

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ И ЭКОНОМИКА В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

Научная статья

УДК 636.22/28:636.088.5

doi:10.33284/2658-3135-108-2-103

Оценка изменчивости компонентного состава молока и количества соматических клеток на основе построения лактационных кривых

Галина Геннадьевна Карликова¹, Александр Александрович Сермягин²,

Ирина Алексеевна Лашнева³

^{1,3}Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, Дубровицы, Россия

²Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста», Санкт-Петербург, Россия

¹karlikovagalina@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9021-1404>

²alex_sermyagin85@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-2386-1289>

³lashnevair@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0009-4276-8782>

Аннотация. Цель исследований – определение изменчивости компонентного состава и наличия жирных кислот в молоке коров во взаимосвязи с молочной продуктивностью животных. Использованы наблюдения по более 11 тыс. голов животных из 14 племенных стад голштинского скота. Пик продуктивности за 1 лактацию с максимальным значением удоя 33,2 кг молока продолжался с 51 по 69 день. В течение 2 лактации максимальный суточный удой с 50 по 71 день составил 36,1 кг. По 3 лактации пиковую продуктивность с 44 по 90 день достигли в 38,1 кг молока. Точность описания лактационных кривых при помощи полиномиальных функций 4-го порядка составила $R^2=82,1-85,6$ %. Динамика ОКСК по соматическим клеткам показала обратную лактации кривую данных. Значения оценки количества соматических клеток (ОКСК) в период 1 лактации – с 42 по 96 день – 2,4 балла, 2 лактации – с 43 по 87 день – 2,5 балла, 3 лактации – с 35 по 62 день – 2,8 балла. Разработанные уравнения моделей лактационных кривых были рассчитаны на: удой за 305 дней лактации – 7898 кг молока, при среднесуточном удое – 25,9 кг, максимуме удоя – 33,0 кг для пика лактации, приходящегося на 50 день. Проведенная оценка динамики изменения удоя и количества соматических клеток в молоке, казеина и жирных кислот, показали перспективность их использования для характеристики функциональных качеств животных с учетом течения лактации по периодам.

Ключевые слова: коровы, голштинская порода, молоко, удой, лактационная кривая, компоненты молока, казеин, жирные кислоты

Благодарности: работа выполнена в соответствии с планом НИР на 2024-2026 гг. ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста (№ FGGN-2024-0013).

Для цитирования: Карликова Г.Г., Сермягин А.А., Лашнева И.А. Оценка изменчивости компонентного состава молока и количества соматических клеток на основе построения лактационных кривых // Животноводство и кормопроизводство. 2025. Т. 108. № 2. С. 103-115. [Karlikova GG, Sermyagin AA, Lashneva IA. Estimation of the variability of milk components and the number of somatic cells based on the construction of lactation curves. Animal Husbandry and Fodder Production. 2025;108(2):103-115. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-108-2-103>

Original article

Estimation of the variability of milk components and the number of somatic cells based on the construction of lactation curves

Galina G Karlikova¹, Alexander A Sermyagin², Irina A Lashneva³

^{1,3}Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member LK Ernst, Dubrovitsy, Russia

²All-Russian Research Institute of Genetics and Breeding of Agricultural Animals – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Research Center for Animal Husbandry – VIZh named after Academician L.K. Ernst”, St. Petersburg, Russia

¹karlikovagalina@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9021-1404>

²alex_sermyagin85@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-2386-1289>

³lashnevair@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0009-4276-8782>

Abstract. The objective of the research was to determine the variability of the component composition and the presence of fatty acids in cow's milk in relation to the dairy productivity. Observations of more than 11 thousand heads of animals from 14 breeding herds of the Holstein cattle were used. Peak productivity for the 1 lactation with a maximum milk yield of 33.2 kg of milk lasted from 51 to 69 days. During 2 lactation, the maximum daily milk yield from day 50 to 71 was 36.1 kg. During the 3rd lactation, the peak productivity from 44 to 90 was reached in 38.1 kg of milk. The accuracy of describing lactation curves using fourth-order polynomial functions was $R^2 = 82.1-85.6\%$. The dynamics of the somatic cell count (CSC) showed the data curve inverse to lactation. The values of CSC in the period of 1 lactation – from 42 to 96 days – 2.4 points, 2 lactation – from 43 to 87 days – 2.5 points, 3 lactation – from 35 to 62 days – 2.8 points. The developed equations of the lactation curve models were calculated for: milk yield for 305 days of lactation – 7898 kg of milk, with an average daily milk yield – 25.9 kg, maximum milk yield – 33.0 kg for peak lactation, occurring on day 50. The assessment of the dynamics of changes in milk yield and the number of somatic cells in milk, casein and fatty acids showed the prospects of their use to characterize the functional qualities of animals, taking into account the course of lactation by period.

Keywords: cows, Holstein breed, milk, milk yield, lactation curve, milk components, casein, fatty acids

Acknowledgments: the work was performed in accordance to the plan of research works for 2024-2026 L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry (No. FGGN-2024-0013).

For citation: Karlikova GG, Sermyagin AA, Lashneva IA. Estimation of the variability of milk components and the number of somatic cells based on the construction of lactation curves. Animal Husbandry and Fodder Production. 2025;108(2):103-115. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-108-2-103>

Введение.

Наиболее актуальной задачей в селекции молочного скота на сегодняшний момент остается повышение белкомолочности в связи с общим дефицитом белка в рационе людей, а также постоянно растущим его потреблением в мире. Немаловажным остается и традиционный отбор животных по жирномолочности, который обеспечивает удовлетворение рынка по основным продуктам питания: сливочное масло, сметана, сливки и сектор мягких сыров. Вместе с этим увеличение продуктивности ведет к напряжению физиологического статуса организма коров, метаболическому стрессу (Егиазарян А., 2012).

Таким образом, популяционный аудит может помочь в отборе наиболее устойчивых и адаптированных животных во взаимодействии «генотип-среда». Контроль компонентного состава молока позволит более детально разобраться в процессах обмена веществ высокопродуктивных молочных коров.

Потенциал молочной продуктивности коровы в период лактации непрерывно изменяется в зависимости от физиологического состояния ее организма. Данные изменения наиболее визуально и наглядно отражает лактационная кривая. На уровень молочной продуктивности оказывают влияние высший суточный удой, среднесуточные удои, а также их изменения в сторону роста или снижения за период лактации. Характер лактации – это относительно самостоятельный, генетически обусловленный признак молочных коров.

Лактационная кривая представляет собой график, по оси абсцисс которого отмечено время с момента отела, по оси ординат – один из параметров продуктивности: удой, состав по жиру и белку, а также соотношения компонентов молока (Stanton TL, 1992).

По мнению исследователей, на суточный удой и состав молока влияют как генетические, так и фенотипические факторы (Часовщикова М.А. и Пунегова В.В., 2024).

Лактационная кривая может быть построена как для отдельной коровы, так и для всего стада, что позволяет проводить анализ и делать выводы о молочной продуктивности на уровне предприятия. Внутри предприятия также можно построить отдельные кривые для разных групп коров, например, отдельно для первотелок.

За многолетнюю историю исследований были предложены модели разных видов – линейные, экспоненциальные, полиномиальные и многие другие (Macciotta NPP et al., 2011).

Лактационную кривую можно описывать с помощью математических моделей, что дает возможность прогнозировать последующую лактационную деятельность коровы, не дожидаясь окончания очередной лактации. По этим моделям исследователи определяют набор ключевых параметров молока, отталкиваясь от параметров содержания коров и данных из предыдущих лактаций (Bouallegue M and M'Hamdi N, 2020). Прогнозирование надоев молока является важным этапом как в принятии управленческих и селекционных решений по ведению стада, так и широкого использования полученных данных в диагностических целях в последние годы (Cassamo M et al., 2008). На основе анализа моделируемых функций прослеживается связь их математических характеристик и параметров, описывающих состояние здоровья особи.

В связи с этим поиск потенциальных биомаркеров, отвечающих за формирование и последующую реализацию продуктивности особей, их функциональных качеств и здоровья вымени представляется одной из наиболее значимых задач настоящих исследований. Коллегией Евразийской экономической комиссии (ЕЭК) в 2023 году внесены изменения в методику оценки племенной ценности скота молочного направления продуктивности, которые дополняют перечень селекционируемых признаков, включив соматические клетки как показатель здоровья вымени (Найманов Д.К. и др., 2019).

В зарубежной литературе встречается множество исследований, посвященных анализу компонентного состава молока коров с использованием инфракрасной спектроскопии (Delhez P et al., 2020; Du C et al., 2020; Tiplady M et al., 2022). Данные работы носят популяционный характер, анализируются большие базы данных, нацеленные на более детальное изучение показателей молока и их изменчивости под влиянием генетических и средовых факторов.

Особое место и внимание исследователей в анализе химического состава молока коров в последние годы занимает концентрация жирных кислот, т. к. качественные характеристики молочных продуктов переработки (выход сыра, масла и сливок) в значительной степени зависят от липидного обмена, происходящего в организме высокопродуктивного животного.

Цель исследований.

Определение изменчивости компонентного состава и наличия жирных кислот в молоке коров во взаимосвязи с молочной продуктивностью животных.

Материалы и методы исследований.

Объект исследования. Формирование базы данных крупного рогатого скота голштинской породы по продуктивным качествам на основе имеющихся баз данных и популяционных наблюдений в племенных хозяйствах Московской области.

Схема эксперимента. Пробы молока для популяционного анализа отбирались специалистами хозяйств в течение всего периода наблюдений (от двух до шести проб на одно животное) согласно регламенту Министерства сельского хозяйства РФ. Контроль за качеством отбора проб молока в племенных стадах осуществлялся контроль-ассистентской службой Союз «Мосплем» однократно в месяц. Отбор проб молока проводился в соответствии с требованиями ГОСТ 13928-84 «Молоко и сливки заготавливаемые. Правила приемки, методы отбора проб и подготовка их к анализу». На молочных комплексах при проведении контрольной дойки устанавливают молокоотборники (УЗМ), из которых отобранное в течение дойки прямо пропорциональное удою от каждой коровы количество молока переливается в стаканчики с наличием консерванта. Популяционно-генетические исследования компонентов состава молока коров проводились в периоды контрольных доений. В исследовательскую базу вошли наблюдения по более 11 тысячам голов животных из 14 племенных стад голштинского скота, объединенные с массивом племенного учета из информационно-аналитической системы (ИАС) «Селэкс. Молочный скот».

Была рассмотрена динамика средних значений показателей удою и оценки числа соматических клеток за периоды 1, 2 и 3 лактации.

Оборудование и технические средства. Отобранные образцы молока анализировали в лаборатории селекционного контроля качества молока АО «Московское» по племенной работе» (г. Ногинск) с помощью прибора CombiFoss FT+ (FOSS, Дания), основанного на действии инфракрасной спектроскопии и проточной цитометрии (применялись протоколы, рекомендованные производителем). Что касается анализа молока, то стаканчики с пробами подогреваются в водяной бане до +40 °С, снимаются крышки и выставляются на линейку прибора, где молоко автоматически перемешивается, двигается дальше, отбирается из стаканчика и на экране появляется информация о составе, в т. ч. массовая доля белка и количество жирных кислот.

Статистическая обработка. Для построения лактационных кривых с целью установления популяционных закономерностей и поиска стандартных форм изменчивости компонентов молока была выбрана и использована нелинейная регрессионная функция. Чтобы опосредованно оценить состояние молочной железы коров, животные в стаде были условно распределены на 4 группы, в зависимости от количества соматических клеток (КСК) и их дифференциации (ДКСК): А – КСК ≤ 200 тыс. ед./мл, ДКСК ≤ 70 %; В – КСК ≤ 200 тыс. ед./мл, ДКСК > 70 %; С – КСК > 200 тыс. ед./мл, ДКСК > 70 %; D – КСК > 200 тыс. ед./мл, ДКСК ≤ 70 %. Также была принята следующая градация животных вне зависимости от вероятности заболевания маститом: четыре подгруппы с КСК ≤ 200, 201-500, 501-1000 и ≥ 1001 тыс. ед./мл.

Количество соматических клеток в молоке коров не всегда характеризуется нормальным распределением, поэтому был рассчитан показатель оценки количества соматических клеток (ОКСК) по формуле, предложенной Wiggans GR and Shook GE, 1987. Лучшие по содержанию соматических клеток в молоке животные получали значение 1 балл, худшие – 10 баллов, при этом шаг ОКСК составлял 1 балл.

$$(\text{ОКСК} = \log_2(\text{КСК}/100) + 3,$$

где: ОКСК – оценка числа соматических клеток (балл),

$\log_2$ – логарифм по основанию 2,

КСК – количество соматических клеток, определенное на инфракрасном спектрометре (тыс. ед./мл),

- до 100 тыс./мл – здоровое вымя. Показатель может колебаться от 50 до 170 тыс./мл в зависимости от возраста коров, кормления и условий содержания в коровниках, но в среднем составляет около 100 тыс./мл,

- от 300 до 800 тыс./мл – субклинический мастит,

- свыше 1 млн/мл – клинический мастит.

Для анализа экспериментальных данных были задействованы методы вариационной статистики, с помощью офисного программного комплекса «Microsoft Office» («Microsoft», США) с применением «Excel 2013» («Microsoft», США) с обработкой данных в Statistica 10 («Stat Soft Inc.», США). Выявленные различия считали статистически значимыми при $P \leq 0,05$.

Результаты исследований.

Молочная продуктивность коров изменяется с возрастом. Просчитанные тренды лактационных кривых в популяции коров голштинской породы Московской области для суточного удоя и оценки количества соматических клеток (ОКСК) представлены на рисунках 1 и 2 соответственно.

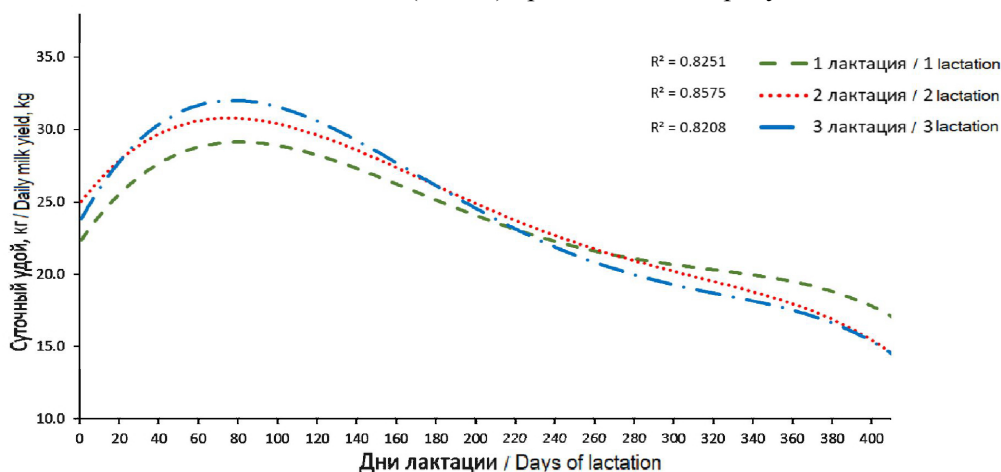


Рисунок 1. Тренды лактационных кривых коров голштинской породы популяции скота Московской области за 1, 2 и 3 лактации для суточного удоя
Figure 1. Trends in lactation curves of the Holstein cows of the Moscow region cattle population for 1, 2 and 3 lactations according to daily milk yield

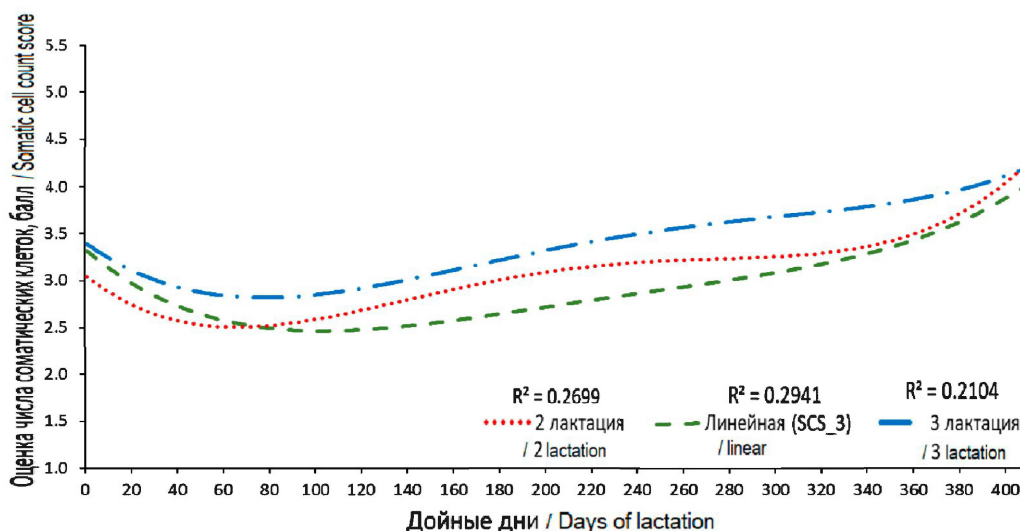


Рисунок 2. Тренды лактационных кривых коров голштинской породы популяции скота Московской области за 1, 2 и 3 лактации для оценки количества соматических клеток (ОКСК)
(OKSK)

Figure 2. Trends in lactation curves of Holstein cows in the Moscow region cattle population for 1, 2, and 3 lactation periods to estimate the somatic cells count (CSC)

Анализ динамики суточных удоев показал, что пик продуктивности за первую лактацию достигал в период 2 половины второго и начале третьего месяцев лактации (с 51 по 69 день) с максимальным значением удоя 33,2 кг молока в течение 18 дней. В течение второй лактации максимальный суточный удой составил 36,1 кг и продлился 21 день (с 50 по 71). Результаты третьей лактации показали наиболее продолжительную пиковую продуктивность – 46 дней (с 44 по 90) и 38,1 кг при последующем более интенсивном падении удоя.

У первотелок значение R^2 составило 82,5 % и указывало на достаточную вариативность формы лактационной кривой. Самым высоким был коэффициент R^2 у коров по второй лактации 85,7 %, что гораздо лучше объясняет изменчивость лактационной кривой. У коров по третьей лактации коэффициент R^2 был наименьшим и составил 82,1 %.

Для понимания взаимосвязи показателей суточных удоев с нормированной оценкой числа соматических клеток в молоке коров, была отдельно описана динамика ОКСК по лактациям. Она показала обратную лактации кривую данных по соматическим клеткам в части точек в моментах после отела, пика продуктивности и запуска животных, что свидетельствует о функциональной зависимости двух переменных в пределах физиологических точек лактационной деятельности.

Минимальные значения оценки количества соматических клеток (ОКСК) были показаны в период первой лактации – с 42 по 96 день и 2,4 балла, второй лактации – с 43 по 87 день и 2,5 балла, третьей лактации – с 35 по 62 день и 2,8 балла.

На рисунке 3 представлена динамика средних значений суточного удоя и оценки числа соматических клеток 410 дней по последней законченной лактации. Несмотря на значительную изменчивость оценки числа соматических клеток (ОКСК), отметим, что пик суточного удоя фактически приходился на период с 48 по 63 день после отела со средним значением 31,2 кг молока, тогда как в этот же период отмечались самые низкие значения оценки соматических клеток – 2,6 балла.

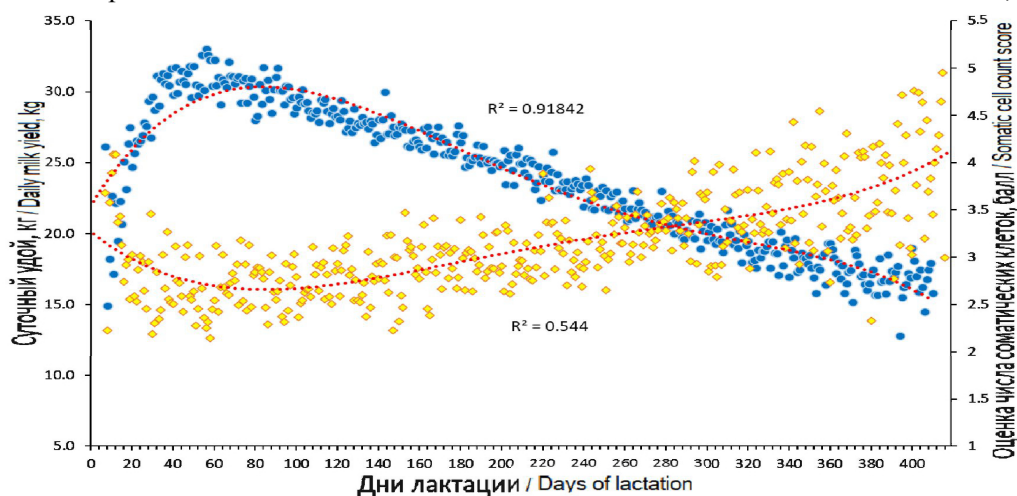


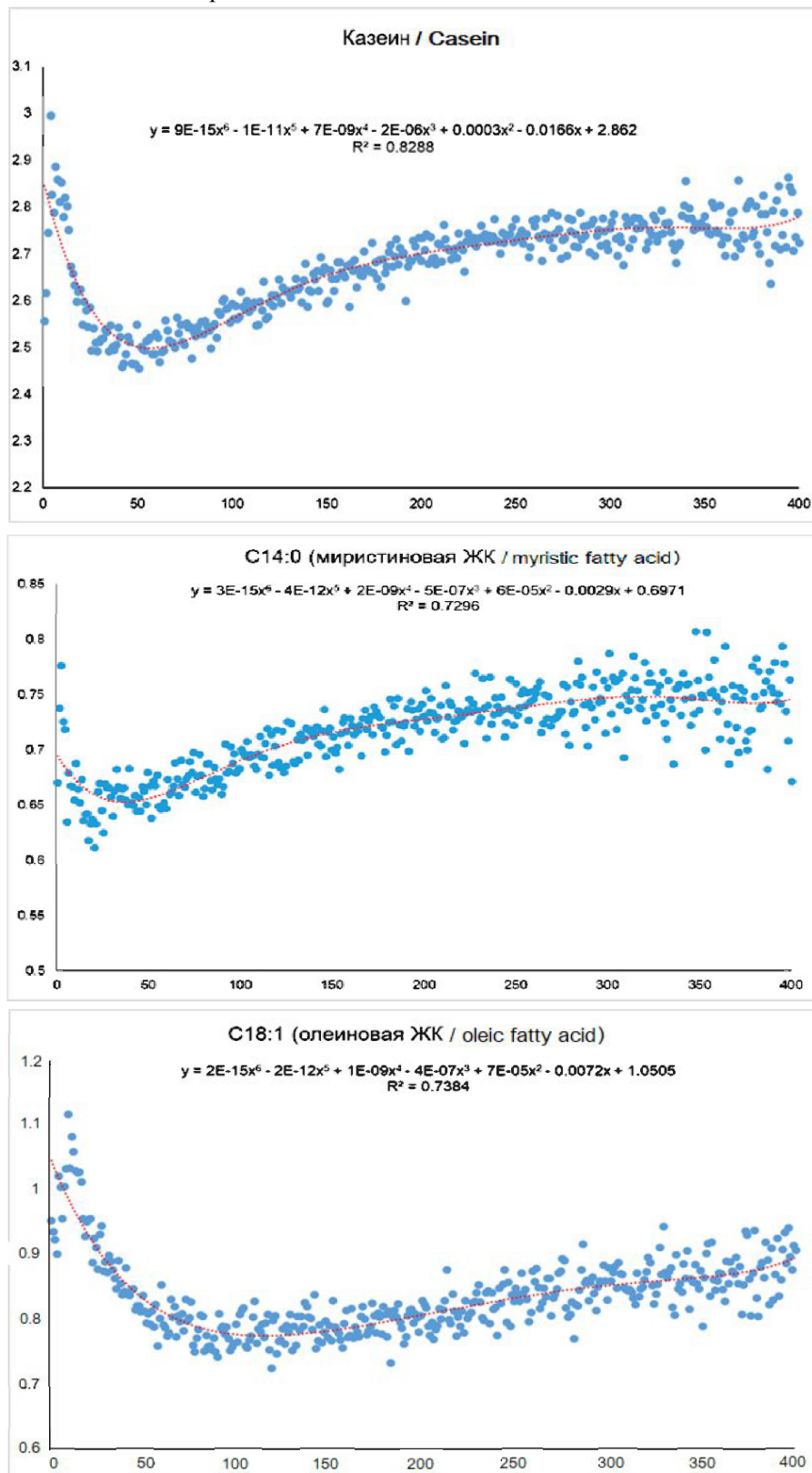
Рисунок 3. Динамика средних значений удоя и ОКСК коров популяции скота Московской области за 410 дней лактации

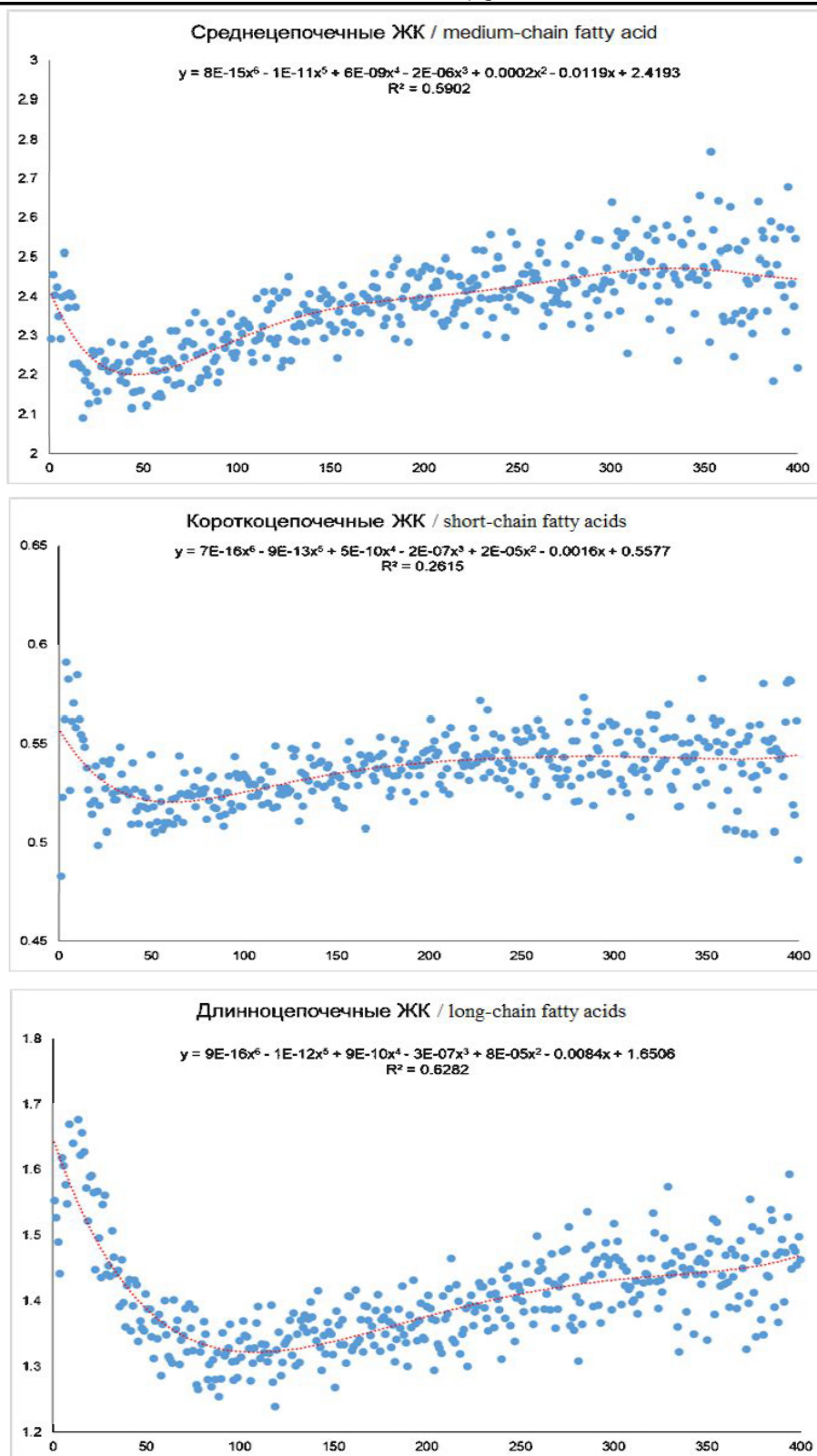
Figure 3. Dynamics of average milk yield and CSC of cows in the Moscow region cattle population for 410 days of lactation

Это указывает на возможности функционального описания на уровне популяции для оценки числа соматических клеток (ОКСК) с целью использования в уточнении значений вариационных компонентов.

В рамках популяционных исследований расширенного компонентного состава молока коров нами определены группы биомаркеров молока для оценки (прогноза) состояния здоровья и хозяйственно-полезных качеств животных.

На рисунке 4 приведены результаты динамики изменения массовой доли казеина (МДК) и ряда жирных кислот в молоке коров в связи с днями лактации.





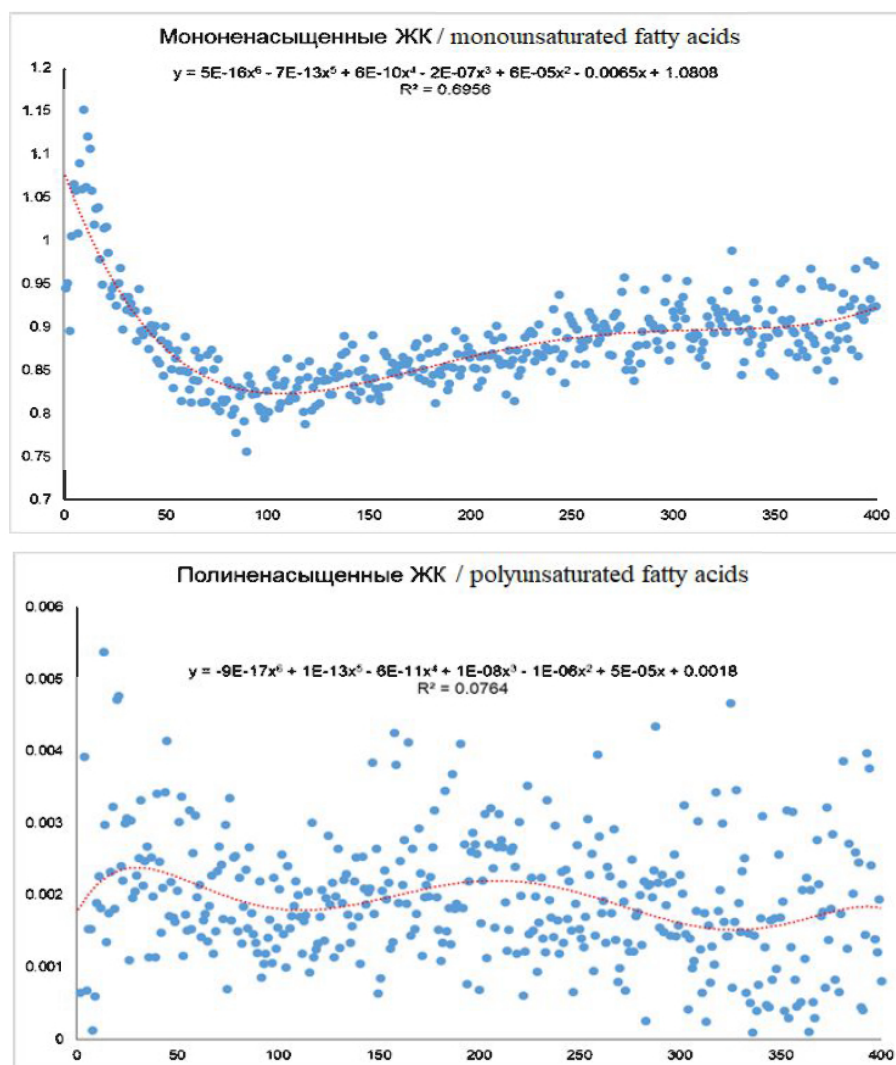


Рисунок 4. Динамика средних значений массовой доли казеина (МДК) и жирных кислот в молоке коров за 410 дней лактации популяции скота Московской области
 Figure 4. Dynamics of the average values of the mass fraction of casein (MFC) and fatty acids in milk over 410 days of lactation in the livestock population of the Moscow region

Разработанные уравнения моделей лактационных кривых были рассчитаны на следующие параметры средней продуктивности по стаду и маркеры обмена веществ животных: удой за 305 дней лактации – 7898 кг молока, при среднесуточном удое – 25,9 кг, максимуме удоя – 33,0 кг для пика лактации, приходящегося на 50 день.

Обсуждение полученных результатов.

В последние годы направленный отбор с учетом генетических данных, улучшения кормления и содержания способствует росту молочной продуктивности. Вместе с тем рост продуктивности провоцирует метаболический стресс, что негативно влияет на качество продукции и здоровье животных. Отсюда следует, что особую важность приобретает своевременный мониторинг состояния здоровья животных и их продуктивности. Одним из них является моделирование лактацион-

ных кривых, представляющих собой график динамики молочной продуктивности крупного рогатого скота.

В наших исследованиях точность описания лактационных кривых при помощи полиномиальных функций 4-го порядка составляла $R^2=82,1-85,6$ %. Эти результаты соответствуют сообщениям о марокканских голштино-фризских молочных коровах и аналогичны результатам, полученным в Индии на коровах породы каран-фрис (помесных) и на коровах голштино-фризской породы (Jingar S et al., 2014).

Полученные в приведенном исследовании минимальные значения оценки количества соматических клеток (ОКСК) по первым трем лактациям подтверждают как наши результаты, так и выводы ряда авторов о низком содержании соматических клеток (КСК) в молоке, полученном от здоровых животных (Lee C et al., 1980; Schwarz D et al., 2011; Pilla R et al., 2012).

Данные работы носят популяционный характер и нацелены на более детальное изучение показателей молока и их изменчивости под влиянием генетических и средовых факторов.

Таким образом, построение лактационных кривых – важный инструмент своевременного мониторинга состояния здоровья животных и их продуктивности.

Полученные нами данные указывают, что при значительном увеличении числа соматических клеток в молоке в организме коров наблюдаются метаболические изменения. Полагаем, что предлагаемое нами проведение комплексного анализа молока поможет в разработке быстрых методов диагностики состояния здоровья молочного стада.

Используя данные исследований, проведенных учеными ранее (Hanuš O et al., 2011; Aguilar M et al., 2012; Bastin C et al., 2016; Kostensalo J et al., 2023), и свои результаты, мы смогли определить, что для прогнозирования, а также контроля состояния физиологического статуса животных обязательно учитывать количество соматических клеток в молоке.

Проведенная оценка динамики изменения удоя и количества соматических клеток в молоке, казеина и жирных кислот показали перспективность их использования для характеристики функциональных качеств животных с учетом течения лактации по периодам.

Заключение.

Математическая модель, построенная на основе данных по предыдущей лактации, предсказывает лактационную деятельность коровы уже в начале последующей лактации. Такие модели позволяют находить скрытые закономерности уже в первый месяц лактации. Построенная математическая модель лактационной кривой используется для выявления отклонения удоя от нормы, что позволяет сократить сроки обнаружения болезней.

Список источников

1. Егиазарян А. Улучшение генетического потенциала молочных стад в Ленинградской области за счет быков импортной селекции // Молочное и мясное скотоводство. 2012. № S1. С. 25-27. [Eghiazaryan A. Improvement of genetic potential of dairy herds in the Leningrad region from daughters bulls the import selection. Journal of Dairy and Beef Cattle Breeding. 2012;S1:25-27. (*In Russ.*)].
2. Молочная продуктивность дочерей быков-производителей различных линий голштинской породы и содержание соматических клеток в молоке/ Д.К. Найманов, Г.И. Шайкамал, А.Т. Кажиякбарова, Е.Б. Джуламанов // Животноводство и кормопроизводство. 2019. Т. 102. № 2. С. 115-124. [Naimanov DK, Shaykamal GI, Kazhiyakbarova AT, Dzulamanov EB. Milk productivity of daughters from sires of various lines of Holstein breed and the content of somatic cells in milk. Animal Husbandry and Fodder Production. 2019;102(2):115-124. (*In Russ.*)]. doi: 10.33284/2658-3135-102-2-115
3. Часовщикова М.А., Пунегова В.В. Биологические и хозяйственные особенности коров чёрно-пёстрой породы разного уровня продуктивности // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107. № 2. С. 107-115. [Chasovshchikova MA, Punegova VV. Biological and economic

characteristics of Black Spotted cows of different productivity levels. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024;107(2):107-115. (*In Russ.*). doi: 10.33284/2658-3135-107-2-107

4. Aguilar M, Hanigan MD, Tucker HA, Jones BL, Garbade SK, McGilliard ML, Stallings CC, Knowlton KF, James RE. Cow and herd variation in milk urea nitrogen concentrations in lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 2012;95(12):7261-7268. doi: 10.3168/jds.2012-5582

5. Bastin C, Théron L, Lainé A, Gengler N. On the role of mid-infrared predicted phenotypes in fertility and health dairy breeding programs. *Journal of Dairy Science*. 2016;99(5):4080-4094. doi: 10.3168/jds.2015-10087

6. Bouallegue M, M'Hamdi N. Mathematical modeling of lactation curves: a review of parametric models [Internet]. *Lactation in farm animals - biology, physiological basis, nutritional requirements, and modelization*. IntechOpen; 2020. Available from: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.90253>

7. Caccamo M, Veerkamp RF, De Jong G, Pool MH, Petriglieri R, Licitra G. Variance components for test-day milk, fat, and protein yield, and somatic cell score for analyzing management information. *Journal of Dairy Science*. 2008;91(8):3268-3276. doi: 10.3168/jds.2007-0805

8. Delhez P, Colinet F, Vanderick S, Bertozzi C, Gengler N, Soyeurt H.. Predicting milk mid-infrared spectra from first-parity Holstein cows using a test-day mixed model with the perspective of herd management. *Journal of Dairy Science*. 2020;103(7):6258-6270. doi: 10.3168/jds.2019-17717

9. Du C, Liangkang Nan, Lei Yan, Qiuyue Bu, Xiaoli Ren, Zhen Zhang, Ahmed Sabek, Shunjun Zhang. Genetic analysis of milk production traits and mid-infrared spectra in Chinese Holstein population. *Animals*. 2020;10(1):139. doi: 10.3390/ani10010139

10. Hanuš O, Genčurová V, Zhang Y, Hering P, Kopecký J, Jedelská R, Dolínková A, Motýčka Z. Milk acetone determination by the photometrical method after microdiffusion and via FT infra-red spectroscopy. *J Agrobiol*. 2011;28(1):33-48. doi: 10.2478/v10146-011-0004-9

11. Jingar S, Mehla RK, Singh M, Roy AK. Lactation curve pattern and prediction of milk production performance in crossbred cows. *J Vet Med*. 2014;2014:814768. doi: 10.1155/2014/814768

12. Kostensalo J, Lidauer M, Aernouts B, Mäntysaari P, Kokkonen T, Lidauer P, Mehtiö T. Short communication: Predicting blood plasma non-esterified fatty acid and beta-hydroxybutyrate concentrations from cow milk—addressing systematic issues in modeling. *Animal*. 2023;17(9):100912. doi: 10.1016/j.animal.2023.100912

13. Lee C, Wooding FBP, Kemp P. Identification, properties, and differential counts of cell populations using electron microscopy of dry cow's secretions, colostrum and milk from normal cows. *Journal of Dairy Research*. 1980;47(1):39-50. doi: 10.1017/S0022029900020860

14. Macciotta NPP, Dimauro C, Rassu SPG, Steri R, Pulina G. The mathematical description of lactation curves in dairy cattle. *Italian Journal of Animal Science*. 2011;10(4):e51. doi: 10.4081/ijas.2011.e51

15. Pilla R, Schwarz D, König S, Piccinini R. Microscopic differential cell counting to identify inflammatory reactions in dairy cow quarter milk samples. *Journal of Dairy Science*. 2012;95(8):4410-4420. doi: 10.3168/jds.2012-5331

16. Schwarz D, Diesterbeck US, König S, Brügemann K, Schlez K, Zschöck M, Wolter W, Czerny C-P. Microscopic differential cell counts in milk for the evaluation of inflammatory reactions in clinically healthy and subclinically infected bovine mammary glands. *Journal of Dairy Research*. 2011;78(4):448-455. doi: 10.1017/S0022029911000574

17. Stanton TL, Jones LR, Everett RW, Kachman SD. Estimating milk, fat, and protein lactation curves with a test day model. *Journal of Dairy Science*. 1992;75(6):1691-1700. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(92)77926-0

18. Tiplady KM, Lopdell TJ, Sherlock RG, Johnson TJJ, Spelman RJ, Harris BL, Davis SR, Littlejohn MD, Garrick DJ. Comparison of the genetic characteristics of directly measured and Fourier-transform mid-infrared-predicted bovine milk fatty acids and proteins. *Journal of Dairy Science*. 2022;105(12):9763-9791. doi: 10.3168/jds.2022-22089

19. Wiggans GR, Shook GE. A lactation measure of somatic cell count. *Journal of Dairy Science*. 1987;70(12):2666-2672. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(87)80337-5

References

1. Eghiazaryan A. Improvement of genetic potential of dairy herds in the Leningrad region. from daughters bulls the import selection. *Journal of Dairy and Beef Cattle Breeding*. 2012;S1:25-27.
2. Naimanov DK, Shaykamal GI, Kazhiyakbarova AT, Dzulamanov EB. Milk productivity of daughters from sires of various lines of Holstein breed and the content of somatic cells in milk. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2019;102(2):115-124. doi: 10.33284/2658-3135-102-2-115
3. Chasovshchikova MA, Punegova VV. Biological and economic characteristics of Black Spotted cows of different productivity levels. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024;107(2):107-115. doi: 10.33284/2658-3135-107-2-107
4. Aguilar M, Hanigan MD, Tucker HA, Jones BL, Garbade SK, McGilliard ML, Stallings CC, Knowlton KF, James RE. Cow and herd variation in milk urea nitrogen concentrations in lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 2012;95(12):7261-7268. doi: 10.3168/jds.2012-5582
5. Bastin C, Théron L, Lainé A, Gengler N. On the role of mid-infrared predicted phenotypes in fertility and health dairy breeding programs. *Journal of Dairy Science*. 2016;99(5):4080-4094. doi: 10.3168/jds.2015-10087
6. Bouallegue M, M'Hamdi N. Mathematical modeling of lactation curves: a review of parametric models [Internet]. *Lactation in farm animals - biology, physiological basis, nutritional requirements, and modelization*. IntechOpen; 2020. Available from: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.90253>
7. Caccamo M, Veerkamp RF, De Jong G, Pool MH, Petriglieri R, Licitra G. Variance components for test-day milk, fat, and protein yield, and somatic cell score for analyzing management information. *Journal of Dairy Science*. 2008;91(8):3268-3276. doi: 10.3168/jds.2007-0805
8. Delhez P, Colinet F, Vanderick S, Bertozzi C, Gengler N, Soyeurt H. Predicting milk mid-infrared spectra from first-parity Holstein cows using a test-day mixed model with the perspective of herd management. *Journal of Dairy Science*. 2020;103(7):6258-6270. doi: 10.3168/jds.2019-17717
9. Du C, Liangkang Nan, Lei Yan, Qiuyue Bu, Xiaoli Ren, Zhen Zhang, Ahmed Sabek, Shu-jun Zhang. Genetic analysis of milk production traits and mid-infrared spectra in Chinese Holstein population. *Animals*. 2020;10(1):139. doi: 10.3390/ani10010139
10. Hanuš O, Genčurová V, Zhang Y, Hering P, Kopecký J, Jedelská R, Dolínková A, Motýčka Z. Milk acetone determination by the photometrical method after microdiffusion and via FT infra-red spectroscopy. *J Agrobiol*. 2011;28(1):33-48. doi: 10.2478/v10146-011-0004-9
11. Jingar S, Mehla RK, Singh M, Roy AK. Lactation curve pattern and prediction of milk production performance in crossbred cows. *J Vet Med*. 2014;2014:814768. doi: 10.1155/2014/814768
12. Kostensalo J, Lidauer M, Aernouts B, Mäntysaari P, Kokkonen T, Lidauer P, Mehtiö T. Short communication: Predicting blood plasma non-esterified fatty acid and beta-hydroxybutyrate concentrations from cow milk—addressing systematic issues in modeling. *Animal*. 2023;17(9):100912. doi: 10.1016/j.animal.2023.100912
13. Lee C, Wooding FBP, Kemp P. Identification, properties, and differential counts of cell populations using electron microscopy of dry cow's secretions, colostrum and milk from normal cows. *Journal of Dairy Research*. 1980;47(1):39-50. doi: 10.1017/S0022029900020860
14. Macciotta NPP, Dimauro C, Rassu SPG, Steri R, Pulina G. The mathematical description of lactation curves in dairy cattle. *Italian Journal of Animal Science*. 2011;10(4):e51. doi: 10.4081/ijas.2011.e51
15. Pilla R, Schwarz D, König S, Piccinini R. Microscopic differential cell counting to identify inflammatory reactions in dairy cow quarter milk samples. *Journal of Dairy Science*. 2012;95(8):4410-4420. doi: 10.3168/jds.2012-5331
16. Schwarz D, Diesterbeck US, König S, Brügemann K, Schlez K, Zschöck M, Wolter W, Czerny C-P. Microscopic differential cell counts in milk for the evaluation of inflammatory reactions in clinically healthy and subclinically infected bovine mammary glands. *Journal of Dairy Research*. 2011;78(4):448-455. doi: 10.1017/S0022029911000574

17. Stanton TL, Jones LR, Everett RW, Kachman SD. Estimating milk, fat, and protein lactation curves with a test day model. *Journal of Dairy Science*. 1992;75(6):1691-1700. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(92)77926-0
18. Tiplady KM, Lopdell TJ, Sherlock RG, Johnson TJJ, Spelman RJ, Harris BL, Davis SR, Littlejohn MD, Garrick DJ. Comparison of the genetic characteristics of directly measured and Fourier-transform mid-infrared-predicted bovine milk fatty acids and proteins. *Journal of Dairy Science*. 2022;105(12):9763-9791. doi: 10.3168/jds.2022-22089
19. Wiggans GR, Shook GE. A lactation measure of somatic cell count. *Journal of Dairy Science*. 1987;70(12):2666-2672. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(87)80337-5

Информация об авторах:

Галина Геннадьевна Карликова, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела популяционной генетики и генетических основ разведения животных, Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, 142132, Россия, Московская область, г.о. Подольск, пос. Дубровицы, 60, тел.: +7(910)493-25-95.

Александр Александрович Сермягин, кандидат сельскохозяйственных наук, директор Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста», 196601, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Московское шоссе, 55А, тел.: +7(903)206-51-93.

Ирина Алексеевна Лашнева, кандидат биологических наук, ведущий специалист отдела популяционной генетики и генетических основ разведения животных Федерального исследовательского центра животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, 142132, Россия, Московская область, г.о. Подольск, пос. Дубровицы, 60, тел.: 8(926)413-41-78.

Information about the authors:

Galina G Karlikova, Dr. Sci. (Agriculture), Senior Researcher 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, Dubrovitsy 60, Podolsk Municipal District, Moscow Region, 142132, Russia, tel.: +7(910)493-25-95

Alexander A Sermyagin, Cand. Sci. (Agriculture), Director, All-Russian Research Institute of Genetics and Breeding of Agricultural Animals – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Research Center for Animal Husbandry – VIZh named after Academician L.K. Ernst”, Moskovskoye Ave. 55a, Pushkin, Saint Petersburg, 196601, tel.: +7(903)206-51-93

Irina A Lashneva, Cand. Sci. (Biology), Leading Specialist 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, Dubrovitsy 60, Podolsk Municipal District, Moscow Region, 142132, Russia, tel.: 8(926)413-41-78.

Статья поступила в редакцию 06.02.2025; одобрена после рецензирования 24.04.2025; принята к публикации 16.06.2025.

The article was submitted 06.02.2025; approved after reviewing 24.04.2025; accepted for publication 16.06.2025.