

**РАЗВЕДЕНИЕ, СЕЛЕКЦИЯ, ГЕНЕТИКА И БИОТЕХНОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ/BREEDING, SELECTION, GENETICS AND BIOTECHNOLOGY OF ANIMALS**DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.68.7> EDN: AVUQCG**МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ СНИЖЕНИЯ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ КОРОВ МАСТИТОМ ДЛЯ УСЛОВИЙ СЕВЕРНЫХ И АРКТИЧЕСКИХ РЕГИОНОВ РОССИИ**

Научная статья

Паталайнен Л.С.^{1,*}, Волкова А.Ю.²²ORCID : 0000-0002-5584-8952;^{1,2}Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (lysay.87[at]mail.ru)

Аннотация

Статья посвящена актуальной проблеме отрасли разведения, селекции, генетики и биотехнологии молочного скота — заболеваемости коров маститом. Повысить эффективности разведения молочного скота в условиях Северных и Арктических регионов России можно путем обоснования комплексных решений по снижению заболеваемости коров маститом. В связи с чем целью исследования является моделирование системы снижения заболеваемости коров маститом, учитывающей особенности ведения молочного скотоводства в Северных и Арктических регионах России. Задачами исследования являются: разработка математической модели системы снижения заболеваемости коров маститом, учитывающую особенности ведения молочного скотоводства в Северных и Арктических регионах России; декомпозиция компонентов модели системы снижения заболеваемости коров маститом; построение структурно-функциональной блок-схемы системы снижения заболеваемости коров маститом. Объектом исследования является система снижения заболеваемости коров маститом. Методы исследования. Использованы аналитический обзор литературы в данной предметной области и методы математического моделирования на основе элементов теории множеств. Результаты и обсуждение. Определены отличительные особенности ведения молочного скотоводства в Северных и Арктических регионах России. Приведен обзор существующих мероприятий по профилактике, диагностике и лечению маститов у коров. Обоснованы мероприятия по снижению заболеваемости коров маститом. Выводы. Предложена система снижения заболеваемости коров маститом, учитывающая особенности ведения молочного скотоводства в Северных и Арктических регионах России.

Ключевые слова: разведение, молочный скот, профилактика, диагностика, лечение.**MODELLING A SYSTEM TO REDUCE THE INCIDENCE OF MASTITIS IN COWS FOR THE CONDITIONS OF RUSSIA'S NORTHERN AND ARCTIC REGIONS**

Research article

Patalainen L.S.^{1,*}, Volkova A.Y.²²ORCID : 0000-0002-5584-8952;^{1,2}Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russian Federation

* Corresponding author (lysay.87[at]mail.ru)

Abstract

The article is devoted to a topical issue in the field of dairy cattle breeding, selection, genetics and biotechnology: the incidence of mastitis in cows. The efficiency of dairy cattle breeding in the Northern and Arctic regions of Russia can be improved by developing complex solutions to reduce the incidence of mastitis in cows. Accordingly, the aim of the study is to model a system for reducing the incidence of mastitis in cows, taking into account the specific traits of dairy farming in the Northern and Arctic regions of Russia. The objectives of the research are as follows: to develop a mathematical model of a system for reducing the incidence of mastitis in cows, considering the features of dairy farming in the Northern and Arctic regions of Russia; to decompose the component parts of the model for the system to reduce the incidence of mastitis in cows; to construct a structural-functional block diagram of the system to reduce the incidence of mastitis in cows. The research object is the system for reducing the incidence of mastitis in cows. Research methods. An analytical review of the literature in this subject area and methods of mathematical modelling based on elements of set theory were used. Results and discussion. The distinctive features of dairy farming in the Northern and Arctic regions of Russia have been identified. An overview of existing measures for the prevention, diagnosis and treatment of mastitis in cows is provided. Measures to reduce the incidence of mastitis in cows have been substantiated. Conclusions. A system for reducing the incidence of mastitis in cows has been suggested, taking into account the specifics of dairy farming in the northern and Arctic regions of Russia.

Keywords: breeding, dairy cattle, prevention, diagnosis, treatment.**Введение**

В настоящее время в отрасли разведения, селекции, генетики и биотехнологии молочного скота в Северных и Арктических регионах России имеется ряд актуальных нерешенных до конца проблем, среди которых, в первую очередь, следует отметить недостаточную молочную продуктивность, снижение качества молока и раннюю выбраковку коров. Основной причиной, перечисленных проблем, является недостаточная резистентность коров к маститу. На основании клинических симптомов выделяют клинический и субклинический мастит. Клинический



мастит диагностируется посредством визуальной оценки воспаления вымени коров или изменения органолептических свойств молока, субклинический же мастит является скрытой формой заболевания, при которой выраженные симптомы отсутствуют, и при этом в молоке регистрируется повышение количества соматических клеток в 3–4 раза [1].

Мастит является одним из наиболее часто встречающихся заболеваний коров в мире. Так, известно [2], что в России ежегодно мастит в клинической форме регистрируется у 20–25% коров, а в субклинической более чем у 50%. При разовом обследовании стада мастит выявляется у 5–36% коров [1]. В странах Европы заболеваемость маститом в клинической форме встречается примерно у 29% коров, в странах Северной Америке — 22%, Азии — 18% и Африки — 12% [3].

Мастит наносит значительный экономический ущерб для сельскохозяйственных предприятий, который выражается в снижении удоев коров и качества получаемого молока, преждевременной выбраковке коров, увеличении заболеваемости молодняка и расходов на профилактику, диагностику, лечение и исследования мастита.

В связи с чем заболевание коров маститом является существенной проблемой, а исследования, направленные на решение этой проблемы приобретают особую значимость и актуальность.

Вопросам снижения заболеваемости коров маститом посвящено большое количество исследований как в России, так и во всем мире [1], [4], [9], [12]. Следует отметить, что существующие исследования в основном имеют узкую специализацию, и посвящены разработке новых и совершенствованию используемых путей профилактики, диагностики, или лечения мастита. Для повышения эффективности снижения заболеваемости коров маститом необходимо применение комплексных решений, включающих профилактику, диагностику, и лечение мастита, представляющих собой единую систему с учетом природно-климатических и социально-экономических особенностей территории. Соответственно, целью исследования является моделирование системы снижения заболеваемости коров маститом, учитывающей особенности ведения молочного скотоводства в Северных и Арктических регионах России.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- разработать математическую модель системы снижения заболеваемости коров маститом, учитывающую особенности ведения молочного скотоводства в Северных и Арктических регионах России;
- выполнить декомпозицию компонентов модели системы снижения заболеваемости коров маститом;
- построить структурно-функциональную блок-схему системы снижения заболеваемости коров маститом.

Методы и принципы исследования

Объектом исследования является система снижения заболеваемости коров маститом.

Для обоснования модели системы снижения заболеваемости коров маститом, учитывающую территориальные особенности ведения молочного скотоводства в Северных и Арктических регионах России, оказывающих влияние на заболеваемости коров маститом, воспользуемся в качестве инструментов исследования аналитическим обзором литературы в данной предметной области и методами математического моделирования.

Аналитический обзор литературы был проведен с использованием баз данных eLIBRARY.RU, Science Direct, Scopus и Agricola. Поиск в базах данных осуществлялся по комбинациям ключевых слов. Поиск проводился за период с 2010 по 2025 год. Для каждой базы данных было выбрано поле поиска, в котором поиск осуществлялся по названиям, аннотациям и ключевым словам.

На первой стадии математического моделирования предлагается использовать элементы теории множеств для формального описания системы снижения заболеваемости коров маститом, ее объекта, территориальных особенностей, состава и порядка мероприятий, и их взаимосвязи. На следующих стадиях математического моделирования предполагается уточнение модели системы снижения заболеваемости коров маститом и рассмотрение вопросов ее практического применения.

Основные результаты и обсуждение

Адаптируя к решаемой нами задаче теоретико-множественный подход, рассмотренный в работах [13], [14], [15], на верхнем уровне модель системы снижения заболеваемости коров маститом, включающую ее объект, территориальные особенности, состав и порядок мероприятий, и их взаимосвязи, опишем кортежем (1):

$$C = \langle O, T, M, B \rangle, \quad (1)$$

где O — объект системы заболеваемости коров маститом;

T — территориальные особенности ведения молочного скотоводства в Северных и Арктических регионах России, оказывающих влияние на заболеваемости коров маститом;

M — мероприятия по снижению заболеваемости коров маститом;

B — взаимосвязи между объектом системы и мероприятиями по снижению заболеваемости коров маститом.

Предложенную модель системы снижения заболеваемости коров маститом можно представить в виде диаграммы Эйлера (рисунок).

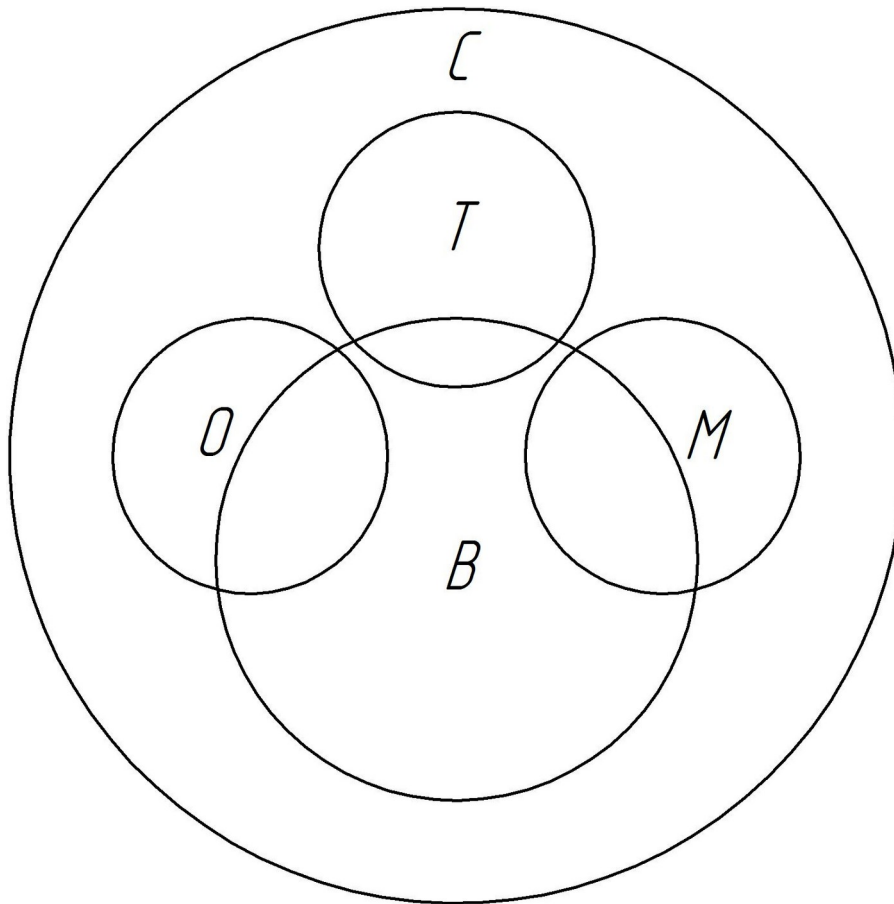


Рисунок 1 - Модель системы снижения заболеваемости коров маститом
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.68.7.1>

Проведем декомпозицию компонентов модели системы снижения заболеваемости коров маститом (1).

Для описания объекта системы снижения заболеваемости коров маститом необходимо рассмотреть причины возникновения мастита и ответную реакцию организма коров на данное заболевание.

Этиологическими агентами мастита являются в основном бактерии, особенно стафилококки и стрептококки, а также микоплазмы, грибы, водоросли, простейшие и вирусы. Воспаление также может развиваться при физической травме вымени, контакте с раздражающими химическими веществами, вызывающими иммунный ответ, или при любом физиологическом повреждении. По данным ряда авторов [1], [16], [17], вызывать мастит могут более 150 видов грамположительных и грамотрицательных бактерий. К грамположительным бактериям относятся различные виды стафилококков и стрептококков, в то время как кишечная палочка и клебсиелла пневмонии являются наиболее распространенными грамотрицательными бактериями, вызывающими это заболевание.

В зависимости от способа заражения выделяют две категории мастита: вызванный инфекционными агентами и вызванный факторами окружающей среды. Инфекционные агенты (например, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae*, *Streptococcus dysgalactiae*) в основном вызывают субклиническое и хроническое воспаление молочных желез. Они колонизируют кожу вымени, приспосабливаются к выживанию и размножению в молочной железе и таким образом передаются от животного к животному во время доения. В свою очередь, патогены окружающей среды, то есть бактерии из группы коли (*Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*), *Streptococcus uberis* или *Enterococci spp.*, присутствующие в среде обитания животных (в почве, воде, подстилке), быстро уничтожаются иммунной системой хозяина [18].

Дрожжи являются менее распространенной причиной мастита. Однако в стадах, где не соблюдаются правила гигиены при доении, часто возникают раздражения и травмы вымени, а также чрезмерно используются антибиотики или проводится многократная внутривымянная обработка, мастит может быть вызван, например, несколькими видами грибов из родов *Candida*, *Cryptococcus*, *Rhodotorula* и *Trichosporum* [19]. Следует отметить, что мастит также может быть вызван двумя из восьми известных видов водорослей *Prototheca algae*, а именно *P. zopfii* и *P. blaschkeae*.

Помимо патогенных микроорганизмов, воспаление вымени может быть вызвано факторами, напрямую связанными с организмом коровы. К ним относятся наличие или отсутствие естественных защитных механизмов, наdoi, возраст, стадия лактации, стрессовые факторы, а также морфологические особенности вымени и сосков. Мастит также может быть спровоцирован факторами окружающей среды, например методами и условиями доения, типом содержания, микроклиматическими условиями, сезоном производства и питанием.

Мастит проявляется физическими, химическими и бактериологическими изменениями в тканях молочной железы и является результатом воспаления тканей вымени и защитной реакции организма на некоторые факторы, главным образом на микроорганизмы, присутствующие внутри молочной железы. Инфекция развивается при ослаблении



защитных механизмов организма. Сосочный канал образует первую линию защиты от вторжения патогенов, обеспечивая физический барьер и источник антимикробных веществ [16]. Кератин соскового канала играет особую роль в неспецифической защите железы, выступая в качестве физического барьера. Кератин состоит из жирных кислот и фибриллярных белков. При попадании патогена в сосковый канал эти фибриллярные белки электростатически связываются с патогенами, вызывая изменения в их клеточных стенках. Эта модификация повышает восприимчивость патогенов к осмотическому давлению. Неспособность регулировать осмотическое давление приводит к лизису клеточных мембран и последующей гибели вторгшихся патогенов. Дополнительными факторами, ограничивающими проникновение патогенов в железистую ткань, являются такие вещества, как лизоцим, лактоферрин и лактопероксидаза. Благодаря своему неспецифическому воздействию на инфекционный агент они классифицируются в группу неспецифических гуморальных веществ. Важными компонентами механизмов врожденной защиты молочной железы являются эндотелиальные клетки (контролирующие кровоток к пораженным тканям и регулирующие миграцию и активацию лейкоцитов) и оксипилипиды (ответственные главным образом за регуляцию микрососудистой сети). Нейтрофилы являются наиболее активной клеточной линией, непосредственно участвующей в защите вымени от микробов. Подобно нейтрофилам, макрофаги и дендритные клетки являются активными защитными клетками молочной железы, способными к фагоцитозу и продукции цитокинов. Дендритные клетки, как и макрофаги, также способны к презентации антигенов. Другой формой защиты является специфический клеточный и гуморальный иммунитет, связанный с высвобождением антител и различных фракций Т- и В-клеток в кровоток. Они продуцируют цитокины [20]. Различия в их продукции и кинетике могут вызывать значительные вариации в ходе воспалительного процесса. Сопутствующие симптомы также варьируются, начиная от отсутствия видимых аномалий в вымени и молоке и заканчивая снижением выработки молока и изменениями его состава и/или внешнего вида, а также покраснением, твердостью, чувствительностью, болью и зудом вымени, вплоть до системных симптомов [21].

Объект системы снижения заболеваемости коров маститом опишем кортежем (2):

$$O = \langle OO, OC, OC, OM \rangle, \quad (2)$$

где *OO* — наименование и описание объекта системы снижения заболеваемости коров маститом: объектом является заболеваемость коров маститом;

OC — наименование и описание субъекта системы заболеваемости коров маститом: субъектом являются животноводческие фермы и комплексы, занимающиеся молочным скотоводством;

OC — цель и задачи системы снижения заболеваемости коров маститом, определяющие назначение системы и ее целевое использование: целями и задачами системы является снижения заболеваемости коров маститом;

OM — модель объекта системы снижения заболеваемости коров маститом: модель объекта системы можно представить как совокупность показателей, характеризующих изменение состояния здоровья коров и их продуктивности при заболевании маститом (изменение удоев, количество соматических клеток в молоке, количество бактерий в молоке).

На ведение молочного скотоводства оказывают влияние природно-климатические и социально-экономические факторы, присущие северным и арктическим территориям России. Природно-климатические факторы влияют на количество и качество заготавливаемых кормов для скота, их условия содержания и показатели здоровья. Социально-экономические факторы влияют на доступность ресурсов, необходимых для содержания, диагностики и лечения скота, наличие квалифицированных кадров, своевременность принятия решений.

К природно-климатическим факторам, присущим северным и арктическим территориям России, можно отнести экстремальные климатические условия (низкие температуры и низкий уровень инсоляции) и малоплодородные почвы (бедны питательными веществами и гумусом). К социально-экономическим факторам можно отнести слабое развитие транспортной инфраструктуры, удаленность населенных пунктов и сельскохозяйственных предприятий, и не устойчивые связи между сельскохозяйственными предприятиями.

С учетом перечисленных факторов можно выделить следующие территориальные особенности ведения молочного скотоводства в Северных и Арктических регионах России:

- дефицит и низкое качество, заготавливаемых кормов для скота;
- неблагоприятные условия окружающей среды (переохлаждение скота, недостаток солнечного света);
- ограниченность ресурсов материальных (кормов, медикаментов) и людских (квалифицированных кадров);
- большая длительность доставки ресурсов и их высокая стоимость.

Территориальные особенности ведения молочного скотоводства в Северных и Арктических регионах России, оказывающие влияние на заболеваемости коров маститом опишем кортежем (3):

$$T = \langle ТПК, ТСЭ \rangle, \quad (3)$$

где *ТПК* — природно-климатические особенности ведения молочного скотоводства: природно-климатическими особенностям являются дефицит и низкое качество, заготавливаемых кормов для скота, неблагоприятные условия окружающей среды;

ТСЭ — социально-экономические особенности ведения молочного скотоводства: социально-экономическими особенностями являются ограниченность материальных и людских ресурсов, большая длительность доставки ресурсов и их высокая стоимость.

В настоящее время в мире применяются различные мероприятия по профилактике заболеваемости коров маститом. Анализ научных публикаций позволяет выделить следующие наиболее распространенные и перспективные мероприятия:

- правильное доение, не повреждающее тканей вымени (соблюдение технологии доения, режимов работы доильных аппаратов и параметров вакуума в них) [22];



- геномная селекция (отбор коров и быков на резистентность к маститу) [23];
- гигиена рук доярок и гигиена вымени коров [24];
- иммунотерапия (манипуляция с иммунной системой коров, направленная на усиление ее естественных защитных механизмов: вакцинация, иммунотерапия Т- и В-клетками, иммунотерапия РНК, эпигенетическая иммунотерапия, применение нативных секреторных факторов, цитокиновая терапия и терапия стволовыми клетками) [25], [26].

С учетом описанных территориальных особенностей ведения молочного скотоводства в Северных и Арктических регионах России наиболее рациональными мероприятия по профилактике заболеваемости коров маститом являются правильное доение, не повреждающее тканей вымени, геномная селекция, гигиена рук доярок и гигиена вымени коров и маститовакцинация.

В настоящее время в мире применяются различные мероприятия по диагностике заболеваемости коров маститом. Анализ научных публикаций позволяет выделить следующие наиболее распространенные и перспективные мероприятия:

- определение количества соматических клеток (SCC) (у коров больных маститом повышается количество соматических клеток в молоке) [26];
- счетчики соматических клеток, основанные на проточной цитометрии в сочетании с методами визуализации (у коров больных маститом повышается количество соматических клеток в молоке) [16];
- Калифорнийский маститный тест (СМТ) (у коров больных маститом повышается количество соматических клеток в молоке) [27];
- дифференциальный подсчет соматических клеток (DSCC) (у коров больных маститом повышается количество нейтрофилов в молоке) [28];
- измерение электропроводности молока (ЕС) (у коров больных маститом повышается электропроводность молока) [29];
- инфракрасная термография вымени коров (IRT) (у коров больных маститом повышается температура долей вымени) [30];
- ультразвуковое исследование молочной железы коровы (у коров больных маститом изменяется эхогенность молочной железы коровы) [31];
- определения белков острой фазы (APPs) в сыворотке крови или молоке (у коров больных маститом повышается количество белков острой фазы) [32];
- метод полимеразной цепной реакции (PCR) определения бактерий в молоке (у коров больных маститом в молоке повышается количество бактерий) [33];
- биомаркеры воспаления молочных желез (у коров больных маститом в крови изменяется концентрация общего белка, а также отдельных аминокислот) [34].

С учетом описанных территориальных особенностей ведения молочного скотоводства в Северных и Арктических регионах России наиболее рациональными мероприятия по диагностике заболеваемости коров маститом являются определение количества соматических клеток, измерение электропроводности молока, инфракрасная термография вымени коров и биомаркеры воспаления молочных желез.

В настоящее время применяются различные мероприятия по лечению заболеваемости коров маститом. Анализ научных публикаций позволяет выделить следующие наиболее распространенные и перспективные мероприятия:

- антибиотикотерапия [1];
- бактериофаговая терапия [35];
- применение эндолизинных бактериофагов [16];
- применение антимикробных пептидов [36];
- применение пробиотиков [37];
- фитотерапия [38];
- терапия на основе наночастиц [39];
- гирудотерапия [40].

С учетом описанных территориальных особенностей ведения молочного скотоводства в Северных и Арктических регионах России наиболее рациональными мероприятия по лечению заболеваемости коров маститом являются антибиотикотерапия, бактериофаговая терапия, применение пробиотиков и фитотерапия.

Так, в статье [35] при лечении субклинических маститов у коров предлагается использовать гирудотерапию. По результатам экспериментального исследования авторы получили 100% эффективность лечения при снижении затрат на 40% в сравнении с лечением антимикробными препаратами.

Мероприятия по снижению заболеваемости коров маститом опишем кортежем (4):

$$M = \langle MP, MD, ML \rangle, \quad (4)$$

где *MP* — мероприятия по профилактике заболеваемости коров маститом: геномная селекция, правильное доение, не повреждающее тканей вымени, гигиена рук доярок и гигиена вымени коров, маститовакцинация;

MD — мероприятия по диагностике заболеваемости коров маститом: определение количества соматических клеток, измерение электропроводности молока, инфракрасная термография вымени коров, определение биомаркеров воспаления молочных желез;

ML — мероприятия по лечению заболеваемости коров маститом: антибиотикотерапия, бактериофаговая терапия, применение пробиотиков, фитотерапия.



Обобщая рассмотренные особенности ведения молочного скотоводства в Северных и Арктических регионах России, предложенные модели компонентов системы снижения заболеваемости коров маститом и их взаимосвязи предлагается система снижения заболеваемости коров маститом, состоящая из:

1. Мероприятий по профилактике заболеваемости коров маститом, включающих:

- геномную селекцию коров и быков,
- контроль правильности доения коров,
- контроль гигиены рук доярок и гигиены вымени коров,
- маститовакцинацию коров;

2. Мероприятий по диагностике заболеваемости коров маститом, включающих:

- определение количества соматических клеток в молоке,
- измерение электропроводимости молока,
- инфракрасную термографию вымени коров,
- определение биомаркеров воспаления молочных желез;

3. Мероприятий по лечению заболеваемости коров маститом, включающих:

- антибиотикотерапию,
- бактериофаговую терапию,
- применение пробиотиков,
- фитотерапию.

Блок-схема предлагаемой системы снижения заболеваемости коров маститом представлена на рисунке.

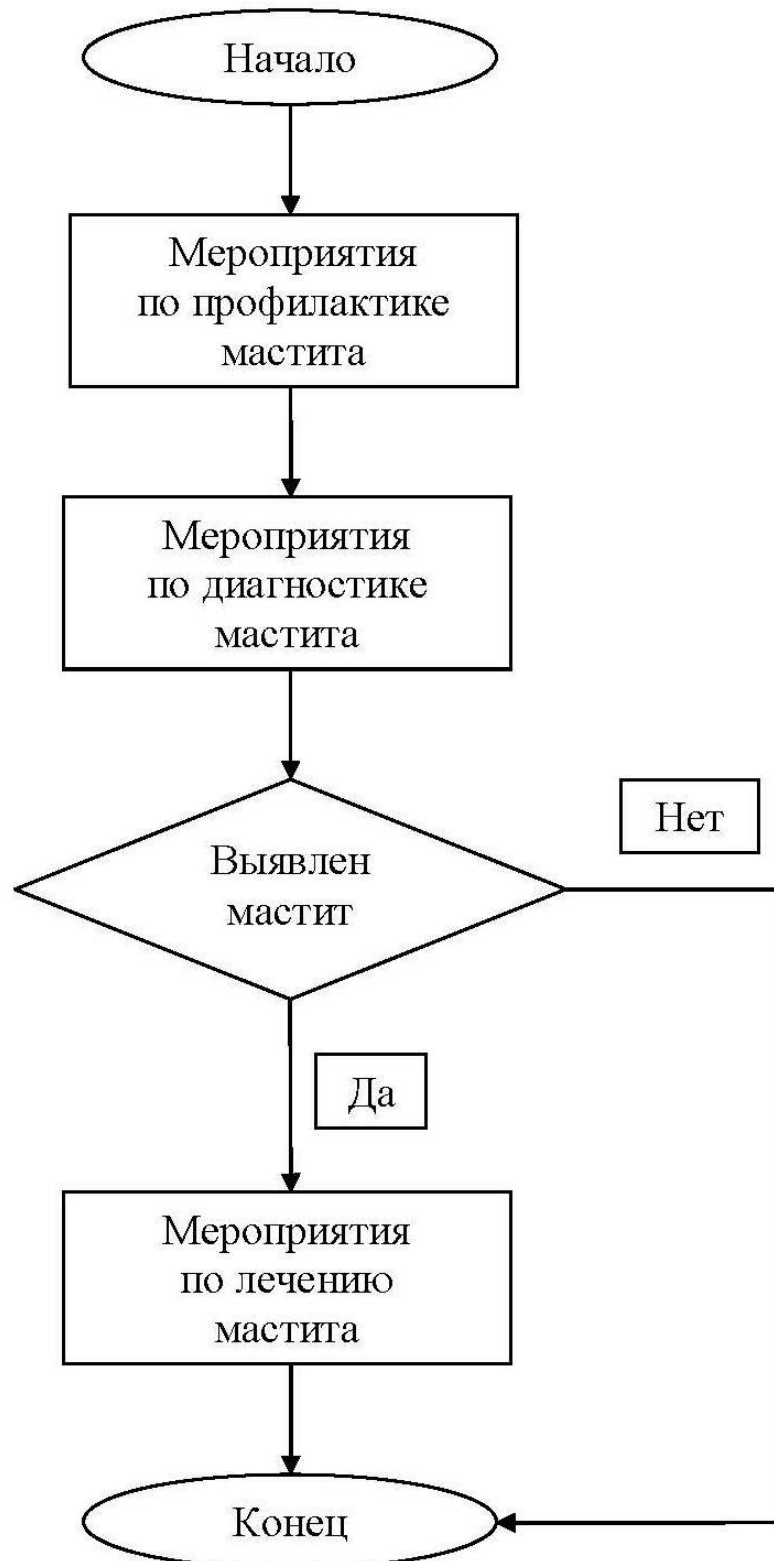


Рисунок 2 - Блок-схема системы снижения заболеваемости коров маститом
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.68.7.2>

Важно отметить, что предлагаемая система снижения заболеваемости коров маститом разработана с учетом современных требований к повышению хозяйственно-полезных качеств молочного скота, включая их продуктивность и резистентность к заболеваниям. При этом были приняты во внимание научные основы снижения заболеваемости коров маститом, представленные в процитированных выше публикациях российских и зарубежных авторов.

Заключение

В ходе исследования получены следующие результаты:



1. Разработана математическая модель системы снижения заболеваемости коров маститом, учитывающая особенности ведения молочного скотоводства в Северных и Арктических регионах России.
2. Выполнена декомпозиция компонентов модели системы снижения заболеваемости коров маститом.
3. Построена структурно-функциональная блок-схема системы снижения заболеваемости коров маститом.
4. Как продолжение исследований по теме данной работы предполагается детализация математической проработки модели с примерами расчетов, дополнение перечня мероприятий с учетом современных методов профилактики, уточнение модели системы снижения заболеваемости коров маститом, включая рассмотрение вопросов практического применения (в том числе практических примеров расчетов, анализа операций и аналитики).

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.

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. Андреева А.А. Этиология и эпизоотология мастита коров (аналитический обзор) / А.А. Андреева, В.А. Евграфова, В.С. Воронина и др. // Ветеринария сегодня. — 2024. — 13 (1). — С. 27–35. — DOI: 10.29326/2304-196X-2024-13-1-27-35
2. Илькив Н. Мастит коров: проблема, которой можно управлять / Н. Илькив // Эффективное животноводство. — 2022. — 3 (178). — С. 84–89.
3. Krishnamoorthy P. Global and Countrywide Prevalence of Subclinical and Clinical Mastitis in Dairy Cattle and Buffaloes by Systematic Review and Meta-Analysis / P. Krishnamoorthy, A.L. Goudar, K.P. Suresh et al. // Research in Veterinary Science. — 2021. — 136. — P. 561–586. — DOI: 10.1016/j.rvsc.2021.04.021
4. Киселева Е.В. Эффективность использования современных antimicrobных препаратов для лечения мастита у коров / Е.В. Киселева, Г.М. Туников // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. — 2017. — 4 (36). — С. 40–44.
5. Алиев А.Ю. Влияние субклинической формы мастита на качественный состав молока / А.Ю. Алиев, С.В. Федотов, Н.С. Белозерцева и др. // Ветеринария и кормление. — 2021. — 6. — С. 4–7. — DOI: 10.30917/АТТ-VK-1814-9588-2021-6-1
6. Сермягин А.А. Морфологический состав соматических клеток в молоке коров как критерий оценки здоровья молочной железы в связи с продуктивностью и компонентами молока / А.А. Сермягин, И.А. Лашнева, А.А. Косицин и др. // Сельскохозяйственная биология. — 2021. — 6 (56). — С. 1183–1198. — DOI: 10.15389/agrobiology.2021.6.1183rus
7. Ладанова М.А. Современный взгляд на этиологию, патогенез и диагностику мастита у коров / М.А. Ладанова, Э.Д. Джавадов, К.В. Племашов и др. // Международный вестник ветеринарии. — 2021. — 4. — С. 29–34. — DOI: 10.52419/issn2072-2419.2021.4.29
8. Болгов А.Е. Определение и использование индексов племенной ценности быков по соматическим клеткам молока у дочерей при отборе на резистентность к маститу / А.Е. Болгов, И.П. Комлык, Н.В. Гришина // Генетика и разведение животных. — 2020. — 1. — С. 3–8. — DOI: 10.31043/2410-2733-2020-1-3-8
9. Челнокова М.И. Диагностика и терапия мастита коров / М.И. Челнокова, Н.А. Щербакова // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. — 2018. — 1. — С. 20–24.
10. Иванюк В.П. Этиологические аспекты и разработка лечебных приёмов при остром катаральном мастите у коров / В.П. Иванюк, Г.Н. Бобкова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. — 2020. — 1 (81). — С. 136–139.
11. Батраков А.Я. Современные аспекты диагностики и лечения коров при мастите / А.Я. Батраков, А.В. Яшин, В.Н. Виденин и др. // Ветеринария. — 2018. — 10. — С. 40–43. — DOI: 10.30896/0042-4846.2018.21.10.40-43
12. Ильясова З.З. Терапевтическая эффективность комплексного лечения мастита у коров / З.З. Ильясова, Ф.М. Гафарова // Известия оренбургского государственного аграрного университета. — 2020. — 1 (81). — С. 132–135.
13. Щеголева Л.В. Моделирование автоматизированных систем мониторинга / Л.В. Щеголева, Р.В. Воронов, Е.А. Питухин // Инженерный вестник Дона. — 2023. — 12.
14. Бондарев И.С. Представление результатов теоретико-множественного анализа сложной системы / И.С. Бондарев, С.А. Гаврицков, О.С. Логунов и др. // Вестник Череповецкого государственного университета. — 2024. — 5 (122). — С. 18–30. — DOI: 10.23859/1994-0637-2024-5-122-2
15. Gavrilo T.A. Mathematical model for monitoring mycolysis of architectural monuments wooden structures / T.A. Gavrilo // Journal of Agriculture and Environment. — 2024. — 6 (46). — DOI: 10.60797/JAE.2024.46.5
16. Stanek P. A Review on Mastitis in Dairy Cows Research: Current Status and Future Perspectives / P. Stanek, P. Zyikiewski, E. Janurs // Agriculture. — 2024. — 14. — P. 1292. — DOI: 10.3390/agriculture14081292
17. Sharun K. Advances in Therapeutic and Managemental Approaches of Bovine Mastitis: A Comprehensive Review / K. Sharun, D. Kuldeep, T. Ruchi et al. // Veterinary Quarterly. — 2021. — 41 (1). — P. 107–136. — DOI: 10.1080/01652176.2021.1882713



18. Heikkilä A.M. Pathogen-Specific Production Losses in Bovine Mastitis / A.M. Heikkilä, E. Liski, S. Pyörälä et al. // *Journal of Dairy Science*. — 2018. — 101. — P. 9493–9504. — DOI: 10.3168/jds.2018-14824
19. Tarazona-Manrique L.E. Bacterial and Fungal Infectious Etiology Causing Mastitis in Dairy Cows in the Highlands of Boyacá (Colombia) / L.E. Tarazona-Manrique, J.R. Villate-Hernández, R.J. Andrade-Becerra // *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*. — 2019. — 66. — P. 208–218. — DOI: 10.15446/rfmvz.v66n3.84258
20. Rainard P. Adaptive Cell-Mediated Immunity in the Mammary Gland of Dairy Ruminants / P. Rainard, G. Foucras, R.P. Martins // *Frontiers in Veterinary Science*. — 2022. — 9. — P. 854890. — DOI: 10.3389/fvets.2022.854890
21. Pegolo S. Quarter-Level Analyses of the Associations among Subclinical Intramammary Infection and Milk Quality, Udder Health, and Cheesemaking Traits in Holstein Cows / S. Pegolo, R. Tessari, V. Bisutti et al. // *Journal of Dairy Science*. — 2022. — 105. — P. 3490–3507. — DOI: 10.3168/jds.2021-21267
22. Besier J. Dynamics of Teat-End Vacuum during Machine Milking: Types, Causes and Impacts on Teat Condition and Udder Health – A Literature Review / J. Besier, O. Lind, R.M. Bruckmaier // *Journal of Applied Animal Research*. — 2016. — 44. — P. 263–272. — DOI: 10.1080/09712119.2015.1031780
23. Болгов А.Е. Селекция молочного скота по признакам здоровья / А.Е. Болгов, Н.В. Гришина, И.П. Комлык. — Петрозаводск: Издательство ПетрГУ, 2020. — 95 с.
24. Rowe S. Longitudinal Study of Herd Udder Hygiene and Its Association with Clinical Mastitis in Pasture-Based Dairy Cows / S. Rowe, W. Tranter, R. Laven // *Journal of Dairy Science*. — 2021. — 104. — P. 6051–6060. — DOI: 10.3168/jds.2020-19254
25. Saleem A. Immunotherapy in Mastitis: State of Knowledge, Research Gaps and Way Forward / A. Saleem, S. Saleem Bhat, A.F. Omonijo et al. // *Veterinary Quarterly*. — 2024. — 44. — P. 1–23. — DOI: 10.1080/01652176.2024.2363626
26. Исакова М.Н. Показатели качества молока высокопродуктивных коров на фоне применения противомаститной вакцины / М.Н. Исакова, У.В. Сивкова, М.В. Ряпосова и др. // *Ветеринария сегодня*. — 2020. — 4 (35). — С. 255–260. — DOI: 10.29326/2304-196X-2020-4-35-255-260
27. Adkins P.R.F. Methods for Diagnosing Mastitis / P.R.F. Adkins, J.R. Middleton // *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*. — 2018. — 34. — P. 479–491. — DOI: 10.1016/j.cvfa.2018.07.003
28. Halasa T. Differential Somatic Cell Count: Value for Udder Health Management / T. Halasa, C. Kirkeby // *Frontiers in Veterinary Science*. — 2020. — 7. — P. 9055. — DOI: 10.3389/fvets.2020.609055
29. Youssif N.H. Association of Selected Risk Factors with Bovine Subclinical Mastitis / N.H. Youssif, N.M. Hafiz, M.A. Halawa et al. // *Acta Veterinaria Brasilica*. — 2021. — 15. — P. 153–160.
30. Sathiyabarathi M. Investigation of Body and Udder Skin Surface Temperature Differentials as an Early Indicator of Mastitis in Holstein Friesian Crossbred Cows Using Digital Infrared Thermography Technique / M. Sathiyabarathi, S. Jeyakumar, A. Manimaran et al. // *Veterinary World*. — 2016. — 9. — P. 1386–1391. — DOI: 10.14202/vetworld.2016.1386-1391
31. Suzuki N. Outcome Prediction from the First Examination in Clinical Mastitis Using Ultrasonography in Dairy Cows / N. Suzuki, T. Kurose, S. Kaneko et al. // *Animal Science Journal*. — 2020. — 91. — P. 13452. — DOI: 10.1111/asj.13452
32. Jain S. Acute-Phase Proteins: As Diagnostic Tool / S. Jain, V. Gautam, S. Naseem // *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*. — 2011. — 3. — P. 118–127. — DOI: 10.4103/0975-7406.76489
33. Loy J.D. Current and Emerging Diagnostic Approaches to Bacterial Diseases of Ruminants / J.D. Loy, M.L. Clawson, P.R.F. Adkins et al. // *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. — 2023. — 39. — P. 93–114.
34. Hovinen M. N-Acetyl-β-D-Glucosaminidase Activity in Cow Milk as an Indicator of Mastitis / M. Hovinen, H. Simojoki, R. Pösö et al. // *Journal of Dairy Research*. — 2016. — 83. — P. 219–227. — DOI: 10.1017/S0022029916000224
35. Bragg R. Bacteriophages as potential treatment option for antibiotic resistant bacteria / R. Bragg, W. van der Westhuizen, J.Y. Lee et al. // *Advances in Experimental Medicine and Biology*. — 2014. — 807. — P. 97–110.
36. Moravej H. Antimicrobial peptides: features, action, and their resistance mechanisms in bacteria / H. Moravej, Z. Moravej, M. Yazdanparast et al. // *Microbial Drug Resistance*. — 2018. — 24 (6). — P. 747–767.
37. Dhama K. Probiotics in curing allergic and inflammatory conditions—research progress and futuristic vision / K. Dhama, S. Latheef, A. Munjal et al. // *Recent Patents on Inflammation & Allergy Drug Discovery*. — 2016. — 10 (2). — P. 105–118.
38. Mushtaq S. Bovine mastitis: An appraisal of its alternative herbal cure / S. Mushtaq, A.M. Shah, A. Shah et al. // *Microbial pathogenesis*. — 2018. — 114. — P. 357–361.
39. Castelani L. Activity of nisin, lipid bilayer fragments and cationic nisin-lipid nanoparticles against multidrug-resistant *Staphylococcus* spp. isolated from bovine mastitis / L. Castelani, J.R.P. Arcaro, J.E.P. Braga et al. // *Journal of Dairy Science*. — 2019. — 102 (1). — P. 678–683.
40. Глазунова Л.А. Гирудотерапия при лечении субклинических маститов у коров / Л.А. Глазунова, М.М. Анодина // *Современные проблемы науки и образования*. — 2013. — 6. — С. 1060.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Andreeva A.A. E'tiologiya i e'pizootologiya mastita korov (analiticheskij obzor) [Etiology and epizootology of bovine mastitis (analytical review)] / A.A. Andreeva, V.A. Evgrafova, V.S. Voronina et al. // *Veterinary Science Today*. — 2024. — 13 (1). — P. 27–35. — DOI: 10.29326/2304-196X-2024-13-1-27-35 [in Russian]
2. Il'kiv N. Mastit korov: problema, kotoroj mozhno upravlyat' [Mastitis in cows: a problem that can be managed] / N. Il'kiv // *Effective animal husbandry*. — 2022. — 3 (178). — P. 84–89. [in Russian]



3. Krishnamoorthy P. Global and Countrywide Prevalence of Subclinical and Clinical Mastitis in Dairy Cattle and Buffaloes by Systematic Review and Meta-Analysis / P. Krishnamoorthy, A.L. Goudar, K.P. Suresh et al. // *Research in Veterinary Science*. — 2021. — 136. — P. 561–586. — DOI: 10.1016/j.rvsc.2021.04.021
4. Kiseleva E.V. E'ffektivnost' ispol'zovaniya sovremenny'x antimikrobn'y'x preparatov dlya lecheniya mastita u korov [Efficiency of the use of modern antimicrobial preparations for treatment of mastitis in cows] / E.V. Kiseleva, G.M. Tunikov // *Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev*. — 2017. — 4 (36). — P. 40–44. [in Russian]
5. Aliev A.Yu. Vliyanie subklinicheskoy formy' mastita na kachestvenny'j sostav moloka [The effect of subclinical mastitis on qualitative composition of milk] / A.Yu. Aliev, S.V. Fedotov, N.S. Belozerceva et al. // *Veterinary Science and Feeding*. — 2021. — 6. — P. 4–7. — DOI: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2021-6-1 [in Russian]
6. Sermyagin A.A. Morfologicheskij sostav somaticheskix kletok v moloke korov kak kriterij ocenki zdorov'ya molochnoj zhelezy' v svyazi s produktivnost'yu i komponentami moloka [Differential somatic cell count in milk as criteria for assessing cows' udder health in relation with milk production and components] / A.A. Sermyagin, I.A. Lashneva, A.A. Kosicin et al. // *Agricultural Biology*. — 2021. — 6 (56). — P. 1183–1198. — DOI: 10.15389/agrobiology.2021.6.1183rus [in Russian]
7. Ladanova M.A. Sovremenny'j vzglyad na e'tiologiyu, patogenez i diagnostiku mastita u korov [Modern view on the etiology, pathogenesis and diagnosis of mastitis in cows] / M.A. Ladanova, E'.D. Dzhavadov, K.V. Plemyashov et al. // *International Bulletin of Veterinary Medicine*. — 2021. — 4. — P. 29–34. — DOI: 10.52419/issn2072-2419.2021.4.29 [in Russian]
8. Bolgov A.E. Opredelenie i ispol'zovanie indeksov plemennoj cennosti by'kov po somaticheskim kletkam moloka u docherej pri otbore na rezistentnost' k mastitu [Determination and use of bulls breeding value indices for somatic milk cells in daughters during selection for mastitis resistance] / A.E. Bolgov, I.P. Komly'k, N.V. Grishina // *Genetics and animal breeding*. — 2020. — 1. — P. 3–8. — DOI: 10.31043/2410-2733-2020-1-3-8 [in Russian]
9. Chelnokova M.I. Diagnostika i terapiya mastita korov [Diagnostics and therapy of cow mastitis] / M.I. Chelnokova, N.A. Shherbakova // *Bulletin of the Velikiye Luki State Agricultural Academy*. — 2018. — 1. — P. 20–24. [in Russian]
10. Ivanyuk V.P. E'tiologicheskie aspekty' i razrabotka lechebny'x priyomov pri ostrom kataral'nom mastite u korov [Etiological aspects and development of methods to treat acute catarrhal mastitis in cows] / V.P. Ivanyuk, G.N. Bobkova // *Proceedings of Orenburg State Agrarian University*. — 2020. — 1 (81). — P. 136–139. [in Russian]
11. Batrakov A.Ya. Sovremennye aspekty diagnostiki i lecheniya korov pri mastite [Modern aspects of diagnosis and treatment of cows mastitis] / A.Ya. Batrakov, A.V. Yashin, V.N. Videnin et al. // *Veterinariya [Veterinary Medicine Journal]*. — 2018. — 10. — P. 40–43. — DOI: 10.30896/0042-4846.2018.21.10.40-43 [in Russian]
12. Il'yasova Z.Z. Terapevticheskaya e'ffektivnost' kompleksnogo lecheniya mastita u korov [Therapeutic efficacy of complex treatment of mastitis in cows] / Z.Z. Il'yasova, F.M. Gafarova // *Proceedings of Orenburg State Agrarian University*. — 2020. — 1 (81). — P. 132–135. [in Russian]
13. Shhegoleva L.V. Modelirovanie avtomatizirovanny'x sistem monitoringa [Modeling of automated monitoring systems] / L.V. Shhegoleva, R.V. Voronov, E.A. Pituxin // *Engineering Bulletin of the Don*. — 2023. — 12. [in Russian]
14. Bondarev I.S. Predstavlenie rezul'tatov teoretiko-mnozhestvennogo analiza slozhnoj sistemy' [Presenting the results of a set-theoretic analysis of a complex system] / I.S. Bondarev, S.A. Gavriczkov, O.S. Logunov et al. // *Cherepovets State University Bulletin*. — 2024. — 5 (122). — P. 18–30. — DOI: 10.23859/1994-0637-2024-5-122-2 [in Russian]
15. Gavrilov T.A. Mathematical model for monitoring mycolysis of architectural monuments wooden structures / T.A. Gavrilov // *Journal of Agriculture and Environment*. — 2024. — 6 (46). — DOI: 10.60797/JAE.2024.46.5
16. Stanek P. A Review on Mastitis in Dairy Cows Research: Current Status and Future Perspectives / P. Stanek, P. Zykiewski, E. Janurs // *Agriculture*. — 2024. — 14. — P. 1292. — DOI: 10.3390/agriculture14081292
17. Sharun K. Advances in Therapeutic and Managemental Approaches of Bovine Mastitis: A Comprehensive Review / K. Sharun, D. Kuldeep, T. Ruchi et al. // *Veterinary Quarterly*. — 2021. — 41 (1). — P. 107–136. — DOI: 10.1080/01652176.2021.1882713
18. Heikkilä A.M. Pathogen-Specific Production Losses in Bovine Mastitis / A.M. Heikkilä, E. Liski, S. Pyörälä et al. // *Journal of Dairy Science*. — 2018. — 101. — P. 9493–9504. — DOI: 10.3168/jds.2018-14824
19. Tarazona-Manrique L.E. Bacterial and Fungal Infectious Etiology Causing Mastitis in Dairy Cows in the Highlands of Boyacá (Colombia) / L.E. Tarazona-Manrique, J.R. Villate-Hernández, R.J. Andrade-Becerra // *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*. — 2019. — 66. — P. 208–218. — DOI: 10.15446/rfmvz.v66n3.84258
20. Rainard P. Adaptive Cell-Mediated Immunity in the Mammary Gland of Dairy Ruminants / P. Rainard, G. Foucras, R.P. Martins // *Frontiers in Veterinary Science*. — 2022. — 9. — P. 854890. — DOI: 10.3389/fvets.2022.854890
21. Pegolo S. Quarter-Level Analyses of the Associations among Subclinical Intramammary Infection and Milk Quality, Udder Health, and Cheesemaking Traits in Holstein Cows / S. Pegolo, R. Tessari, V. Bisutti et al. // *Journal of Dairy Science*. — 2022. — 105. — P. 3490–3507. — DOI: 10.3168/jds.2021-21267
22. Besier J. Dynamics of Teat-End Vacuum during Machine Milking: Types, Causes and Impacts on Teat Condition and Udder Health – A Literature Review / J. Besier, O. Lind, R.M. Bruckmaier // *Journal of Applied Animal Research*. — 2016. — 44. — P. 263–272. — DOI: 10.1080/09712119.2015.1031780
23. Bolgov A.E. Seleksiya molochnogo skota po priznakam zdorov'ya [Selection of dairy cattle for health traits] / A.E. Bolgov, N.V. Grishina, I.P. Komlik. — Petrozavodsk: PetrSU Publishing House, 2020. — 95 p. [in Russian]
24. Rowe S. Longitudinal Study of Herd Udder Hygiene and Its Association with Clinical Mastitis in Pasture-Based Dairy Cows / S. Rowe, W. Tranter, R. Laven // *Journal of Dairy Science*. — 2021. — 104. — P. 6051–6060. — DOI: 10.3168/jds.2020-19254
25. Saleem A. Immunotherapy in Mastitis: State of Knowledge, Research Gaps and Way Forward / A. Saleem, S. Saleem Bhat, A.F. Omonijo et al. // *Veterinary Quarterly*. — 2024. — 44. — P. 1–23. — DOI: 10.1080/01652176.2024.2363626



26. Isakova M.N. Pokazateli kachestva moloka vy'sokoproduktivny'x korov na fone primeneniya protivomastitnoj vakciny' [Quality profile of milk from high producing dairy cows vaccinated against mastitis] / M.N. Isakova, U.V. Sivkova, M.V. Ryaposova et al. // *Veterinary Science Today*. — 2020. — 4 (35). — P. 255–260. — DOI: 10.29326/2304-196X-2020-4-35-255-260 [in Russian]
27. Adkins P.R.F. Methods for Diagnosing Mastitis / P.R.F. Adkins, J.R. Middleton // *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*. — 2018. — 34. — P. 479–491. — DOI: 10.1016/j.cvfa.2018.07.003
28. Halasa T. Differential Somatic Cell Count: Value for Udder Health Management / T. Halasa, C. Kirkeby // *Frontiers in Veterinary Science*. — 2020. — 7. — P. 9055. — DOI: 10.3389/fvets.2020.609055
29. Youssif N.H. Association of Selected Risk Factors with Bovine Subclinical Mastitis / N.H. Youssif, N.M. Hafiz, M.A. Halawa et al. // *Acta Veterinaria Brasilica*. — 2021. — 15. — P. 153–160.
30. Sathiyabarathi M. Investigation of Body and Udder Skin Surface Temperature Differentials as an Early Indicator of Mastitis in Holstein Friesian Crossbred Cows Using Digital Infrared Thermography Technique / M. Sathiyabarathi, S. Jeyakumar, A. Manimaran et al. // *Veterinary World*. — 2016. — 9. — P. 1386–1391. — DOI: 10.14202/vetworld.2016.1386-1391
31. Suzuki N. Outcome Prediction from the First Examination in Clinical Mastitis Using Ultrasonography in Dairy Cows / N. Suzuki, T. Kurose, S. Kaneko et al. // *Animal Science Journal*. — 2020. — 91. — P. 13452. — DOI: 10.1111/asj.13452
32. Jain S. Acute-Phase Proteins: As Diagnostic Tool / S. Jain, V. Gautam, S. Naseem // *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*. — 2011. — 3. — P. 118–127. — DOI: 10.4103/0975-7406.76489
33. Loy J.D. Current and Emerging Diagnostic Approaches to Bacterial Diseases of Ruminants / J.D. Loy, M.L. Clawson, P.R.F. Adkins et al. // *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. — 2023. — 39. — P. 93–114.
34. Hovinen M. N-Acetyl- β -D-Glucosaminidase Activity in Cow Milk as an Indicator of Mastitis / M. Hovinen, H. Sijojoki, R. Pösö et al. // *Journal of Dairy Research*. — 2016. — 83. — P. 219–227. — DOI: 10.1017/S0022029916000224
35. Bragg R. Bacteriophages as potential treatment option for antibiotic resistant bacteria / R. Bragg, W. van der Westhuizen, J.Y. Lee et al. // *Advances in Experimental Medicine and Biology*. — 2014. — 807. — P. 97–110.
36. Moravej H. Antimicrobial peptides: features, action, and their resistance mechanisms in bacteria / H. Moravej, Z. Moravej, M. Yazdanparast et al. // *Microbial Drug Resistance*. — 2018. — 24 (6). — P. 747–767.
37. Dhama K. Probiotics in curing allergic and inflammatory conditions—research progress and futuristic vision / K. Dhama, S. Latheef, A. Munjal et al. // *Recent Patents on Inflammation & Allergy Drug Discovery*. — 2016. — 10 (2). — P. 105–118.
38. Mushtaq S. Bovine mastitis: An appraisal of its alternative herbal cure / S. Mushtaq, A.M. Shah, A. Shah et al. // *Microbial pathogenesis*. — 2018. — 114. — P. 357–361.
39. Castelani L. Activity of nisin, lipid bilayer fragments and cationic nisin-lipid nanoparticles against multidrug-resistant *Staphylococcus* spp. isolated from bovine mastitis / L. Castelani, J.R.P. Arcaro, J.E.P. Braga et al. // *Journal of Dairy Science*. — 2019. — 102 (1). — P. 678–683.
40. Glazunova L.A. Girudoterapiya pri lechenii subklinicheskix mastitov u korov [Hirudotherapy in the treatment of cows subclinical mastitis] / L.A. Glazunova, M.M. Anodina // *Modern problems of science and education*. — 2013. — 6. — P. 1060. [in Russian]