

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАННЕЙ ДИАГНОСТИКИ МАСТИТА У КОРОВ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЦИИ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В УСЛОВИЯХ МОЛОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

И.Н. Казаровец,

доцент каф. технологий и механизации животноводства и
переработки сельскохозяйственной продукции БГАТУ, канд. с.-х. наук, доцент

А.В. Мартынов,

доцент каф. кормления и разведения сельскохозяйственных животных БГСХА, канд. с.-х. наук, доцент

В статье рассмотрены современные подходы к ранней диагностике и предупреждению мастита у коров в условиях молочного производства Республики Беларусь. Показано, что традиционные методы диагностики сохраняют высокую ветеринарную значимость, однако уступают цифровым решениям по оперативности, непрерывности контроля и возможности выявления доклинических отклонений. Обоснована целесообразность интеграции данных о количестве соматических клеток, электропроводности молока, удое, температуре, двигательной активности и руминации животных в единую систему цифрового мониторинга. Установлено, что методы машинного обучения позволяют формировать индивидуальный цифровой профиль животного и выявлять риск развития мастита до появления выраженных клинических признаков. Предложена поэтапная модель внедрения интеллектуальной системы раннего предупреждения мастита для молочно-товарных комплексов Республики Беларусь.

Ключевые слова: мастит, коровы, ранняя диагностика, соматические клетки, электропроводность молока, машинное обучение, искусственный интеллект, цифровой мониторинг, риск-индекс.

The article examines modern approaches to early detection and prevention of mastitis in dairy cows under the conditions of milk production in the Republic of Belarus. It is shown that traditional diagnostic methods remain highly relevant for veterinary practice; however, they are inferior to digital solutions in terms of responsiveness, continuity of monitoring and the ability to detect preclinical deviations. The feasibility of integrating somatic cell count, milk electrical conductivity, milk yield, temperature, physical activity and rumination data into a unified digital monitoring system is substantiated. Machine learning methods are shown to make it possible to form an individual digital profile of a cow and detect the risk of mastitis before pronounced clinical signs appear. A step-by-step model for implementing an intelligent mastitis early warning system for dairy complexes in the Republic of Belarus is proposed.

Keywords: mastitis, dairy cows, early detection, somatic cell count, milk electrical conductivity, machine learning, artificial intelligence, digital monitoring, risk index.

Введение

Мастит остается одной из наиболее значимых патологий молочного скота, поскольку одновременно снижает молочную продуктивность, ухудшает санитарно-технологические свойства молока, увеличивает затраты на ветеринарные мероприятия, способствует росту выбраковки животных и создает риск нерационального применения антибактериальных препаратов. По результатам глобального экономического анализа, суммарные ежегодные потери от основных болезней молочного скота оцениваются приблизительно в 65 млрд долл. США, при этом клинический и субклинический мастит относятся к числу наиболее

затратных заболеваний [1]. Следовательно, раннее выявление мастита следует рассматривать не только как ветеринарную задачу, но и как элемент экономической устойчивости молочного производства.

Для Республики Беларусь данная проблема имеет особое значение в связи с высокой концентрацией поголовья на молочно-товарных комплексах, требованиями к качеству молочного сырья и необходимостью повышения эффективности производства. Отечественные исследования подтверждают, что маститы бактериальной этиологии сохраняют производственную актуальность, а своевременное выявление возбудителей и определение чувствительности к антибактери-

альным препаратам позволяют рационализировать лечебные мероприятия [2, 3]. Однако для крупных хозяйств одной только лабораторной и клинической верификации заболевания уже недостаточно. Необходимо предупреждать развитие патологического процесса на доклиническом этапе, когда снижение удоя, ухудшение качества молока и риск распространения инфекции еще могут быть минимизированы.

Традиционные методы диагностики мастита – клинический осмотр, экспресс-пробы, определение количества соматических клеток, бактериологическое исследование сохраняют важное значение, однако в условиях промышленного молочного производства они должны быть встроены в более широкий цифровой контур. Современные исследования показывают, что наибольший диагностический эффект достигается при объединении данных о соматических клетках, электропроводности молока, удое, температуре тела, активности и руминации животных с алгоритмами машинного обучения [4-7]. Такой подход соответствует логике точного животноводства, при котором объектом анализа становится не отдельный разовый показатель, а динамический цифровой профиль животного.

Проблемы распространения, профилактики, лечения и ранней диагностики мастита у коров в условиях молочного производства Республики Беларусь освещены в работах И.Т. Лучко, Р.Г. Кузьмича, А.П. Семечко, А.А. Летуновича, А.А. Богуша, В.Е. Иванова, Л.М. Бородич, И.И. Гируцкого, А.Г. Сенькова, Ю.А. Ракевича, А.Ф. Гриба.

Цель данной работы – научно обосновать модель раннего предупреждения мастита у коров на основе интеграции традиционных ветеринарных методов, сенсорных данных и алгоритмов искусственного интеллекта применительно к условиям молочного производства Республики Беларусь.

Основная часть

Базовым методом выявления воспаления вымени в ветеринарной практике остается определение количества соматических клеток (КСК) в молоке, так как при воспалении увеличивается количество лейкоцитов и эпителиальных клеток. Поэтому рост количества соматических клеток рассматривают как один из основных признаков развития мастита, в том числе его субклинической формы. В работах, посвященных диагностике субклинического мастита, отмечается, что близкая к норме реакция экспресс-тестов чаще всего соответствует содержанию соматических клеток менее 200 тыс./мл, пограничная – 200-500 тыс./мл, а более 500 тыс./мл – свидетельствует о воспалительном процессе в молочной железе [9; 12].

В то же время следует учитывать, что количество соматических клеток отражает уже начавшиеся изменения в молочной железе. Если лабораторный контроль проводится редко, например один раз в несколько недель, то повышение данного показателя может быть выявлено не сразу. В результате начало воспалительного процесса может быть пропущено. Поэтому определение количества соматических кле-

ток целесообразно использовать как важный, но не единственный метод ранней диагностики мастита.

Современные исследования показывают, что модели, основанные на оценке количества соматических клеток, обладают высокой диагностической ценностью. Однако на практике более надежные результаты можно получить при комплексной оценке состояния животного. Особенно важно сочетать данный показатель с другими диагностическими признаками, например с электропроводностью молока, изменением его состава и общим состоянием вымени [2-5].

Электропроводность молока также представляет диагностический интерес, поскольку при нарушении барьерной функции тканей вымени изменяется ионный состав секрета, что может отражаться в повышении данного показателя. В работах по диагностике мастита отмечается, что электропроводность может использоваться как ранний индикатор воспалительных изменений, особенно при поточном контроле в автоматизированных доильных системах [10, 11; 13]. Однако данный показатель не обладает абсолютной специфичностью, поскольку на него влияют – стадия лактации, индивидуальные особенности животного, кратность доения, условия содержания, состав рациона и технологические факторы. Поэтому электропроводность молока должна использоваться не как самостоятельный диагностический критерий, а как один из ранних сигналов в многопараметрической модели риска.

Экономический ущерб от мастита для хозяйств Республики Беларусь имеет многокомпонентный характер. Он включает снижение молочной продуктивности, ухудшение качества молока, возможные удержания за повышенное содержание соматических клеток, затраты на лечение и ветеринарное обслуживание, дополнительные трудовые затраты, преждевременную выбраковку животных и ухудшение воспроизводительных показателей. По данным отечественных исследований, экономический ущерб только по двум основным статьям (потери молока и затраты на лечение) составлял в среднем 214,48 руб. на одну заболевшую корову, причем в эту оценку не были включены потери, связанные с выбраковкой, снижением воспроизводства и другими косвенными факторами [8; 14, 15].

По данным О.Т. Экхорутмовена, полученным при изучении заболеваемости коров маститом в условиях молочного хозяйства Республики Беларусь, в период с декабря 2017 г. по февраль 2019 г. было выявлено 198 случаев клинического и субклинического мастита при численности стада от 780 до 1350 голов. В среднем регистрировалось 13,2 больных животных в месяц, что соответствовало 0,97-1,7 % заболевших коров на 100 голов в месяц. При этом в период действия стрессовых факторов, связанных с нарушением электроснабжения во время работы доильных установок, заболеваемость существенно возрастала: в сентябре-ноябре 2021 г. было зарегистрировано 195 случаев мастита, или в среднем 4,46 % на 100 коров в месяц [8].

Актуальность проблемы подтверждается также монографическими данными по хозяйствам Республики Беларусь: мастит регистрировался у 20,6 % ко-

ров дойного стада, а в отдельных хозяйствах показатель варьировал от 8,1 до 34,7 %. При круглогодичном стойлово-беспривязном содержании субклинический мастит отмечался у 21,3 % коров, при стойлово-пастбищной системе – у 13,9 % [11]. Это подтверждает необходимость непрерывного мониторинга скрытых форм заболевания.

Для иллюстрации масштабов экономического ущерба в условиях типичного белорусского хозяйства приведем расчетный пример с учетом указанных нормативных и фактических данных. Предположим, что на ферме содержится 200 дойных коров, а частота клинического и субклинического мастита составляет 20 % в год, что соответствует 40 заболевшим животным. При среднем ущербе 214,48 руб. на одну корову совокупные прямые потери по данным отечественных исследований составят 8579,2 руб. Однако с учетом того, что в указанный показатель не включены выбраковка, воспроизводственные потери и снижение качества молока, целесообразно дополнительно учитывать косвенные затраты. Если принять, что вследствие мастита выбраковываются не менее 3 коров в год, а стоимость их замены составляет 3000 руб. за голову, то дополнительные потери достигнут 9000 руб. При этом даже минимальная оценка потерь молока при снижении удоя на 15–18 % может составлять порядка 6000–8000 руб. в год в зависимости от уровня продуктивности стада. В результате суммарный экономический ущерб для фермы на 200 коров может превышать 20 000 руб. в год. Для фермы на 400 коров при аналогичной структуре заболеваемости данный показатель возрастает как минимум до 40 000 руб., а с учетом всех косвенных факторов еще выше. Сопоставление основных статей потерь представлено в таблице 1.

Таблица 1. Расчетная оценка экономического ущерба от мастита у коров в молочных хозяйствах Республики Беларусь с различной численностью поголовья

Показатель	Ферма 200 коров	Ферма 400 коров
Число случаев в год	40	80
Прямой ущерб (214,48 руб./корову), руб.	8 579	17 158
Потери молока (оценочно), руб.	6 000–8 000	12 000–16 000
Потери от выбраковки, руб.	9 000	18 000
Прочие косвенные потери, руб.	2 000+	4 000+
Итого: минимально, руб.	20 000+	40 000+

Анализ представленных данных показывает, что наибольший вклад в структуру экономического ущерба вносят не затраты на лечение, а потери молока и замещение выбракованных животных. Это имеет принципиальное значение для управления производством, так как снижение заболеваемости и особенно предотвращение развития клинических форм мастита позволяют существенно сократить потери без значительного увеличения затрат на лечение. Следовательно, основным резервом повышения экономической эффективности молочного производства является внедрение систем ранней диагностики, позволяющих выявлять патологический процесс на доклинической стадии. В этом контексте инвестиции в цифровые тех-

нологии, сенсорные системы и алгоритмы машинного обучения следует рассматривать не как дополнительные расходы, а как экономически обоснованный инструмент снижения потерь и повышения рентабельности молочного скотоводства в Республике Беларусь.

Современные цифровые методы диагностики основаны на непрерывном сборе и анализе данных. В модели раннего выявления мастита могут включаться: удой, электропроводность молока, количество соматических клеток, содержание жира, белка и лактозы, температура тела или молока, двигательная активность, время лежания, продолжительность руминации и история ветеринарных событий. Исследования на промышленных фермах показывают, что алгоритмы машинного обучения способны анализировать такие данные и прогнозировать риск клинического мастита до появления выраженных симптомов [5, 6]. Для условий Республики Беларусь наиболее реалистичным является поэтапный переход: сначала цифровой учет удоя и событий здоровья, затем подключение датчиков электропроводности и температуры, далее – использование датчиков активности и руминации и, наконец, внедрение программного модуля риск-анализа.

Нейронные сети позволяют выявлять еще более сложные зависимости между физиологическими, продуктивными и поведенческими показателями. Однако их применение требует большего объема качественных данных, регулярной валидации и осторожной интерпретации результатов. В исследовании [4] показано, что модели машинного обучения, использующие КСК и электропроводность молока, способны обеспечивать высокие показатели классификации мастита, причем они демонстрируют особенно высокую диагностическую значимость. Вместе с тем

результаты зарубежных моделей нельзя механически переносить на белорусские хозяйства, так как точность алгоритма зависит от породы, продуктивности, технологии доения, качества датчиков, структуры стада, протоколов лечения и корректности разметки случаев мастита.

Практическая новизна предлагаемого подхода для Республики Беларусь заключается в создании интеллектуальной системы раннего

предупреждения мастита, адаптированной к условиям конкретного хозяйства. Ее ядром должен стать риск-индекс, рассчитываемый по индивидуальным отклонениям показателей коровы от собственной базовой линии. В производственной интерпретации риск-индекс может быть представлен следующим образом:

$$RI = 0,30 \cdot Z_{\text{КСК}} + 0,20 \cdot Z_{\Delta} + 0,20 \cdot Z_{\Delta Y} + 0,15 \cdot Z_T + 0,15 \cdot Z_{\Delta \text{Рум}}$$

где RI – интегральный риск-индекс;
 $Z_{\text{КСК}}$ – нормированное отклонение КСК;
 Z_{Δ} – нормированное отклонение электропроводности;

$Z_{\Delta y}$ – снижение удоя относительно индивидуальной нормы;

Z_T – температурное отклонение, температуры тела или окружающей среды;

$Z_{\Delta \text{Рум}}$ – изменение руминации.

На первом этапе такая формула может использоваться как прикладная сортировочная модель, а затем коэффициенты уточняются по данным конкретного хозяйства средствами машинного обучения. В этом состоит ее реальная внедряемость, хозяйство может начать с простой понятной модели и перейти к более сложной без перестройки всей системы.

Например, если индивидуальная норма коровы за предыдущие 10 суток составляет: удой – 30,5 кг/сут, электропроводность – 6,3 мСм/см, температура – 38,4 °С, руминация – 455 мин./сут, КСК – 120 тыс./мл, а система регистрирует удой – 27,8 кг/сут, электропроводность – 7,5 мСм/см, температуру – 38,9 °С, руминацию – 392 мин/сут и КСК – 245 тыс./мл, то каждый отдельный показатель может быть оценен как пограничный или умеренно неблагоприятный. Однако их одновременное изменение формирует цифровой паттерн повышенного риска воспаления вымени. Интерпретация такого случая приведена в таблице 2.

Анализ таблицы 2 показывает, что по отдельности некоторые показатели могли бы трактоваться как пограничные, однако их одновременное изменение формирует клинически значимый цифровой паттерн.

Для количественной оценки отклонения показателя от индивидуальной нормы можно использовать стандартизированное отклонение или Z -оценку:

$$Z = \frac{X_{\text{тек}} - X_{\text{норма}}}{\sigma}$$

где Z – степень отклонения показателя от нормы;

$X_{\text{тек}}$ – текущее значение показателя;

$X_{\text{норма}}$ – индивидуальная норма животного;

σ – стандартное отклонение данного показателя.

Такой способ удобен тем, что позволяет сравнить между собой различные показатели, выраженные в разных единицах измерения.

В приведенном расчете были приняты следующие допустимые значения стандартного отклонения: для удоя – 2,0 кг, электропроводности молока – 0,8 мСм/см, температуры – 0,2 °С, руминации – 30 мин, количества соматических клеток – 40 тыс./мл.

По результатам расчета наиболее сильное отклонение отмечено по количеству соматических клеток – 3,125, что указывает на высокий риск воспалительного процесса в молочной железе. Электропроводность молока была выше обычного уровня – 1,5, что аналогично можно рассматривать как дополнительный

ранний диагностический признак. Температурный показатель имел значение – 2,5, указывая на умеренное, но значимое отклонение от нормы. Одновременно наблюдалось снижение удоя (–1,35) и руминации (–2,1), что таким же образом имеет диагностическое значение, поскольку уменьшение продуктивности и жвачной активности часто сопровождается ухудшением физиологического состояния животного.

Для обобщенной оценки был рассчитан интегральный риск-индекс:

$$RI = 0,30 \times 3,125 + 0,20 \times 1,5 + 0,20 \times (-1,35) + 0,15 \times 2,5 + 0,15 \times (-2,1) = 0,9375 + 0,3 - 0,27 + 0,375 - 0,315 = (0,9375 + 0,3 + 0,375) - (0,27 + 0,315) = 1,6125 - 0,585 = 1,03$$

При принятой шкале интерпретации значения, где $RI < 0,5$ соответствует низкому риску, $RI = 0,5-1,0$ – среднему риску, а $RI > 1,0$ – высокому риску, можно заключить, что животное следует отнести к группе высокого риска развития воспалительного процесса.

Следует отметить, что отдельные показатели могут выглядеть как пограничные или умеренные. Однако их одновременное отклонение относительно индивидуальной нормы имеет большее значение, чем оценка каждого признака отдельно. В этом и заключается преимущество комплексного подхода. Система учитывает не один показатель, а совокупность изменений, характерных именно для конкретной коровы.

Следовательно, система раннего предупреждения не должна автоматически устанавливать диагноз или назначать лечение. Ее задача – своевременно выделить животное в группу риска и сформировать сигнал для персонала. В данном случае корову необходимо направить на внеочередной ветеринарный осмотр, контроль секрета вымени, проведение экспресс-пробы, а при необходимости – бактериологическое исследование. Она позволяет распределять животных по группам риска: при низком риске сохраняются плановый мониторинг, при среднем – проводится повторный контроль при следующем доении или в течение суток, при высоком – выполняется внеочередной осмотр и диагностическая верификация. Такой подход снижает нагрузку на ветеринарный персонал, помогает сосредоточить внимание на животных с наибольшей вероятностью патологии и уменьшает риск пропуска субклинических форм мастита.

Для хозяйств Республики Беларусь можно рекомендовать четырехэтапную схему внедрения. На первом этапе проводится аудит существующей цифровой инфраструктуры: наличие электронного учета надоя, данных по лактации, истории заболеваний, результа-

Таблица 2. Пример цифровой интерпретации риска мастита у коровы

Показатель	Индивидуальная норма	Текущее значение	Отклонение	Интерпретация
Удой, кг/сут	30,5	27,8	–8,9%	неблагоприятно
Электропроводность, мСм/см	6,3	7,5	+19,0%	выраженный ранний сигнал
Температура, °С	38,4	38,9	+0,5	умеренный сигнал
Руминация, мин/сут	455	392	–13,8%	неблагоприятно
КСК, тыс./мл	120	245	+104,2%	высокий риск воспаления

тов контроля количества соматических клеток и ветеринарных мероприятий. На втором этапе подключаются или активируются датчики электропроводности, температуры молока, активности и руминации. На третьем этапе формируется базовая риск-модель с использованием логистической регрессии как уточняющего алгоритма для разнородных данных. На четвертом этапе проводится локальная валидация модели на данных конкретного хозяйства с участием ветеринарной службы, после чего коэффициенты и пороговые значения корректируются с учетом фактических результатов. Обязательным условием внедрения является наличие протокола подтверждения случаев мастита, поскольку без качественной разметки данных алгоритм будет воспроизводить ошибки учета, а не выявлять реальные биологические закономерности.

С организационной точки зрения внедрение цифровой системы должно сопровождаться обучением персонала. Ветеринарный врач должен понимать, что риск-индекс не является диагнозом, а представляет собой инструмент приоритизации. Оператор машинного доея должен фиксировать технологические отклонения, которые могут влиять на показатели молока. Зоотехник должен учитывать фазу лактации, продуктивность, рацион и стрессовые факторы. Руководитель хозяйства должен оценивать не только стоимость оборудования, но и экономический эффект от сокращения поздних случаев мастита, уменьшения выбраковки и повышения качества молочного сырья. Именно соединение ветеринарной экспертизы, цифровых данных и производственного управления определяет практическую эффективность предлагаемой модели.

Научная значимость предлагаемого подхода состоит в развитии риск-ориентированной диагностики мастита, основанной на индивидуальной динамике показателей животного, а не только на фиксированных пороговых значениях. Практическая значимость заключается в возможности применения модели на молочно-товарных комплексах с разным уровнем цифровой оснащенности. Хозяйство может начать с минимального набора данных (удой, КСК, электропроводность, история заболеваний) и постепенно расширять модель за счет датчиков активности, руминации, температуры и автоматизированных систем управления стадом. Такой поэтапный подход особенно важен для белорусских условий, поскольку позволяет внедрять цифровую диагностику без одномоментной полной замены имеющейся технологической инфраструктуры.

Вместе с тем предлагаемая модель имеет ряд ограничений. Риск-индекс требует валидации на локальных данных конкретного стада, поскольку пороговые значения должны корректироваться с учетом породы, фазы лактации, уровня продуктивности и технологии содержания животных. Качество прогноза во многом зависит от полноты и достоверности исходных данных, а алгоритмы искусственного интеллекта не должны рассматриваться как замена бактериологической диагностики и клинического решения ветеринарного специалиста. Следовательно, перспективным направлением дальнейших исследований

является апробация предложенной модели на базе молочно-товарных комплексов Республики Беларусь с расчетом чувствительности, специфичности, точности, экономического эффекта и срока окупаемости цифрового решения.

Заключение

Проведенный анализ показывает, что ранняя диагностика и предупреждение мастита у коров в условиях Республики Беларусь должны основываться на интеграции традиционных ветеринарных методов и цифрового мониторинга. Клинический осмотр, экспресс-тесты, определение соматических клеток и бактериологическое исследование сохраняют высокую диагностическую значимость, однако в условиях крупных молочно-товарных комплексов их следует рассматривать как элементы более широкой интеллектуальной системы управления здоровьем вымени. Электропроводность молока является ценным ранним поточным индикатором, но ее эффективность существенно возрастает только при совместном использовании с другими физиологическими и производственными признаками.

Наиболее перспективным направлением является внедрение многопараметрической системы раннего предупреждения мастита, включающей сбор данных, формирование индивидуального цифрового профиля коровы, расчет риск-индекса, автоматическую сортировку животных по группам риска и последующую ветеринарную верификацию. Для условий Республики Беларусь практическая ценность такого подхода состоит в возможности перехода от реактивной схемы («выявили заболевание – лечим») к проактивной схеме («зафиксировали риск – предупредили развитие клинической формы»). Внедрение данной модели может способствовать снижению экономических потерь, повышению качества молочного сырья, рационализации работы ветеринарной службы и повышению эффективности управления молочным стадом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Rasmussen, P. Global losses due to dairy cattle diseases: a comorbidity-adjusted economic analysis / P. Rasmussen, H.W. Barkema, P.P. Osei, J. Taylor, A.P. Shaw, B. Conrady [et al.] // *Journal of Dairy Science*. – 2024. – Vol. 107, № 9. – P. 6945-6970. – DOI: 10.3168/jds.2023-24626.
2. Абаимова, Е.Б. Патогенная микрофлора в этиологии клинических маститов / Е.Б. Абаимова, И.А. Субботина // *Ветеринарный журнал Беларуси*. – 2023. – № 1. – С. 3-7.
3. Абаимова, Е.Б. Возбудители маститов крупного рогатого скота, определение чувствительности к антибактериальным препаратам / Е.Б. Абаимова, И.А. Субботина, И.А. Протас // *Роль ветеринарной науки и образования в современном обществе: к 100-летию Витебской ордена «Знак Почета» государ-*

ственной академии ветеринарной медицины: материалы междунар. науч.-практ. конф., Витебск, 4-5 ноября 2024 г. / Витебская гос. академия ветеринарной медицины. – Витебск: ВГАВМ, 2024. – С. 240-243.

4. Pan, L. Machine learning-based clinical mastitis detection in dairy cows using milk electrical conductivity and somatic cell count / L. Pan, X. Chen, D. Han, N. Li, D. Chen, J. Wang [et al.] // *Frontiers in Veterinary Science*. – 2025. – Vol. 12. – Article 1671186. – DOI: 10.3389/fvets.2025.1671186.

5. Tian, H. The prediction of clinical mastitis in dairy cows based on milk yield, rumination time, and milk electrical conductivity using machine learning algorithms / H. Tian, X. Zhou, H. Wang, C. Xu, Z. Zhao, W. Xu, Z. Deng // *Animals*. – 2024. – Vol. 14, № 3. – Article 427. – DOI: 10.3390/ani14030427.

6. Liu, C. Machine learning-based prediction of clinical mastitis in dairy cows: a comparative analysis of 9 algorithms using production and management data / C. Liu, M. Cui, D. Zhang, Y. Lu, X. Yan, Y. Li [et al.] // *Journal of Dairy Science*. – 2025. – Article in press. – DOI: 10.3168/jds.2025-27483.

7. Bobbo, T. Exploiting machine learning methods with monthly routine milk recording data and climatic information to predict subclinical mastitis in Italian Mediterranean buffaloes / T. Bobbo, R. Matera, G. Pedota, A. Manunza, R. Cimmino, G. Neglia [et al.] // *Journal of Dairy Science*. – 2023. – Vol. 106, № 3. – P. 1942-1952. – DOI: 10.3168/jds.2022-22292.

8. Экхорутомвен, О.Т. Причины, частота мастита у коров и их молочная продуктивность / О.Т. Экхорутомвен, Г.Ф. Медведев, А.И. Стукина // *Животноводство и ветеринарная медицина*. – 2022. – № 1. – С. 7-11.

9. Лаушкина, Н.Н. Методы диагностики субклинического мастита коров в лактационный период в условиях молочного комплекса / Н.Н. Лаушкина,

С.А. Скребнев, К.С. Скребнева // *Вестник ОрелГАУ*. – 2020. – № 6 (87). – С. 62-65.

10. Ковалев, В.А. Приборные методы ранней диагностики мастита у коров / В.А. Ковалев, А.В. Крутов, Н.Г. Крылова // *Энергосбережение – важнейшее условие инновационного развития АПК: материалы междунар. науч.-техн. конф., Минск, 21–22 декабря 2021 г.* – Минск: БГАТУ, 2021. – С. 200-203.

11. Лучко, И.Т. Воспаление молочной железы у коров: этиология, патогенез, диагностика, лечение и профилактика: монография / И.Т. Лучко; Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь; Гродненский гос. аграр. ун-т. – Гродно: ГГАУ, 2019. – 183 с.

12. Bari, M. S. Subclinical mastitis in dairy cows in South Asian countries: a review of risk factors and etiology to prioritize control measures / M. S. Bari, M.M. Rahman, Y. Persson, G. Koop // *Veterinary Research Communications*. – 2022. – Vol. 46. – P. 621-640. – DOI: 10.1007/s11259-022-09948-x.

13. Черненко, В.В. Методы диагностики и лечения мастита у коров / В.В. Черненко, О.В. Хотмирова, Ю.Н. Черненко // *Вестник Курской гос. сельскохозяйственной академии*. – 2020. – № 4. – С. 40-43.

14. Андреева, А.А. Этиология и эпизоотология мастита коров: аналитический обзор / А.А. Андреева, В.А. Евграфова, М.С. Воронина, О.В. Прунтова, Н.Б. Шадрова // *Ветеринария сегодня*. – 2024. – Т. 13, № 1. – С. 27-35. – DOI: 10.29326/2304-196X-2024-13-1-27-35.

15. Селекционно-племенная работа, контроль и управление воспроизводством маточного поголовья крупного рогатого скота: монография / Н.В. Казаровец, Г.Ф. Медведев, И.И. Гавриченко [и др.]. – Мн.: РУП «Учебно-методич. центр Минсельхозпрода», 2004. – 240 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 19.05.2026

“Агропанорама” - научно-технический журнал для работников агропромышленного комплекса. Это издание для тех, кто стремится донести результаты своих исследований до широкого круга читателей, кого интересуют новые технологии, кто обладает практическим опытом решения задач.

Журнал “Агропанорама” включен в список изданий, рекомендуемых Высшей аттестационной комиссией для опубликования результатов диссертационных исследований по техническим (сельскохозяйственное машиностроение и энергетика, технический сервис в АПК), экономическим (АПК) и сельскохозяйственным наукам (зоотехния).

Подписной индекс в каталоге Республики Беларусь: для индивидуальных подписчиков - 74884, предприятий и организаций - 748842.

Стоимость подписки на 1-е полугодие 2026 года: для индивидуальных подписчиков - 61,68 руб., ведомственная подписка - 63,63 руб.