



DOI: 10.29326/2304-196X-2023-12-4-322-330
УДК 619:618.19:636.22/.28:54-3



Оценка ранозаживляющего эффекта кремнийцинкборсодержащего глицерогидрогеля и влияние его на молочную железу высокопродуктивных коров

Л. И. Дроздова¹, А. С. Баркова², М. Н. Исакова³, Л. П. Ларионов⁴, В. В. Пермикин⁵, Н. М. Стариков³, Т. Г. Хонина^{1,5}

¹ ФГБОУ ВО «Уральский государственный аграрный университет» (ФГБОУ ВО Уральский ГАУ), г. Екатеринбург, Россия

² ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «КТГУ»), г. Калининград, Россия

³ ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук»

(ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН), г. Екатеринбург, Россия

⁴ ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России (ФГБОУ ВО УГМУ Минздрава России), г. Екатеринбург, Россия

⁵ ФГБНУ Институт органического синтеза им. И. Я. Постовского Уральского отделения Российской академии наук (ИОС УрО РАН), г. Екатеринбург, Россия

РЕЗЮМЕ

Качество получаемого коровьего молока, снижающееся прежде всего за счет наличия у животных воспалительных процессов в молочной железе, остается одной из важных проблем молочного животноводства, что требует разработки высокоэффективных, безопасных и доступных терапевтических средств. Большим потенциалом для решения данного вопроса обладает нанокompозитный кремнийцинкборсодержащий глицерогидрогель (Si-Zn-B-гель). В работе представлены данные, подтверждающие наличие ранозаживляющей активности глицерогидрогеля и эффективность его использования в схемах лечения гиперкератоза сосков молочной железы коров. Результаты исследования, проведенного на экспериментальной модели термического ожога кожи крыс, свидетельствуют о том, что Si-Zn-B-гель является перспективным ранозаживляющим средством для местного применения. Так, на 9-е сут была зафиксирована полная эпителизация ожоговой поверхности, при этом в грануляционной ткани дермального слоя кожи преобладали волокнистые структуры, к 19-м сут формировался зрелый рубец с продольно ориентированными коллагеновыми волокнами. Проведенные производственные исследования на высокопродуктивных коровах показали терапевтическую эффективность применения Si-Zn-B-геля в лечении гиперкератоза сосков у коров и наличие пролонгированного действия, что увеличивает сроки результативности проведенной терапии. Через 7 дней лечения установлено увеличение количества сосков с физиологической структурой до 27,8%, на 14-е сут после опытного периода зафиксировали отсутствие поражений сосков тяжелой формой гиперкератоза, при этом количество сосков, соответствующих физиологической норме, составило 72,2%. Анализ данных, полученных в результате исследований, показывает, что применение Si-Zn-B-геля позволяет производить эффективное лечение гиперкератоза сосков молочной железы, тем самым обеспечивать профилактику мастита у животных и повышать качество получаемого молока.

Ключевые слова: кремнийцинкборсодержащий глицерогидрогель, 10%-я метилурациловая мазь, ранозаживляющая активность, пролонгированное действие, высокопродуктивные коровы, молочная железа, мастит, гиперкератоз сосков, качество молока

Благодарности: Работа выполнена в соответствии с планами НИР и государственным заданием (№ АААА-А19-19011790130-3).

Для цитирования: Дроздова Л. И., Баркова А. С., Исакова М. Н., Ларионов Л. П., Пермикин В. В., Стариков Н. М., Хонина Т. Г. Оценка ранозаживляющего эффекта кремнийцинкборсодержащего глицерогидрогеля и влияние его на молочную железу высокопродуктивных коров. *Ветеринария сегодня*. 2023; 12 (4): 322–330. DOI: 10.29326/2304-196X-2023-12-4-322-330.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для корреспонденции: Исакова Мария Николаевна, кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник отдела репродуктивной биологии и неонатологии ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН, 620142, Россия, г. Екатеринбург, ул. Белинского, 112а, e-mail: tmarya105@yandex.ru.

Evaluating wound-healing effect of silicon-zinc-boron-containing glycerohydrogel and its effect on mammary glands of high producing dairy cows

L. I. Drozdova¹, A. S. Barkova², M. N. Isakova³, L. P. Larionov⁴, V. V. Permikin⁵, N. M. Starikov³, T. G. Khonina^{1,5}

¹ FSBEI HE "Ural State Agrarian University" (FSBEI HE Ural SAU), Ekaterinburg, Russia

² FSBEI HE "Kaliningrad State Technical University" (FSBEI HE "KSTU"), Kaliningrad, Russia

³ FSBSI "Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences" (FSBSI UrFASRC, UrB of RAS), Ekaterinburg, Russia

⁴ FSBI HPE "Ural State Medical University" of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation (FSBI HPE "USMU" MOH Russia), Ekaterinburg, Russia

⁵ I. Ya. Postovsky Institute of Organic Synthesis of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (IOS UB RAS), Ekaterinburg, Russia

© Дроздова Л. И., Баркова А. С., Исакова М. Н., Ларионов Л. П., Пермикин В. В., Стариков Н. М., Хонина Т. Г., 2023

SUMMARY

Cow's milk quality, which may deteriorate due to inflammatory processes in the mammary glands, remains one of the important problems of dairy farming and requires effective, safe and affordable therapeutic agents. Nanocomposite silicon-zinc-boron-containing glycerohydrogel (Si-Zn-B-gel) may become a very good solution to the issue. The paper demonstrates wound-healing effect of the glycerohydrogel and confirms its effectiveness for teat hyperkeratosis treatment in dairy cows. Results of a rat burn model – based experiment suggest that Si-Zn-B-gel is a promising wound healing agent for topical use. Thus, on Day 9 complete re-epithelialization of the burn surface was observed, with fibrous structures prevailing in the granulation tissue of the dermal layer, on Day 19 a mature scar was formed with a longitudinal alignment of collagen fibers. The production tests conducted in high producing dairy cows have demonstrated good therapeutic effect of the Si-Zn-B-gel for teat-end hyperkeratosis and confirmed its long-term effect that helps to longer maintain the results achieved during treatment. After a 7-day treatment physiological structure of up to 27.8% teats improved, on Day 14 of the experiment no severe hyperkeratotic lesions were observed and the number of teats that correspond to the physiological norm was 72.2%. Analysis of the data collected shows that the Si-Zn-B-gel is effective for teat-end hyperkeratosis treatment, thus, it prevents mastitis in animals and improves the milk quality.

Keywords: silicon-zinc-boron-containing glycerohydrogel, 10% methyluracil ointment, wound healing effect, long-term effect, high producing dairy cows, mammary glands, mastitis, teat-end hyperkeratosis, milk quality

Acknowledgments: The work was conducted within the scope of the Research and Development Plans and the State Assignment (No. AAAA-A19-19011790130-3).

For citation: Drozdova L. I., Barkova A. S., Isakova M. N., Larionov L. P., Permikin V. V., Starikov N. M., Khonina T. G. Evaluating wound-healing effect of silicon-zinc-boron-containing glycerohydrogel and its effect on mammary glands of high producing dairy cows. *Veterinary Science Today*. 2023; 12 (4): 322–330. DOI: 10.29326/2304-196X-2023-12-4-322-330.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

For correspondence: Mariya N. Isakova, Candidate of Science (Veterinary Medicine), Senior Researcher, Department of Reproductive Biology and Neonatology, FSBSI UrFASRC, UrB of RAS, 620142, Russia, Ekaterinburg, ul. Belinsky, 112a, e-mail: tmarya105@yandex.ru.

ВВЕДЕНИЕ

Производство качественной и конкурентоспособной молочной продукции является высокоприоритетной задачей Российской Федерации, решение которой имеет комплексный характер для экономики страны в целом, приводит к повышению качества жизни за счет укрепления здоровья нации, обеспечению национальной продовольственной безопасности, наращиванию конкурентных преимуществ предприятия и регионов [1, 2, 3, 4]. На сегодняшний день наша страна является одним из крупнейших в мире производителей молока и молочной продукции – 4-е место в мировом рейтинге, при этом повышение качества остается одной из первостепенных задач отечественной отрасли животноводства [3, 5]. Молочная железа высокопродуктивных коров в период лактации функционирует достаточно интенсивно, что способствует возникновению заболеваний, среди которых особое место занимает мастит, обуславливающий ухудшение санитарно-гигиенических и технологических показателей молока [1, 3, 6, 7, 8].

Предрасполагающим фактором развития мастита у коров является наличие гиперкератоза сосков, при котором нарушается барьерная функция соскового канала и значительно возрастает риск проникновения условно-патогенной и патогенной микрофлоры в молочную железу, вызывая ее повреждение и развитие воспалительного процесса [5, 9, 10, 11, 12, 13, 14]. В схемах лечения и профилактики заболеваний сосков молочной железы животных в мировой практике предложено значительное количество средств, содержащих косметические, антисептические, пробиотические и смягчающие компоненты, однако на сегодняшний день в сельскохозяйственных организациях с молочной продуктивностью коров более 8000 кг не удается

получить стойкий и длительный положительный эффект от лечебных мероприятий [7, 11, 15]. В связи с этим современной науке и практике необходимо осуществлять поиск и разработку новых, более эффективных средств лечения гиперкератоза сосков и, как следствие, реализовывать профилактику мастита у коров [7, 11]. Одним из возможных решений может быть использование нанокompозитного кремнийцинкборсодержащего глицерогидрогеля (Si-Zn-B-геля), разработанного в ФГБУН Институт органического синтеза им. И. Я. Постовского УрО РАН [16].

В химическом отношении его состав соответствует формуле:



Разработанное вещество на молекулярном уровне содержит атомы кремния, цинка и бора, имеет гелеобразную структуру и обладает выраженной ранозаживляющей, регенерирующей, антибактериальной и фунгицидной активностью [16, 17]. Исходя из этого, проведение исследований его лечебной эффективности при гиперкератозе сосков молочной железы коров и выявление наличия пролонгированного действия является актуальной задачей.

Цель работы – изучить эффективность использования Si-Zn-B-геля при лечении гиперкератоза сосков молочной железы у высокопродуктивных коров.

Для реализации данной цели было сформулировано несколько задач.

1. Оценить специфический ранозаживляющий эффект Si-Zn-B-геля в сравнительном аспекте с действием 10%-й метилурациловой мази на экспериментальной модели термического ожога кожи крыс.

2. Изучить клиническую эффективность разрабатываемого глицерогидрогеля в сравнении

с использованием 10%-й метилурациловой мази на опытных группах коров с гиперкератозом сосков молочной железы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследования: белые беспородные крысы в возрасте 10 недель; высокопродуктивные коровы черно-пестрой породы в возрасте 4–6 лактаций со среднегодовой молочной продуктивностью более 8000 кг.

Доклинические экспериментальные исследования с целью оценки специфического ранозаживляющего эффекта Si-Zn-B-геля в сравнительном аспекте с действием 10%-й метилурациловой мази были проведены на экспериментальной модели термического ожога кожи крыс. Термический ожог II–IIIa степени тяжести создавали путем прикосновения металлического шпателя, разогретого до температуры 98–100 °С, к коже особи в течение 40 с [18]. Курс лечения был определен по окончательному результату излечения и формирования рубца первичного натяжения на фоне применения Si-Zn-B-геля (19 дней). За этот период регистрировали площадь заживления у трех групп особей: контрольная – с ожогом без лечения; опытная группа 1 – с ожогом на фоне лечения 10%-й метилурациловой мазью; опытная группа 2 – с ожогом при использовании Si-Zn-B-геля. Количество животных в каждой группе составляло 10 особей.

Все эксперименты на животных проводились в строгом соответствии с межгосударственными стандартами по содержанию и уходу за лабораторными животными, принятыми Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации, а также согласно требованиям Директивы 2010/63/EU Европейского парламента и Совета Европейского союза от 22.09.2010 по охране животных, используемых в научных целях.

Гистоморфологические исследования проведены для подтверждения ранозаживляющего эффекта. Биоматериалом служили кусочки пораженной ожогом кожи экспериментальных крыс. На первом этапе была произведена фиксация материала в 10%-м буферном растворе формалина. Затем проводили обезвоживание и пропитку заливочной средой. С использованием парафиновой среды «Гистомикс» (ООО «БиоВитрум», Россия) производили трехразовое пропитывание, после чего осуществляли заливку в парафиновую среду «Гистомикс» (ООО «БиоВитрум», Россия). Далее на ротационном микротоме Leica RM 2255 (Leica Microsystems, Германия) изготавливали срезы толщиной 6 мкм. Окраску микропрепаратов осуществляли гематоксилином

и эозином, а также по методу Ван-Гизона и Вейгерта. Регистрировали гистологические исследования путем фотографирования на микроскопе Micros (Австрия).

Производственные экспериментальные исследования. Оценку клинической эффективности глицеро-гидрогеля осуществляли на территории сельскохозяйственной организации Сысертского района Свердловской области. Для этого были скомплектованы две группы коров по 9 гол. в каждой, у которых диагностирован гиперкератоз сосков молочной железы различной степени. Для лечения животных опытной группы применяли Si-Zn-B-гель 2 раза в день в течение 7 дней путем нанесения на соски, контрольной группы – 10%-ю метилурациловую мазь по той же схеме.

Клиническое исследование сосков молочной железы проводили общепринятыми методами [19]. Степень поражения сосков вымени гиперкератозом оценивали с помощью модернизированной версии диагностической шкалы поражений сосков, представленной панелью из 18 фотоснимков [9]. Молочную железу исследовали на наличие клинической формы мастита путем осмотра, пальпации, пробного сдаивания, субклинический мастит диагностировали с использованием экспресс-метода Keno™test (CID LINES, Бельгия).

Ультразвуковое сканирование молочной железы коров проводили при помощи ветеринарного ультразвукового аппарата Ecoson 900V (West Medica Produktions- und Handels-GmbH, Австрия). В ходе исследования паренхимы молочной железы использовали два вида мультисчастотных датчиков: конвексный и линейный. Сосковую часть молочной цистерны оценивали линейным датчиком с частотой 7,5 МГц. Использовали сканирование в сегментарной и фронтальной плоскостях. Область верхушки соска оценивали с применением пластикового стаканчика с водным буфером (вода 38 °С) и закрепленного на нем мультисчастотного датчика. Полученные эхограммы обрабатывали с использованием программного обеспечения, предусмотренного ультразвуковым сканером [5, 20].

Исследование молока проводили центрифужным методом с целью выявления примеси крови. Для этого сборную пробу остаточного молока объемом 40–50 мл отбирали в пластиковый контейнер, затем доводили до температуры 20–22 °С, после чего в пробирку наливали 5–7 мл молока и производили центрифугирование в течение 10 мин при 1000 об/мин. По визуализации осадка в виде красного кольца на дне пробирки устанавливали наличие крови. Исследование качества молока производили на анализаторе «Лактан 1-4 М» (ООО ВПК «СибагроПРИБОР», Россия).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При проведении доклинических исследований с целью оценки специфического ранозаживляющего эффекта на экспериментальной модели термического ожога кожи крыс установлено, что процент неполного заживления на фоне применения Si-Zn-B-геля и 10%-й метилурациловой мази составил 0,12 и 3% соответственно, что подтверждает перспективность использования геля. Параллельно с ускоренным заживлением поврежденной кожи на травмированном участке при внешнем осмотре у особей на фоне применяемых мягких лекарственных форм на 3-и сут лечения сформировались тканевые корочки, которые на 9-е сут полностью отслоились, а к концу эксперимен-

Таблица 1
Динамика регенерации кожи крыс после термического ожога

Table 1
Dynamics of rat skin regeneration in a thermal burn

Группа животных	2-е сут	9-е сут	19-е сут	% неполного заживления
Контрольная	40 × 20 мм (800 мм ²)	35 × 18 мм (630 мм ²)	20 × 10 мм (200 мм ²)	25
Опытная 1	40 × 20 мм (800 мм ²)	25 × 12 мм (300 мм ²)	7 × 3 мм (21 мм ²)	3
Опытная 2	40 × 20 мм (800 мм ²)	13 × 6 мм (78 мм ²)	3 × 0,3 мм (0,9 мм ²)	0,12

та на новой ткани зарегистрировано преимущественное прорастание шерстистого покрова при лечении Si-Zn-B-гелем с формированием рубца первичного натяжения (табл. 1).

Дополнительно для исследования ранозаживляющего эффекта были проведены гистоморфологические исследования, результаты которых представлены на рисунках 1–5. Установлено, что в контрольной группе без лечения на 9-е сут после термического ожога определяется некротизированный эпидермис кожи с инфильтрацией лимфоцитами. В подлежащей дерме образуется грануляционная ткань, представленная функционально активными фибробластами, формирующимися капиллярами синусоидального типа. Ткань диффузно инфильтрирована лимфоидными элементами (рис. 1).

При окраске по Ван-Гизону и Вейгерту наблюдали, как в области рубца формируются коллагеновые волокна разной степени зрелости с различными по диаметру размерами, при этом эластические волокна идентичны (рис. 2a). На 19-е сут эксперимента отмечается эпителизация дефекта наибольшего участка поврежденной поверхности. В дерме рубец представлен функционально активными фибробластами, сформированными коллагеновыми волокнами с хаотичной ориентацией. Сосуды единичны, лимфоидная инфильтрация минимальна (рис. 2b).

В первой опытной группе на 9-е сут эксперимента на фоне местного лечения метилурацилом отмечали полную эпителизацию дефекта. В дермальном слое формируется рубец, представленный преимущественно клетками фибробластического ряда, формируемыми коллагеновыми волокнами и сосудами синусоидального типа. Лимфоидная инфильтрация минимальна (рис. 3a). При окрашивании по Ван-Гизону и Вейгерту видно, что рубец представлен коллагеновыми волокнами, разными по диаметру и степени зрелости. Эластические волокна единичны (рис. 3b).

На 19-е сут после воздействия на фоне лечения 10%-й метилурациловой мазью отмечали полную эпителизацию дефекта, регистрировали фокусы акантоза с одновременным образованием роговых кист в эпидермисе. В дермальном слое формируется рубец с образованием коллагеновых волокон. Очаги ангиоматоза единичны, сосуды – со спавшимися стенками. Лимфоидные элементы в области рубца единичны (рис. 4a). При окраске по Ван-Гизону и Вейгерту в области рубца в дермальном слое определяются зрелые коллагеновые волокна, одинаковые по диаметру, с плотным расположением (рис. 4b).

Во второй опытной группе на фоне лечения Si-Zn-B-гелем на 9-е сут эксперимента в области ожога отмечали полную эпителизацию дефекта. В дермальном слое формируется грануляционная ткань из функционально активных фибробластов, синусоидальных капилляров, инфильтрованная лимфоидными элементами (рис. 5a). На 19-е сут эксперимента у животных формируется зрелый рубец с продольно ориентированными коллагеновыми волокнами, происходит полная эпителизация дефекта с развитием фиброзного рубца в дермальном слое кожи (рис. 5b).

Таким образом, в контрольной группе без лечения заживление термического ожога происходило в более поздние сроки, признаки экссудативного воспаления были выражены на 9-е сут эксперимента, а на 19-е сут

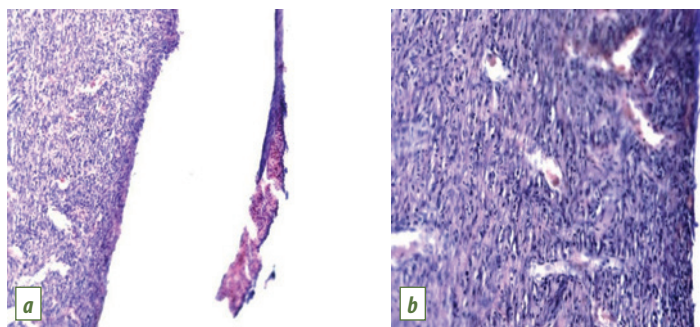


Рис. 1. Состояние эпидермиса на 9-е сут эксперимента (без лечения): а) область термического ожога кожи крысы; окрашивание гематоксилином и эозином, увеличение 100x; б) формирующаяся после ожога грануляционная ткань; окрашивание гематоксилином и эозином, увеличение 200x

Fig. 1. Epidermis on Day 9 of the experiment (without treatment): а) thermal burn on rat skin; stained with hematoxylin and eosin, magnification 100x; б) granulation tissue formed after the burn; stained with hematoxylin and eosin, magnification 200x

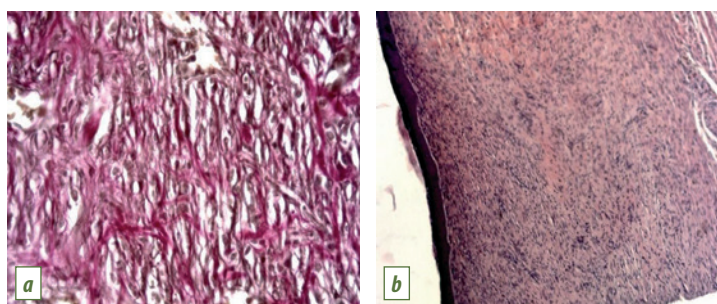


Рис. 2. Контрольная группа (без лечения): а) формирующиеся коллагеновые волокна в грануляционной ткани на 9-е сут эксперимента; окрашивание по Ван-Гизону и Вейгерту, увеличение 400x; б) формирующийся рубец дермы в проекции термического ожога на 19-е сут эксперимента; окрашивание гематоксилином и эозином, увеличение 100x

Fig. 2. Control group (without treatment): а) collagen fibers formed in granulation tissue on Day 9 of the experiment; Weigert and Van Gieson stain, magnification 400x; б) forming dermal scar in the projection of the thermal burn on Day 19 of the experiment; stained with hematoxylin and eosin, magnification 100x

фаза экссудации сменялась пролиферацией, для чего характерно проявление процессов восстановления и замещения поврежденных тканей с выходом из сосудов молекул фибриногена и образования фибрина. При этом функционально активные фибробласты и сформированные коллагеновые волокна с хаотичной ориентацией создают рубцовую ткань, представленную к 19-м сут эксперимента рубцом в дермальном слое кожи.

В первой опытной группе на фоне местного лечения 10%-й метилурациловой мазью на 9-е сут эксперимента отмечали полную эпителизацию и развитие рубца в дермальном слое, представленного преимущественно грануляционной тканью, инфильтрированной лимфоцитами и гранулоцитами. К 19-м сут эпидермис в области дефекта был утолщен, рубец состоял преимущественно из коллагеновых волокон и фокусов грануляционной ткани.

Во второй опытной группе на фоне лечения Si-Zn-B-гелем на 9-е сут эксперимента также отмечали

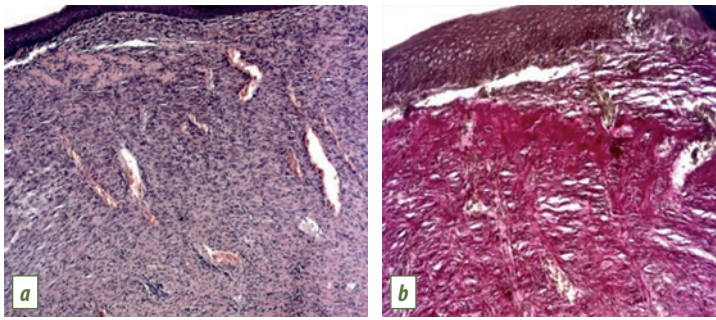


Рис. 3. Первая опытная группа (с применением 10%-й метилурациловой мази для лечения) на 9-е сут эксперимента: а) формирующийся рубец в дермальном слое кожи в проекции термического ожога; окрашивание гематоксилином и эозином, увеличение 100х; б) рубец дермального слоя в проекции термического ожога; окрашивание по Ван-Гизону и Вейгерту, увеличение 100х

Fig. 3. Experimental Group 1 (10% methyluracil ointment used for treatment) on Day 9 of the experiment: a) a scar forming in the dermal layer in the projection of a thermal burn; stained with hematoxylin and eosin, magnification of 100x; b) scar of the dermal layer in the projection of a thermal burn; Weigert and Van Gieson staining, magnification 100x

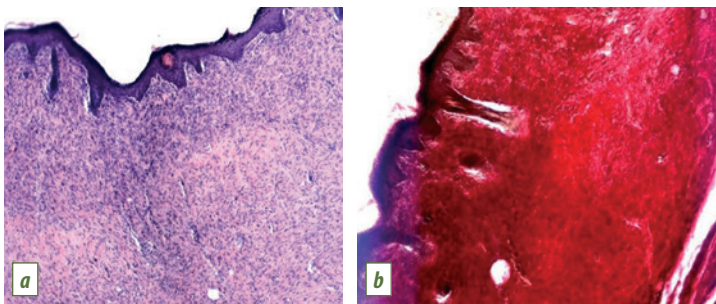


Рис. 4. Первая опытная группа (с применением 10%-й метилурациловой мази для лечения) на 19-е сут эксперимента: а) рубец дермального слоя в проекции термического ожога; окрашивание гематоксилином и эозином, увеличение 100х; б) рубец дермального слоя; окрашивание по Ван-Гизону и Вейгерту, увеличение 100х

Fig. 4. Experimental group 1 (10% methyluracil ointment used for treatment) on Day 19 of the experiment: a) scar of the dermal layer in the projection of the thermal burn; staining with hematoxylin and eosin, magnification of 100x; b) scar of the dermal layer; Weigert and Van Gieson staining, magnification 100x

полную эпителизацию ожоговой поверхности, при этом в грануляционной ткани дермального слоя кожи преобладали волокнистые структуры, и к 19-м сут формировался зрелый рубец с продольно ориентированными коллагеновыми волокнами. При сравнении результатов лечения ожога 10%-й метилурациловой мазью (рис. 3а) и Si-Zn-B-гелем (рис. 5а) на 9-е сут можно сделать вывод об эффективности разрабатываемого гидрогеля, который запускает процесс грануляции, в результате чего образуется молодая соединительная ткань, обуславливающая процесс заживления тканей, тогда как применение метилурацила сразу приводит к образованию рубцовой ткани.

Проведение экспериментальных исследований на высокопродуктивных коровах с целью изучения эффективности использования Si-Zn-B-геля в терапии гиперкератоза сосков вымени показало уменьшение

количества четвертей, имеющих выраженные изменения в области верхушки соска. По окончании опытного периода (через 7 дней) в группе животных, где использовался гидрогель, установлена регенерация эпидермы сосков, количество сосков с физиологической структурой увеличилось до 27,8%. Через 14 дней с момента применения Si-Zn-B-геля зафиксировали значительное снижение поражений сосков тяжелой формой гиперкератоза, при этом количество сосков, соответствующих физиологической норме, составило 72,2%. По истечении 21 дня после окончания опытного периода проведенной диагностикой на наличие гиперкератоза установили, что состояние сосков молочной железы остается на достигнутом уровне с тенденцией к улучшению параметров (рис. 6а).

Результаты исследования показали, что у животных контрольной группы после лечения с использованием 10%-й метилурациловой мази количество сосков с радиальными трещинами уменьшилось в 2,7 раза, а количество сосков вымени, соответствующих физиологической норме, составило 38,9%. По прошествии 14 дней после применения схемы лечения гиперкератоза 10%-й метилурациловой мазью у животных не выявили осложненную форму, а количество сосков, соответствующих физиологическим параметрам, составило 84,1%. Исследование, выполненное после завершения курса лечения (через 21 день), показало склонность к ухудшению состояния сосков молочной железы, что, скорее всего, связано с воздействием негативных факторов технологии доения и содержания животных. Так, установлено уменьшение количества здоровых сосков молочной железы на 15,5%, увеличение количества сосков с гиперкератозом в 2 раза – до 31,4% (рис. 6б). В то время как в опытной группе у животных, содержащихся в тех же условиях, установлено улучшение состояния верхушки сосков: количество сосков с гиперкератозом сократилось до 13,9%, а количество сосков, соответствующих физиологическим параметрам, составило 86,1%. Данные изменения могут свидетельствовать о наличии пролонгированного действия и более эффективном применении Si-Zn-B-геля в сравнении с 10%-й метилурациловой мазью.

В период экспериментального исследования проводились измерения диаметра круговых мозолей, которые позволили установить, что под действием обоих средств происходит постепенное сокращение размеров поражений. В опытной и контрольной группах коров средний диаметр мозоли уменьшился в 1,6 раза. Так, на начало и конец опыта у животных опытной группы размер составил 7,8 и 4,8 мм соответственно, в контрольной группе в начале исследования средний диаметр находился на уровне 7,9 мм, к концу опыта он уменьшился до 4,9 мм.

Ультразвуковое исследование позволило установить изменения в сосковых каналах в виде уменьшения объемов пораженной ткани в области наружного отверстия соскового канала, что представлено на снимке гиперэхогенной тканью с окончательным восстановлением к 14-му дню после завершения терапии (рис. 7).

Состояние молочной железы коров оценивали путем исследования каждой четверти вымени на наличие клинической и субклинической форм мастита. В результате у коров опытной группы установлено присутствие

скрытого воспаления (резко положительная и положительная реакции) в 61,1% четвертей. По истечении опытного периода количество долей с сомнительной и отрицательной реакциями на субклинический мастит увеличилось на 8,3 и 12,3% соответственно. Наблюдали снижение на 16,7% случаев положительной реакции на скрытый мастит, в то же время у животных выявлено незначительное повышение проявления клинической формы мастита – на 2,7%, что, скорее всего, связано с имеющимися погрешностями в технологии машинного доения, а не с эффективностью применения разработанного глицерогидрогеля (рис. 8а). В контрольной группе доля диагностируемого клинического мастита до начала применения терапии и по окончании составила 5,6%, однако наблюдалось снижение количества долей вымени с сомнительной и отрицательной реакциями на субклинический мастит на 5,6 и 11,1% соответственно (рис. 8б).

В начале исследований в опытной группе животных 33% проб молока имели слабоположительную реакцию на наличие примеси крови, в то время как в контрольной группе все пробы молока дали отрицательный результат. По истечении экспериментального

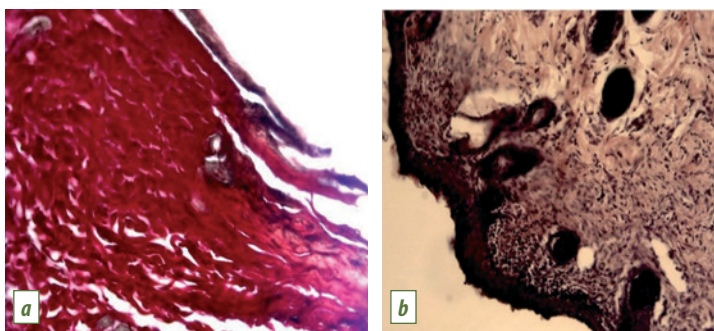


Рис. 5. Вторая опытная группа (лечение с применением Si-Zn-B-геля): а) область ожога на 9-е сут эксперимента; окрашивание гематоксилином и эозином, увеличение 100х; б) фиброзный рубец в дермальном слое кожи на 19-е сут эксперимента; окрашивание по Ван-Гизону и Вейгерту, увеличение 200х

Fig. 5. Experimental Group 2 (treatment with Si-Zn-B-gel): а) burn area on Day 9 of the experiment; staining with hematoxylin and eosin, magnification 100x; б) fibrous scar in the dermal layer on Day 19 of the experiment; Weigert and Van Gieson staining, magnification of 200x

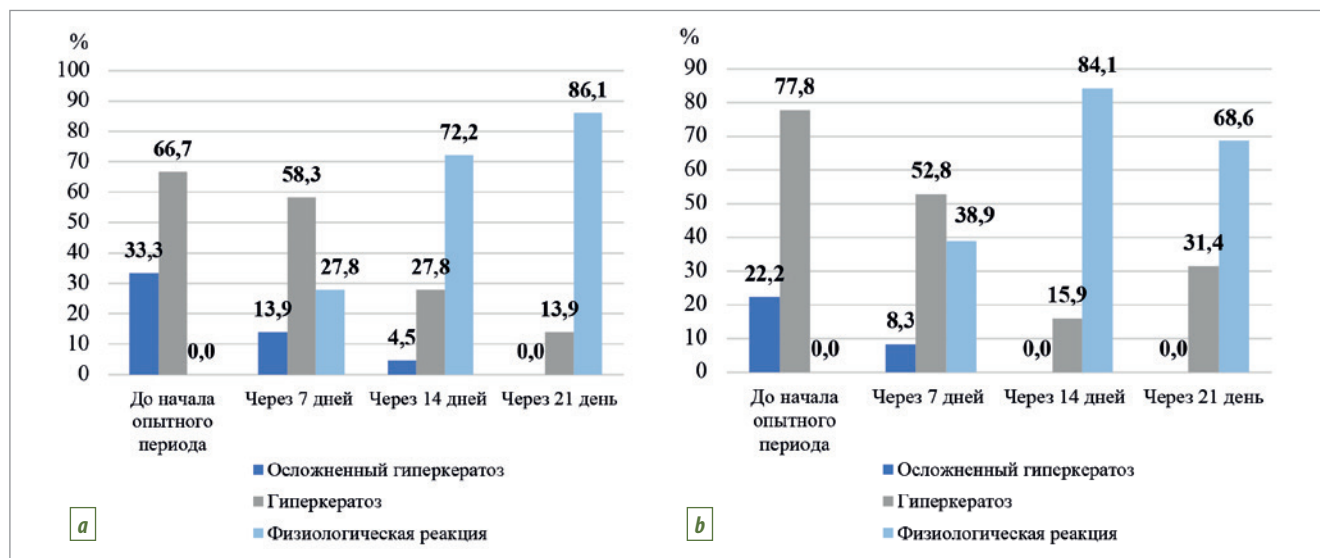


Рис. 6. Результаты исследования сосков молочной железы коров на фоне терапии:

а) опытная группа – использование Si-Zn-B-геля; б) контрольная группа – использование 10%-й метилурациловой мази

Fig. 6. Results of the cows' teats examination during the treatment process: а) experimental group – use of Si-Zn-B-gel; б) control group – use of 10% methyluracil ointment

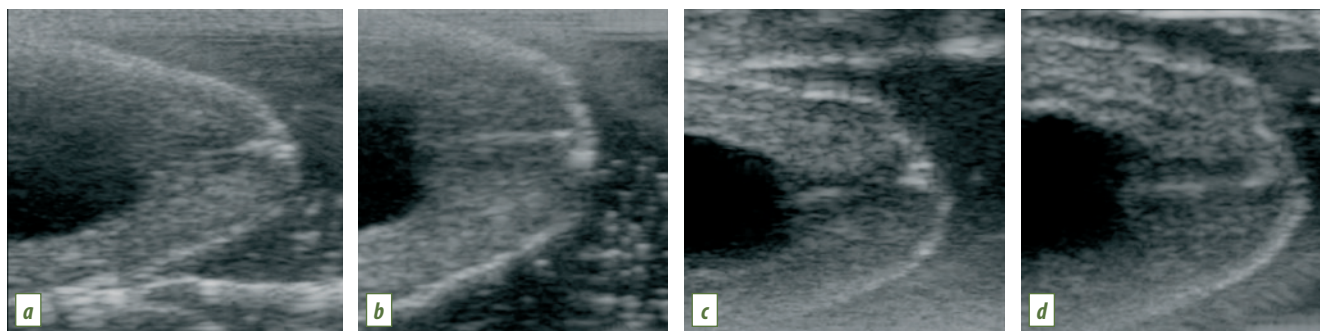


Рис. 7. Ультразвуковая картина соскового канала: а) до применения Si-Zn-B-геля;

б) после применения Si-Zn-B-геля; в) через 7 дней после терапии; д) через 14 дней после терапии

Fig. 7. Ultrasound examination of the teat canal: а) before the use of Si-Zn-B-gel; б) after the use of Si-Zn-B-gel; в) on Day 7 after the use; д) on Day 14 after the use

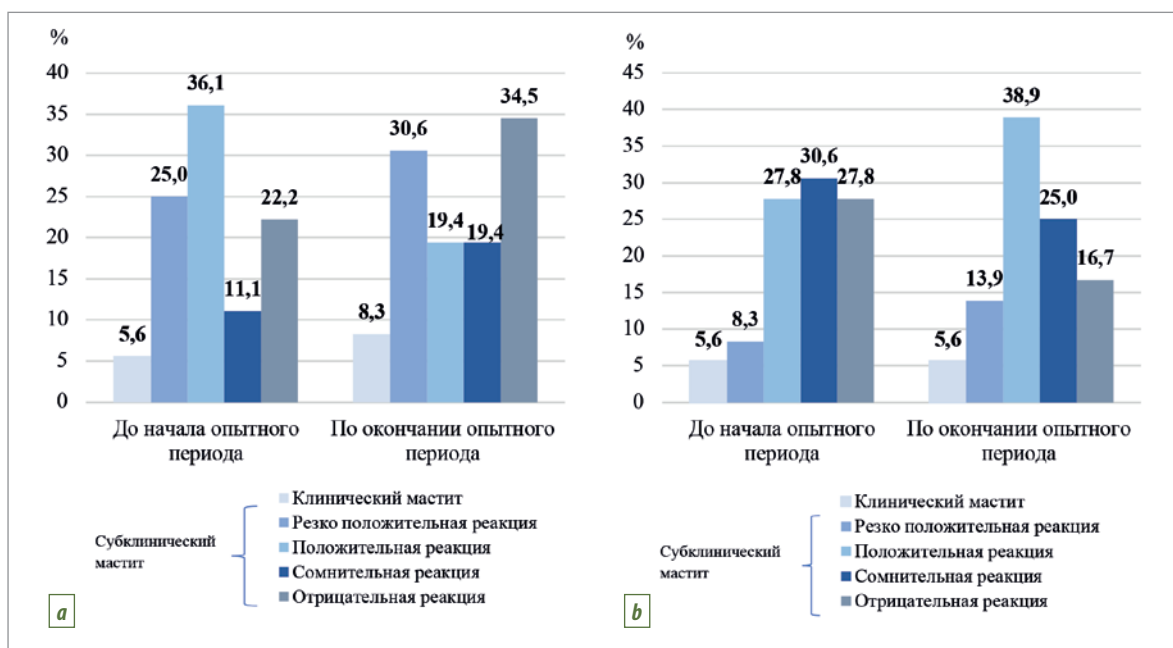


Рис. 8. Распространение мастита на фоне терапии:

a) опытная группа – применение Si-Zn-B-геля;

b) контрольная группа – применение 10%-й метилурациловой мази

Fig. 8. Mastitis incidence rate during the treatment:

a) experimental group – use of Si-Zn-B-gel; b) control group – use of 10% methyluracil ointment

периода пробы молока от коров опытной группы показали отрицательный результат, в контрольной группе выявлен один положительный результат.

Исследование молока от животных обеих групп по таким показателям, как жир, белок, сухой обезжиренный молочный остаток (СОМО) и плотность, показало отсутствие значительных различий между группами (табл. 2).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оценка специфического ранозаживляющего эффекта терапевтических средств показала, что к концу опытного периода на фоне лечения термического ожога Si-Zn-B-гелем у крыс формировался зрелый рубец с продольно ориентированными коллагеновыми волокнами, а в группе животных, получавших местное лечение 10%-й метилурациловой мазью, наблюдалось утолщение эпидермиса, в состав рубцовой ткани входили коллагеновые волокна и фокусы грануляционной ткани. Сроки лечения в опытных группах составили одинаковое количество дней, однако применение Si-Zn-B-геля способствовало улучшению морфоструктурных показателей, что свидетельствует о перспективности его использования.

Полученные при применении Si-Zn-B-геля в лечении коров данные подтверждают его терапевтическую эффективность. Так, увеличивается количество не пораженных воспалительным процессом четвертой вымени; повышается количество сосков молочной железы, не имеющих гиперкератоза; регистрируется уменьшение диаметра мозоли в области верхушки соска. Определили положительное влияние разработанного средства на ткани сосков вымени коров, подтвержденное ультразвуковым исследованием, в процессе которого отметили сокращение объемов пораженных тканей в области наружного отверстия соскового канала.

Сравнительная оценка применения Si-Zn-B-геля и 10%-й метилурациловой мази позволила выявить наличие пролонгированного действия у первого, что обусловлено более длительным терапевтическим действием. Так, в опытной группе на протяжении всего периода наблюдений происходило снижение диагностируемого гиперкератоза сосков, в то время как в контрольной группе сначала отмечалось сокращение количества животных с гиперкератозом сосков, а затем – увеличение. Похожие данные наблюдали и при диагностике скрытых воспалительных заболеваний в молочной железе коров. Полученные результаты показывают эффективность разработанного Si-Zn-B-геля в связи с его выраженной ранозаживляющей, регенерирующей, антибактериальной, фунгицидной активностью и наличием пролонгированного действия, что дает возможность рекомендовать его к использованию в схемах лечения заболеваний сосков вымени у лактирующих коров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Донник И. М., Шкуратова И. А., Исаева А. Г., Бейкин Я. Б., Якубенко Е. В. Оценка иммунного статуса коров в зависимости от продуктив-

Таблица 2

Анализ качества молока коров опытной и контрольной групп

Table 2

Milk quality assessment in experimental and control groups

Группа животных	Жир, %	Белок, %	СОМО, %	Плотность, °А
Контрольная	4,68 ± 3,10	3,02 ± 0,49	7,90 ± 1,23	26,25 ± 6,03
Опытная	3,95 ± 3,14	3,05 ± 0,40	7,99 ± 0,83	27,16 ± 5,03

P ≤ 0,05.

ности, сезона года, физиологического состояния и генотипа. *Ветеринария Кубани*. 2013; 1: 5–7. EDN: PVOQET.

2. Конопельцев И. Г. Заболеваемость коров маститом в условиях сельхозпредприятий Кировской области. *Инновации и достижения в сельском хозяйстве: материалы II Всероссийской (национальной) научно-практической конференции (22 декабря 2020 г.)*. Киров: ФГБОУ ВО Вятская ГСХА; 2020; 30–36. EDN: CZYYRT.

3. Тарасенко М. Н. Совершенствование методов профилактики маститов у высокопродуктивных коров: дис. ... канд. вет. наук. Екатеринбург; 2016. 172 с. EDN: WOQLYH.

4. Ушвицкий Л. И., Диденко Е. С. Проблемы обеспечения продовольственной независимости России в сфере молочной промышленности. *Вестник Северо-Кавказского федерального университета*. 2023; (3): 171–177. DOI: 10.37493/2307-907X.2023.3.19.

5. Барашкин М. И., Лоретц О. Г., Баркова А. С., Елесин А. В., Шурманова Е. И., Мильштейн И. М. Гиперкератоз сосков вымени коров при промышленном производстве молока. *Ветеринария и кормление*. 2018; 2: 13–16. DOI: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2018-2-3.

6. Климов Н. Т., Зимников В. И., Сашнина Л. Ю., Моргунова В. И., Адодина М. И. Содержание провоспалительных цитокинов в крови и показатели иммунного статуса больных субклиническим маститом коров. *Ветеринарный фармакологический вестник*. 2020; 1 (10): 181–189. DOI: 10.17238/issn2541-8203.2020.1.181.

7. Pantoja J. C. F., Correia L. B. N., Rossi R. S., Latosinski G. S. Association between teat-end hyperkeratosis and mastitis in dairy cows: A systematic review. *J. Dairy Sci.* 2020; 103 (2): 1843–1855. DOI: 10.3168/jds.2019-16811.

8. Vierbauch T., Peinhopf-Petz W., Wittek T. Effects of milking, over-milking and vacuum levels on front and rear quarter teats in dairy cows. *J. Dairy Res.* 2021; 88 (4): 396–400. DOI: 10.1017/S0022029921000807.

9. Елесин А. В., Баркова А. С. Заболевания сосков вымени. *Животноводство России*. 2008; 8: 47–48. EDN: JUOFOR.

10. Манжурина О. А., Климов Н. Т., Пархоменко Ю. С., Зимников В. И., Перепелкина И. С., Семенова Е. В. Микрофлора молока клинически здоровых и больных маститом коров. *Ветеринария*. 2020; 3: 38–40. DOI: 10.30896/0042-4846.2020.23.3.38-40.

11. Demba S., Hoffmann G., Ammon C., Rose-Meierhöfer S. Sensor-based detection of the severity of hyperkeratosis in the teats of dairy cows. *Sensors (Basel)*. 2018; 18 (11):3925. DOI: 10.3390/s18113925.

12. Leitner G., Lavon Y., Merin U., Jacoby S., Blum S., Krifucks O., Silanikova N. Milk quality and milk transformation parameters from infected mammary glands depends on the infecting bacteria species. *PLoS One*. 2019; 14 (7):e0213817. DOI: 10.1371/journal.pone.0213817.

13. Loretts O. G., Barkova A. S., Elesin A. V., Khonina T. G., Shurmanova E. I., Barashkin M. I., Milstein I. M. Dissemination, etiology, pathogenesis and treatment of cattle teat diseases in agricultural organizations of the Sverdlovsk Region of Russian Federation. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2018; 9 (5): 1867–1882. EDN: WWTXXX.

14. Stauffer C., Van der Vekens E., Stoffel M. H., Schweizer D., Bruckmaier R. M. Increased teat wall thickness in response to machine milking. *J. Dairy Sci.* 2021; 104 (8): 9082–9092. DOI: 10.3168/jds.2021-20294.

15. Wieland M., Scholbach T. M., Shirky S., Virkler P. D., Nydam D. V., Cheong S. H., Porter I. R. Technical note: Development and evaluation of a standardized technique to assess blood perfusion in teats of dairy cows using power Doppler ultrasonography. *J. Dairy Sci.* 2019; 102 (10): 9488–9494. DOI: 10.3168/jds.2019-16670.

16. Хонина Т. Г., Чупахин О. Н., Кунгуров Н. В., Зильберберг Н. В., Евстигнеева Н. П., Кохан М. М. и др. Синтез и фармакологическая активность кремнийцинборсодержащего глицерогидрогеля. *Известия Академии наук. Серия химическая*. 2019; (8): 1621–1628. EDN: BNZPLL.

17. Khonina T. G., Kungurov N. V., Zilberberg N. V., Evstigneeva N. P., Kokhan M. M., Polishchuk A. I., et al. Structural features and antimicrobial activity of hydrogels obtained by the sol-gel method from silicon, zinc, and boron glycerolates. *J. Sol-Gel Sci. Technol.* 2020; 95 (3): 682–692. DOI: 10.1007/s10971-020-05328-6.

18. Чупахин О. Н., Хонина Т. Г., Кунгуров Н. В., Зильберберг Н. В., Евстигнеева Н. П., Кохан М. М. и др. Кремнийборсодержащий глицерогидрогель обладающий ранозаживляющей, регенерирующей и антимикробной активностью. *Известия Академии наук. Серия химическая*. 2017; (3): 558–563. EDN: YHPPZN.

19. Париков В. А., Нежданов А. Г., Слободяник В. И., Юрков В. М. Мастит коров. В кн.: *Комплексная экологически безопасная система ветеринарной защиты здоровья животных: методические рекомендации*. М.: Росинформгротех; 2000; 111–132. EDN: VTKZWR.

20. Wieland M., Melvin J. M., Virkler P. D., Nydam D. V., Heuwieser W. Technical note: Development and evaluation of a standard operating procedure for ultrasound-based measurements of teat canal dimensions in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 2018; 101 (2): 1518–1523. DOI: 10.3168/jds.2017-13326.

REFERENCES

1. Donnik I. M., Shkuratova I. A., Isaeva A. G., Beykin Ya. B., Yakubenko E. V. Evaluation of immunestatus of cows depending on productivity, season, physiological state and genotype. *Veterinaria Kubani*. 2013; 1: 5–7. EDN: PVOQET. (in Russ.)

2. Konopeltsev I. G. Zabolevaemost' korov mastitom v usloviyakh sel'khozpredpriatii Kirovskoi oblasti = Incidence rate of mastitis in cows in agricultural holdings of Kirov Oblast. *Innovatsii i dostizheniya v sel'skom khozyaistve: materialy II Vserossiiskoi (natsional'noi) nauchno-prakticheskoi konferentsii (22 dekabrya 2020 g.)* = Innovations and achievements in agriculture: Materials of the II All-Russian (national) Scientific and Practical Conference (December 22, 2020). Kirov: FSBEI HE Vyatka SAA; 2020; 30–36. EDN: CZYYRT. (in Russ.)

3. Tarasenko M. N. Improving methods of mastitis prevention in high producing dairy cows: Thesis for degree of Candidate of Science (Veterinary Medicine). Ekaterinburg; 2016. 172 p. EDN: WOQLYH. (in Russ.)

4. Ushvitskiy L. I., Didenko E. S. Problems of food independence of Russia in the dairy industry. *Newsletter of North-Caucasus Federal University*. 2023; (3): 171–177. DOI: 10.37493/2307-907X.2023.3.19. (in Russ.)

5. Barashkin M. I., Loretz O. G., Barkova A. S., Elesin A. V., Shurmanova E. I., Milstein I. M. Hyperkeratosis of nipples in cows during industrial milk production. *Veterinaria i kormlenie*. 2018; 2: 13–16. DOI: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2018-2-3. (in Russ.)

6. Klimov N. T., Zimnikov V. I., Sashnina L. Yu., Morgunova V. I., Adodina M. I. Blood content of proinflammatory cytokines and indicators of the immune status of cows with subclinical mastitis. *Bulletin of veterinary pharmacology*. 2020; 1 (10): 181–189. DOI: 10.17238/issn2541-8203.2020.1.181.

7. Pantoja J. C. F., Correia L. B. N., Rossi R. S., Latosinski G. S. Association between teat-end hyperkeratosis and mastitis in dairy cows: a systematic review. *J. Dairy Sci.* 2020; 103 (2): 1843–1855. DOI: 10.3168/jds.2019-16811.

8. Vierbauch T., Peinhopf-Petz W., Wittek T. Effects of milking, over-milking and vacuum levels on front and rear quarter teats in dairy cows. *J. Dairy Res.* 2021; 88 (4): 396–400. DOI: 10.1017/S0022029921000807.

9. Elesin A. V., Barkova A. S. Diseases of udder nipples. *Animal Husbandry of Russia*. 2008; 8: 47–48. EDN: JUOFOR. (in Russ.)

10. Manzhurina O. A., Klimov N. T., Parkhomenko Yu. S., Zimnikov V. I., Perpelkina I. S., Semenova E. V. Milk microflora of clinically healthy and mastitis diseased cows. *Veterinariya*. 2020; 3: 38–40. DOI: 10.30896/0042-4846.2020.23.3.38-40. (in Russ.)

11. Demba S., Hoffmann G., Ammon C., Rose-Meierhöfer S. Sensor-based detection of the severity of hyperkeratosis in the teats of dairy cows. *Sensors (Basel)*. 2018; 18 (11):3925. DOI: 10.3390/s18113925.

12. Leitner G., Lavon Y., Merin U., Jacoby S., Blum S., Krifucks O., Silanikova N. Milk quality and milk transformation parameters from infected mammary glands depends on the infecting bacteria species. *PLoS One*. 2019; 14 (7):e0213817. DOI: 10.1371/journal.pone.0213817.

13. Loretts O. G., Barkova A. S., Elesin A. V., Khonina T. G., Shurmanova E. I., Barashkin M. I., Milstein I. M. Dissemination, etiology, pathogenesis and treatment of cattle teat diseases in agricultural organizations of the Sverdlovsk Region of Russian Federation. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2018; 9 (5): 1867–1882. EDN: WWTXXX.

14. Stauffer C., Van der Vekens E., Stoffel M. H., Schweizer D., Bruckmaier R. M. Increased teat wall thickness in response to machine milking. *J. Dairy Sci.* 2021; 104 (8): 9082–9092. DOI: 10.3168/jds.2021-20294.

15. Wieland M., Scholbach T. M., Shirky S., Virkler P. D., Nydam D. V., Cheong S. H., Porter I. R. Technical note: Development and evaluation of a standardized technique to assess blood perfusion in teats of dairy cows using power Doppler ultrasonography. *J. Dairy Sci.* 2019; 102 (10): 9488–9494. DOI: 10.3168/jds.2019-16670.

16. Khonina T. G., Chupakhin O. N., Kungurov N. V., Zilberberg N. V., Evstigneeva N. P., Kokhan M. M., et al. Synthesis and pharmacological activity of a silicon-zinc-boron-containing glycerohydrogel. *Russian Chemical Bulletin, International Edition*. 2019; 68 (8): 1621–1628. DOI: 10.1007/s11172-019-2601-5.

17. Khonina T. G., Kungurov N. V., Zilberberg N. V., Evstigneeva N. P., Kokhan M. M., Polishchuk A. I., et al. Structural features and antimicrobial activity of hydrogels obtained by the sol-gel method from silicon, zinc, and boron glycerolates. *J. Sol-Gel Sci. Technol.* 2020; 95 (3): 682–692. DOI: 10.1007/s10971-020-05328-6.

18. Chupakhin O. N., Khonina T. G., Kungurov N. V., Zilberberg N. V., Evstigneeva N. P., Kokhan M. M., et al. Silicon-boron-containing glycerohydrogel having wound healing, regenerative, and antimicrobial activity. *Russian Chemical Bulletin, International Edition*. 2017; 66 (3): 558–563. DOI: 10.1007/s11172-017-1771-2.

19. Parikov V. A., Nezhdanov A. G., Slobodyanik V. I., Yurkov V. M. Mastitis of cows. In: *Integrated environmentally safe animal health system: methodological recommendations*. Moscow: Rosinformagrotech; 2000; 111–132. EDN: VTKZWR. (in Russ.)

20. Wieland M., Melvin J. M., Virkler P. D., Nydam D. V., Heuwieser W. Technical note: Development and evaluation of a standard operating procedure for ultrasound-based measurements of teat canal dimensions in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 2018; 101 (2): 1518–1523. DOI: 10.3168/jds.2017-13326.

Поступила в редакцию / Received 11.09.2023
Поступила после рецензирования / Revised 26.09.2023
Принята к публикации / Accepted 11.10.2023

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Дроздова Людмила Ивановна, доктор ветеринарных наук, профессор, заведующий кафедрой морфологии и экспертизы ФГБОУ ВО Уральский ГАУ, г. Екатеринбург, Россия; <https://orcid.org/0000-0001-9689-1781>, e-mail: drozdova43@mail.ru.

Баркова Анна Сергеевна, доктор ветеринарных наук, доцент, заведующий кафедрой производства и экспертизы качества сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО «КТГУ», г. Калининград, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-2602-6810>, e-mail: barkova.as@mail.ru.

Исакова Мария Николаевна, кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник отдела репродуктивной биологии и неонатологии ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия; <https://orcid.org/0000-0001-7130-5627>, e-mail: tmarya105@yandex.ru.

Ларионов Леонид Петрович, профессор, доктор медицинских наук, профессор кафедры фармакологии и клинической фармакологии ФГБОУ ВО УГМУ Минздрава России, г. Екатеринбург, Россия; e-mail: leonid-larionov@mail.ru.

Пермикин Василий Викторович, младший научный сотрудник технологической лаборатории ИОС УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-8821-0920>, e-mail: vasilyj_permikin@mail.ru.

Стариков Никита Михайлович, кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник лаборатории иммунологии и патобиохимии ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия; e-mail: info@urnivi.ru.

Хонина Татьяна Григорьевна, доктор химических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории органических материалов ИОС УрО РАН; профессор кафедры почвоведения, агроэкологии и химии имени профессора Н. А. Иванова ФГБОУ ВО Уральский ГАУ, г. Екатеринбург, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-8746-7046>, e-mail: khonina@mail.ru.

Lyudmila I. Drozdova, Doctor of Science (Veterinary Medicine), Professor, Head of the Department of Morphology and Expertise, FSBEI HE Ural SAU, Ekaterinburg, Russia; <https://orcid.org/0000-0001-9689-1781>, e-mail: drozdova43@mail.ru.

Anna S. Barkova, Doctor of Science (Veterinary Medicine), Associate Professor, Head of Department of Production and Quality Expertise of Agricultural Products, FSBEI HE "KSTU", Kaliningrad, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-2602-6810>, e-mail: barkova.as@mail.ru.

Mariya N. Isakova, Candidate of Science (Veterinary Medicine), Senior Researcher, Department of Reproductive Biology and Neonatology, FSBSI UrFASRC, UrB of RAS, Ekaterinburg, Russia; <https://orcid.org/0000-0001-7130-5627>, e-mail: tmarya105@yandex.ru.

Leonid P. Larionov, Professor, Doctor of Science (Medicine), Professor of the Department of Pharmacology and Clinical Pharmacology, FSBI HPE "USMU" MOH Russia, Ekaterinburg, Russia; e-mail: leonid-larionov@mail.ru.

Vasilyj V. Permikin, Junior Researcher, Technological Laboratory, IOS UB RAS, Ekaterinburg, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-8821-0920>, e-mail: vasilyj_permikin@mail.ru.

Nikita M. Starikov, Candidate of Science (Veterinary Medicine), Senior Researcher, Laboratory of Immunology and Pathobiochemistry, FSBSI UrFASRC, UrB of RAS, Ekaterinburg, Russia; e-mail: info@urnivi.ru.

Tat'yana G. Khonina, Doctor of Science (Chemistry), Leading Researcher, Laboratory of Organic Materials, IOS UB RAS; Professor of the Department of Soil Science, Agroecology and Chemistry named after professor N. A. Ivanov, FSBEI HE Ural SAU, Ekaterinburg, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-8746-7046>, e-mail: khonina@mail.ru.