

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ТЕРМОГРАФИИ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЗАБОЛЕВАНИЯ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ КОРОВ

Е.Л. Жилич, заведующий лабораторией

Ю.Н. Рогальская, младший научный сотрудник

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

E-mail: nrc_mol@mail.ru

Д.Н. Колоско, кандидат технических наук, доцент

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»

E-mail: kolosko.mmmdm@bsatu.by

Аннотация. На многих молочно-товарных фермах используются различные схемы борьбы с заболеваниями молочной железы и оздоровления стад от них. Ежемесячные исследования секрета вымени с диагностическими реактивами позволяют проводить мониторинг состояния вымени у коров в стадах, однако применение таких реактивов является дорогостоящим. Использование в ветеринарной практике новых методов диагностики позволяет повысить эффективность ветеринарного контроля и предупредить распространение инфекции. Из новых диагностических технологий в рамках исследований молочной железы в настоящее время приобретает популярность диагностика патологий молочной железы при помощи тепловидения. Данный метод основан на регистрации видимого изображения собственного инфракрасного излучения поверхности тела с помощью специальных приборов – термографов. На ранних стадиях заболевания применение данных приборов является наиболее эффективным, поскольку можно идентифицировать локальное изменение температуры отдельных частей вымени либо увеличение местной температуры тела. Применение тепловизионной диагностики, как безвредного и неинвазивного метода исследований, позволит применять ее многократно и наблюдать процессы в динамике. В комплексе с другими методами исследования термография поможет определить наличие поверхностных новообразований вымени, которые могут быть скрыты, а также уточнить их размеры и локализацию.

Ключевые слова: термография, температура, молочная железа, мастит, термограмма, тепловизор, график, симметричность, отклонение.

Введение. Машинное доение коров – один из базовых технологических процессов в производстве молока, от уровня развития которого во многом зависит эффективность молочного скотоводства. Воздействие негативных факторов машинного доения является ведущей причиной поражений сосков вымени высокопродуктивного скота таким заболеванием, как мастит. На сегодняшний день оценка влияния доильного аппарата на состояние сосков и вымя основана только на визуальных наблюдениях. Известные на данный момент способы и устройства для измерения физиологических показателей молочного стада, контролирующие процесс доения, имеют ограничения в применении в производстве и требуют чрезмерных затрат времени и средств. Кроме того, дальнейшее

совершенствование технологии машинного доения требует создания новых методов для раннего выявления различных форм мастита. Одним из новых методов исследования молочной железы крупного рогатого скота является тепловидение, основанное на регистрации видимого изображения собственного инфракрасного излучения поверхности тела с помощью специальных приборов – термографов.

Цель и задачи исследования – аналитические исследования опубликованных работ по основным проблемам и задачам совершенствования методов тепловизионной диагностики патологических заболеваний молочной железы коров.

Материалы и методы исследований. При исследовании данного вопроса были ис-

пользованы методы сбора, анализа и обработки материала из литературных источников, а также данные термографических исследований, проводимых РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству».

Результаты исследований и их обсуждения. Абсолютно все тела, независимо от их природы, испускают электромагнитные волны в достаточно широком диапазоне длин волн, в т. ч. и инфракрасное излучение, иначе называемое тепловым. Регистрируя инфракрасное излучение обследуемого объекта, тепловизор формирует визуально видимое изображение на своем дисплее.

Тепловизионное исследование не требует использования для животных анестезии и не подвергает их воздействию потенциально опасного излучения, поэтому этот диагностический метод абсолютно безвреден, не имеет противопоказаний и может служить средством массового профилактического обследования дойного стада, поскольку позволяет наблюдать изменения в распределении поверхностной температуры на ранних стадиях развития патологий. Также термографию применяют при диспансеризации, в таких случаях термография может использоваться для выявления субклинических форм мастита.

Одним из главных условий формирования инфракрасного изображения объекта является наличие температурного контраста или контраста коэффициентов излучения между объектом и фоном, а в пределах контура объекта – между его отдельными элементами. Любые тела испускают электромагнитные волны, в т. ч. и инфракрасное или тепловое излучение. Верхняя граница ИК-излучения определяется светочувствительностью человеческого глаза и граничит с видимым светом с длиной волны 0,76 мкм, а нижняя граница достаточно условна (от 1000 до 2000 мкм) и перекрывается диапазоном радиоволн. В ИК-диапазоне есть участки, где излучение достаточно интенсивно поглощается атмосферой, окружающей исследуемый объект. Биологические объекты с температурой в диапазоне 31-42°C излучают в диапа-

зоне 6-50 мкм, а максимум спектральной плотности приходится на длину волны около 10 мкм. В животноводстве основным и наиболее часто используемым рабочим диапазоном тепловизионной аппаратуры являются диапазон от 3 до 5,5 мкм (средневолновой ИК-диапазон, или MWIR) и 8-14 мкм (длинноволновой ИК-диапазон, или LWIR). Именно в этих диапазонах длин волн помехи для их регистрации со стороны окружающей среды минимальны, а излучательная способность наблюдаемых объектов максимальна.

Говоря о распределении температуры тела, нельзя привести какую-либо норму или средний показатель, универсальный для всех животных. Можно руководствоваться лишь некоторыми особенностями распределения температуры тела и проводить сравнение симметричных участков тела, сопоставив термограмму обследуемого животного с аналогичной термограммой здорового.

Температура кожи у здоровых животных распределяется симметрично относительно оси, расположенной в медианной плоскости тела. Различная температура тела на симметричных участках или участках с разной толщиной кожи и глубиной залегания кровеносных сосудов служит основным критерием для тепловизионной диагностики патологического процесса [1]. Нередко тепловое распределение является более важным диагностическим параметром, чем абсолютная температура. Термограммы, полученные современными тепловизионными приборами, позволяют анатомически точно визуализировать поврежденные участки. Пример термограммы молочной железы коровы представлен на рисунке 1. У здоровых животных в норме присутствие естественных очагов более высокой местной температуры на поверхности тела. Наличие более теплых участков тела может быть связано со следующими факторами: отсутствие волосяного покрова; более интенсивное кровоснабжение по сравнению с соседними участками (особенно характерно для высокопродуктивного молочного стада); поверхностно расположенная сосудистая сеть; усиленная теплоотдача для охлаждения организма.

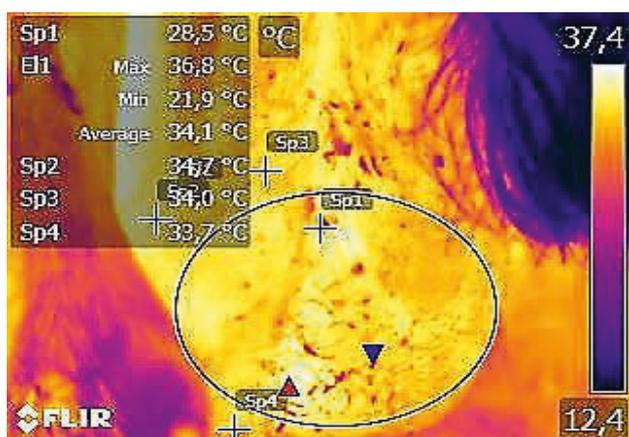
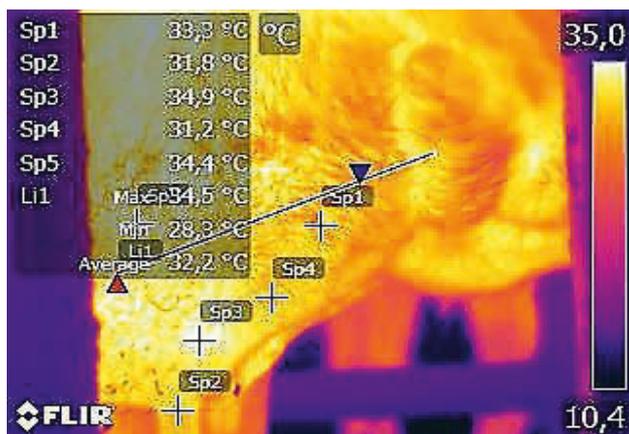


Рис. 1. Термограммы молочной железы коровы

Поэтому термограмму обязательно следует совмещать с другими методами обследования (осмотр, пальпация, сбор анамнеза). Также необходим индивидуальный подход с учетом единых качественных признаков для отдельных областей тела [2, 3].

Таким образом, при интерпретации термограммы необходимо в качестве условной нормы принимать температуру симметричного здорового участка тела, а также учитывать наличие мест с физиологическим повышением местной температуры. Разница температур симметричных участков не должна превышать 0,2-0,4°C.

В целом, на термограммах молочной железы видно, что самая высокая температура отмечается в паховой области вблизи соприкосновения с конечностями и в нижней трети вымени. Это связано с наличием большего количества соединительной ткани по сравнению с другими областями молочной железы. Однако на окончательный результат измерения и получаемое изображение влияет

ряд объективных и субъективных факторов, поэтому для их нивелирования перед тепловизионным исследованием коров тепловизор необходимо адаптировать к температуре окружающей среды [4, 5]. Помещение для термографического исследования должно быть закрытым, с постоянной температурой воздуха и без сквозняков, поскольку скачки температур могут значительно повлиять на окончательный результат.

Учитывая принцип работы тепловизионной камеры, на окончательный результат измерения и получаемое изображение влияет ряд объективных и субъективных факторов, которые можно разделить на три группы:

- конструктивные (ограничения технических параметров используемого прибора);
- патофизиологические (выраженность температурных колебаний у животного в патогенезе патологического процесса – хронические воспалительные процессы не характеризуются изменением температуры тела и его отдельных участков) [6];

- физические (условия проводимых измерений, поскольку наличие рядом с исследуемым животным источника более сильного теплового излучения, способного перекрыть таковое от самого животного, будет искажать и размывать тепловизионную картинку [7]).

Таким образом, вышеописанные группы факторов должны быть учтены и по возможности устранены для получения качественной тепловизионной картинки, которая будет иметь диагностическую ценность. Однако для более точной диагностики патологий молочной железы, помимо вышеуказанных факторов, необходимо проводить обработку термограмм для перехода от радиационных температур, регистрируемых тепловизором, к истинным температурам поверхности [8].

Обработка термограмм сводится к пересчету измеренных значений температур во всех точках термограмм с учетом калибровочной зависимости тепловизора. Обработка термограмм производится либо программными средствами непосредственно тепловизора, либо с помощью ЭВМ путем математической обработки записанного в оцифрованном виде теплового изображения.

Средства обработки термограмм часто встроены в программу, проводящую визуализацию температурного изображения объектов. Для проведения предварительного программного анализа выделяются точки или зоны интереса термограммы ROI (region of interest), в которых наблюдаются статические значения температуры или строятся ее временные зависимости. Проводя линию вдоль или поперек интересующего объекта на термограмме, можно построить температурный профиль, отображающий значения температуры в каждой точке проведенной линии [4-5].

В ходе обработки термограмм различными программными комплексами строятся графики распределения температур (градиент температур) симметрично относительно средней линии тела. Нарушение симметричности графиков служит основным критерием тепловизионной диагностики заболевания. Графики распределения температур у коров, болеющих различными формами мастита (серозным, катаральным, фибринозным), представлены на рисунке 2 (б, г). На рисунке 2а представлен график распределения температур у здоровой коровы.

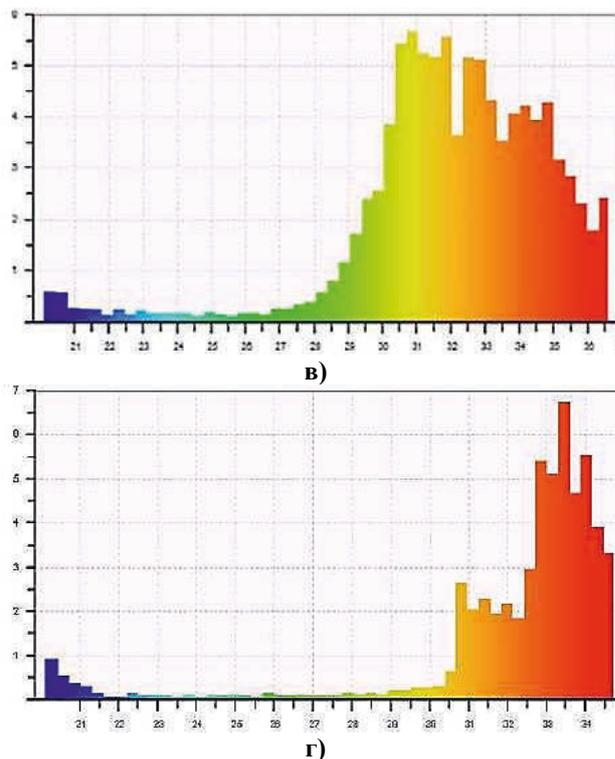
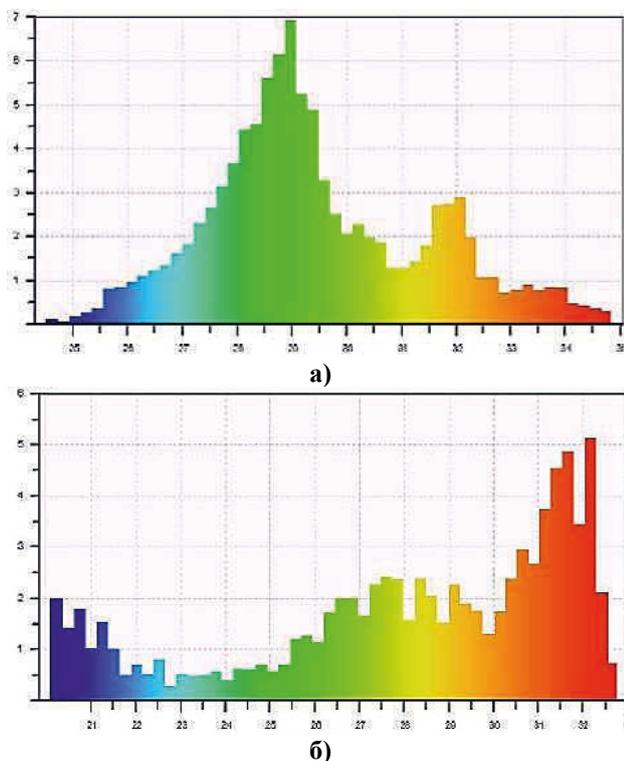


Рис. 2. Графики распределения температур: а – у здоровой коровы; б – у коровы с серозным маститом; в – у коровы с катаральным маститом; г – у коровы с фибринозным маститом

Статические термограммы отображают только пространственное распределение температур поверхности биологического объекта, динамические термограммы отображают как пространственное распределение температур, так и эволюцию этого распределения во времени. Исследования вымени коров, проведенные с применением термографии, свидетельствуют о том, что на термограммах отражается нарушение распределения температур симметрично относительно средней линии тела. Этот симптом служит основным критерием тепловизионной диагностики.

Выводы. Термография – безвредный и неинвазивный метод исследований, что позволяет применять его многократно, наблюдать процессы в динамике, а также использовать для раннего выявления патологических процессов при воспалении молочной железы коров. В комплексе с другими методами исследования термография помогает определить наличие поверхностных новообразований, которые могут быть скрыты, а также уточняет их размеры и локализацию.

Литература:

1. Медицинское тепловидение – современные возможности метода / А.Г. Шушарин и др. // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 4. С. 1-18.
2. Даценко А.В., Казьмин В.И. Использование дистанционной инфракрасной термографии в экспериментальной медицине при экстремальных воздействиях // Саратовский научно-медицинский журнал. 2016. № 12(4). С. 685-691.
3. Розенфельд Л.Г., Колотилов Н.Н. Дистанционная инфракрасная термография в онкологии // Онкология. 2001. № 2-3. С. 103-106.
4. Биометрия в животноводстве / Н.И. Коростелёва и др. Барнаул, 2009. 210 с.
5. Тепловизионные исследования в ветеринарной медицине / А.Л. Лях и др. Витебск, 2021. 26 с.
6. Тепловизионная биомедицинская диагностика / А.В. Скрипаль и др. Саратов, 2009. 118 с.
7. Evaluation of bovine teat condition in commercial dairy herds: non-infectious factors / Mein G.A. etc. // Proceedings of the 2nd International symposium on mastitis and milk quality. Vancouver, 2001. P. 347-351.
8. Infrared thermography and ultrasonography to indirectly monitor the influence of liner type and overmilking on teat tissue recovery / Paulrud C.O. etc. // Acta vet. Scand. 2005. Vol. 46. P. 137-147.

Literatura:

1. Medicinskoe teplovidenie – sovremennye vozmozhnosti metoda / A.G. SHusharin i dr. // Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya. 2011. № 4. S. 1-18.
2. Dacenko A.V., Kaz'min V.I. Ispol'zovanie distancionnoj infrakrasnoj termografii v eksperimental'noj medicine pri ekstremal'nyh vozdejstviyah // Saratovskij nauchno-meditsinskij zhurnal. 2016. № 12(4). S. 685-691.
3. Rozenfel'd L.G., Kolotilov N.N. Distancionnaya infrakrasnaya termografiya v onkologii // Onkologiya. 2001. № 2-3. S. 103-106.
4. Biometriya v zhivotnovodstve / N.I. Korostelyova i dr. Barnaul, 2009. 210 s.
5. Teplovizionnyye issledovaniya v veterinarnoj medicine / A.L. Lyah i dr. Vitebsk, 2021. 26 s.
6. Teplovizionnaya biomeditsinskaya diagnostika / A.V. Skripal' i dr. Saratov, 2009. 118 s.
7. Evaluation of bovine teat condition in commercial dairy herds: non-infectious factors / Mein G.A. etc. // Proceedings of the 2nd International symposium on mastitis and milk quality. Vancouver, 2001. P. 347-351.
8. Infrared thermography and ultrasonography to indirectly monitor the influence of liner type and overmilking on teat tissue recovery / Paulrud C.O. etc. // Acta vet. Scand. 2005. Vol. 46. P. 137-147.

APPLICATION OF THE THERMOGRAPHY METHOD FOR COWS MAMMARY GLANDS' DISEASE TO IDENTIFY

E.L. Zhilich, laboratory head

Yu.N. Rogalskaya, junior research worker

RUP "Belarus NPC NAN on agricultural mechanization"

D.N. Kolosko, candidate of technical sciences, docent

УО «Belarusian state agrarian technical university»

Abstract. *There on many dairy farms, are various schemes used for mammary gland diseases to cure and herds' health to improve. The udder secretion monthly studies with diagnostic reagents make it possible the condition of the udder in cows in herds to monitor, but such reagents using is expensive. The new diagnostic methods in veterinary practice using makes it possible the effectiveness of veterinary control to increase and the spread of infection to prevent. Among the mammary gland research in the framework of new diagnostic technologies, mammary gland pathologies' diagnosis by thermal imaging using is currently gaining popularity. This method is based on the visible image by its own body surface infrared radiation with special devices registration – thermographs using. In the early stages of the disease, these devices using is the most effective, since it is possible a local change in the udder individual parts temperature increasing in local body temperature to identify. The thermal imaging diagnostics using, as a harmless and non-invasive method of research, will allow it to be repeatedly to use and the processes in dynamics to observe. In combination with other research methods, thermography will help the superficial udder's neoplasms presence that may be hidden to determine, as well as their size and localization to clarify.*

Keywords: *thermography, temperature, mammary gland, mastitis, thermogram, thermal imager, graph, symmetry, deviation.*