusha N.V. Mochevina moloka kak indikator polnocennosti kormlenija korov cherno-pestroj porody [Milk urea as an indicator of nutrition adequacy of black-and-white cows] / N.V. Papusha // *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal [International Research Journal]*. — 2018. — № 7 (73). — P. 76–80. DOI: 10.23670/IRJ.2018.73.7.015. [in Russian]

17. Marshall C.J. Nitrogen Balance of Dairy Cows Divergent for Milk Urea Nitrogen Breeding Values Consuming Either Plantain or Perennial Ryegrass / C.J. Marshall, M.R. Beck, K. Garrett [et al.] // *Animals (Basel)*. — 2021. — № 11 (8). — P. 2464. DOI: 10.3390/ani11082464.

18. Krupin E.O. Vzaimosvjaz' himicheskogo sostava moloka s velichinami diagnosticheskikh pokazatelej intensivnosti obmena veshhestv [The relationship of the chemical composition of milk with the values of diagnostic indicators of metabolic intensity] / E.O. Krupin, Sh.K. Shakirov, G.R. Jusupova [et al.] // *Uch. zapiski Kazanskoj GAVM im. N.Je. Baumana* [Scientific Notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman]. — 2021. — Vol. 245. — № 1. — P. 87–91. DOI: 10.31588/2413-4201-1883-245-1-87-92. [in Russian]