

Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького  
Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies

ISSN 2518–7554 print  
ISSN 2518–1327 online

<http://nvlvet.com.ua/>

УДК 619:616-073.7:636.221.28:618.19-002

## Термографічна діагностика маститів і її контроль на мікроструктурному рівні

А.М. Пастернак<sup>1</sup>, П.М. Склярів<sup>2</sup>, О.Є. Жигалова<sup>1</sup>  
alinasasternak1805@gmail.com, skliarov.p.m@dsau.dp.ua, elena.zhigalova32@gmail.com

<sup>1</sup>Харківська державна зооветеринарна академія,  
с/мт Мала Данилівка, Дергачівський р-н, Харківська обл., 62341, Україна;  
<sup>2</sup>Дніпровський державний аграрно-економічний університет,  
вул. С. Єфремова, 25, м. Дніпро, Дніпропетровська обл., 49000, Україна

Головною метою, що диктується практикою ветеринарної медицини, є виявлення патологічного процесу в ранній період, високий рівень діагностики та чітка диференціація патологій. Застосування безпечних як для тварини, так і для лікаря методів діагностики з використанням інформаційно-технічних приладів забезпечує більш точні результати, дозволяє визначити вид запального процесу. Саме тому запропоновано дистанційно-безконтактну, неінвазивну діагностику маститів у корів лактаційного періоду з візуалізацією результатів у вигляді термограм. Метою роботи стала розробка та впровадження термографічної діагностики маститів з підтвердженням достовірності результату на мікроскопічному рівні.

Розроблена схема диференціації лактаційних маститів для дистанційної діагностики з використанням тепловізора, ефективність якої визначали гістологічним дослідженням зразків молочної залози з описанням патоморфологічних змін за різних форм маститу. Показано низький рівень чутливості термографічного методу в діагностиці прихованих форм запалення і високу чутливість за серозного, катарального та фібринозного маститів, підтверджену результатами гістологічних досліджень. Так, за серозного маститу термограма відображає ділянки набряків залежно від ступеня їх розвитку спектром «холодних» кольорів – жовтого та зеленого у відтінках. За катарального маститу запальні ділянки частки вимені візуалізувалися тепловізором у вигляді ділянок різного розміру з гарячими (червоним і жовтим) відтінками палітри, які чергуються з ділянками жовто-зеленого спектру. За фібринозного маститу гарячими тонами відображається вся уражена чверть вимені.

**Ключові слова:** корови, тепловізор, термограма, патогістологічне дослідження, молочно залоза, лактація, дистанційна діагностика, гістологія, мастит.

## Термографическая диагностика маститов и ее контроль на микроскопическом уровне

А.Н. Пастернак<sup>1</sup>, П.Н. Склярів<sup>2</sup>, Е.Е. Жигалова<sup>1</sup>  
alinasasternak1805@gmail.com, skliarov.p.m@dsau.dp.ua, elena.zhigalova32@gmail.com

<sup>1</sup>Харьковская государственная зооветеринарная академия,  
п/ст Малая Даниловка, Дергачевский р-н, Харьковская обл., 62341, Украина;  
<sup>2</sup>Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет,  
ул. С. Ефремова, 25, г. Днепр, Днепропетровская область, 49000, Украина

Главной целью, диктующейся практикой ветеринарной медицины, является выявление патологического процесса в ранний период, высокий уровень диагностики и четкая дифференциация патологии. Применение безопасных как для животного, так и для врача методов диагностики с использованием информационно-технического оборудования обеспечивает

### Citation:

Pasternak, A.N., Skliarov, P.M., Zhigalova, O.Y. (2017). Thermographic diagnosis of mastitis and its control at the microscopic level. *Scientific Messenger LNUVMB*, 19(82), 159–165.

более точные результаты, позволяет определить вид воспалительного процесса. Именно поэтому предложено дистанционно-бесконтактную, неинвазивную диагностику маститов у коров лактационного периода с визуализацией результатов в виде термограмм. Целью работы стала разработка и внедрение термографической диагностики маститов с подтверждением достоверности результатов на микроскопическом уровне.

Разработана схема дифференциации лактационных маститов для дистанционной диагностики с использованием тепловизора, эффективность которой определяли гистологическим исследованием образцов молочной железы с описанием патоморфологических изменений при различных формах мастита.

Показано низкий уровень чувствительности термографического метода в диагностике скрытых форм воспаления и высокую чувствительность при серозном, катаральном и фибринозном маститах, подтвержденную результатами гистологических исследований. Так, при серозном мастите термограмма отражает участка отеков в зависимости от степени их развития спектром «холодных» цветов – желтого и зеленого в оттенках. При катаральном мастите воспалительные участки доли вымени визуализировались тепловизором в виде участков различной величины с горячими (красным и желтым) оттенками палитры, которые чередуются с участками желто-зеленого спектра. При фибринозном мастите горячими тонами отображается вся пораженная четверть вымени.

**Ключевые слова:** коровы, тепловизор, термограмма, патогистологическое исследование, молочная железа, лактация, дистанционная диагностика, гистология, мастит.

## Thermographic diagnosis of mastitis and its control at the microscopic level

A.N. Pasternak<sup>1</sup>, P.M. Skliarov<sup>2</sup>, O.Y. Zhigalova<sup>1</sup>  
alinapasternak1805@gmail.com, skliarov.p.m@dsau.dp.ua, elena.zhigalova32@gmail.com

<sup>1</sup>Kharkiv State Zooveterinary Academy,  
Mala Danylivka, Dergachi district, Kharkiv region, 62341, Ukraine;  
<sup>2</sup>Dnipro State Agrarian and Economic University,  
S. Efremov Str., 25, Dnipro, Dnipropetrovsk region, 49000, Ukraine

The main objective dictated by the practice of veterinary medicine is the detection of a pathological process in the early period, a high level of diagnosis and a clear differentiation of pathology. Application of safe for both the doctor and the animal diagnostic methods using information and technical devices provides more accurate results, allow you to determine the type of inflammatory process. That is why we offer remote-contactless, non-invasive diagnosis of mastitis in lactating cows with visualization of results in the form of thermograms. The task of the work was the development and implementation of thermographic diagnosis of mastitis with confirmation of the reliability of the result at the microscopic level.

The article describes pathomorphological changes in the structure of the mammary gland of cows under various forms of mastitis. In experimental farms, based on the monitoring of the distribution of pathologies of the mammary gland, the most common types of mastitis are identified. Diagnosis of mastitis was performed by thermographic method. The effectiveness of the diagnosis was determined by histological examination of cows' mammary glands. We have developed a scheme for differentiation of lactation mastitis for remote diagnostics using a thermal imager. The results of histological examination of the mammary gland in different types of mastitis are presented: subclinical, serous, catarrhal and fibrinous. According to the results of histological studies, low sensitivity of the thermographic method in the diagnosis of hidden forms of inflammation is shown. In serous, catarrhal, fibrinous mastitis, the effectiveness of the application and high sensitivity of the method are confirmed by the results of histological studies. In a serous mastitis, the thermogram reflects areas of edema, depending on the degree of their development, a spectrum of «cold» colors: yellow and green in shades. In catarrhal mastitis, inflammatory areas of the udder are visualized by a thermal imager, in the form of sections of different sizes with hot shades of the palette, which alternate with the sections of the yellow-green spectrum. In fibrinous mastitis hot tones are displayed all affected quarter of the udder.

**Key words:** cows, thermal imager, thermogram, pathologist examination, mammary gland, lactation, distance diagnosis, histology, mastitis.

### Вступ

Головною метою, що диктується практикою ветеринарної медицини, є виявлення патологічного процесу в ранній період, високий рівень діагностики та чітка диференціація патології. Застосування безпечних як для тварини, так і для лікаря методів діагностики з використанням інформаційно-технічних приладів забезпечує більш точні результати, дозволяє визначити вид запального процесу.

**Актуальність теми.** Продукція молока залежить від багатьох факторів, в тому числі й від морфофункціонального стану тканин органу (Davydov, 2007). Патологічні процеси в лактаційний період супроводжуються розвитком ушкоджень на мікрорівні (Drozdova and Sajko, 2007). Такі пошкодження характерні для тих чи інших форм маститів і їх ускладнень.

Діагностика базується на даних анамнезу, загального клінічного обстеження корів, клінічного дослідження молочної залози і дослідження секрету. Однак відсутня інформація з діагностики маститу за допомогою тепловизора (Lipchinskaja et al., 2011), що, на наш погляд, має досить високий діагностичний потенціал і дозволяє отримати термографічну картину (Amalu et al., 2006; Rozenfel'd et al., 2008). Висока чутливість до запальних процесів, простота використання і швидкість отриманих результатів роблять запропонований діагностичний підхід перспективним і вигідним порівнянно з іншими методами діагностики маститів (Koval'chuk et al., 2013; Koshevoj et al., 2013).

**Мета і завдання дослідження.** Метою роботи стало вивчення можливостей використання термографічних приладів для діагностики маститів та їх ускладнень з візуалізацією результатів у вигляді термограм і

підтвердження достовірності результату на мікроскопічному рівні.

**Матеріал і методи досліджень**

Дослідження проводились на кафедрі ветеринарної репродуктології Харківської державної зооветеринарної академії та її навчально-практичному комплексі тваринництва і рослинництва. Були застосовані діагностичні методи: клінічний, термографічний, та патогістологічний. Тепловізор (ТІ-120) використовували за прийнятими настановами.

Для досліду були відібрані 20 корів періоду лактації: контрольна група (n = 5), 1-ша дослідна – тварини з прихованою формою маститу (n = 5), та 2-га дослідна – лактаційні мастити (n = 10).

Точність отриманих результатів підтверджувалась патогістологічним дослідженням біопсійного матеріалу, прижиттєво взятим у тварин з кожної групи. Для цього відбирали зразки молочної залози з урахуванням локалізації запального процесу. Матеріал фіксу-

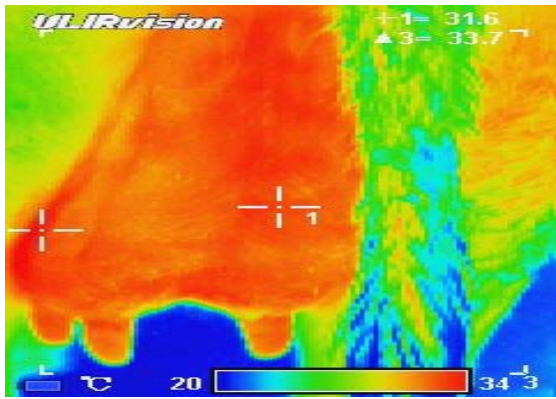
вали в 10% водному розчині нейтрального формаліну з подальшою заливкою у парафін за загальноприйнятою методикою. Гістозрізи забарвлювали гематоксином і еозином, а також трикольоровим методом за Малорі.

Дослідження морфологічної структури були виконані з використанням мікроскопу Jenamed 2.

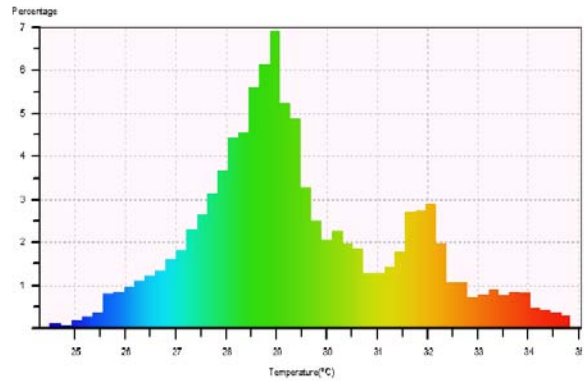
**Результати та їх обговорення**

Спочатку нами було проведено термографічне дослідження, результати якого наведено на рис. 1–5.

Дослідження показують, що термограма молочної залози корови з нормальним морфофункціональним станом характеризується рівномірним розподілом кольорової палітри та температурних коливань. Температурний градієнт складає 33 °C (± 4 °C). У тварин із серозним маститом на термограмі переважають кольори жовто-зелених відтінків. Температура зафіксована у межах 28,5 °C (± 6 °C).



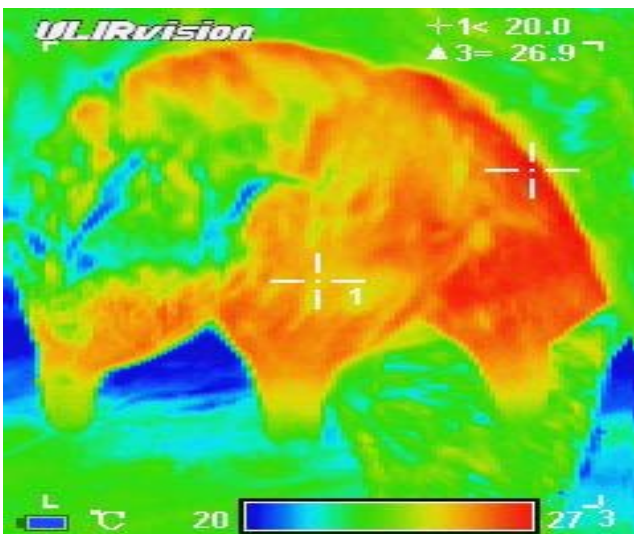
А



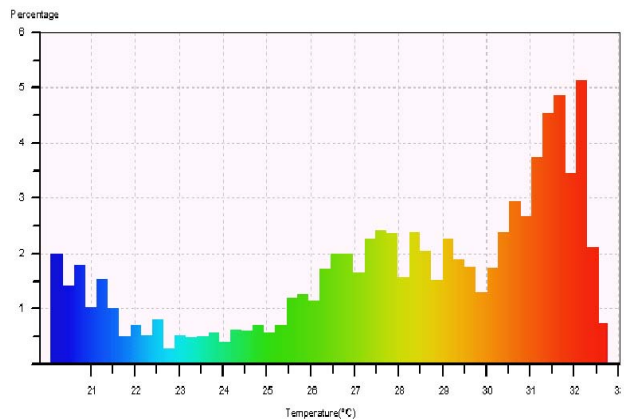
Б

**Рис. 1. Термограма молочної залози корови:**

А – з нормальним морфофункціональним станом; Б – програма зчитування показників



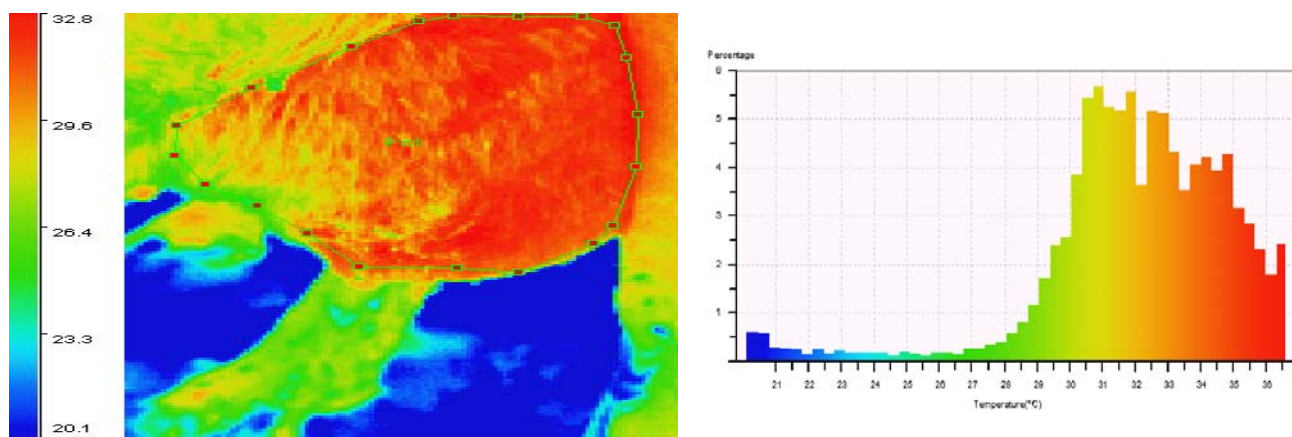
А



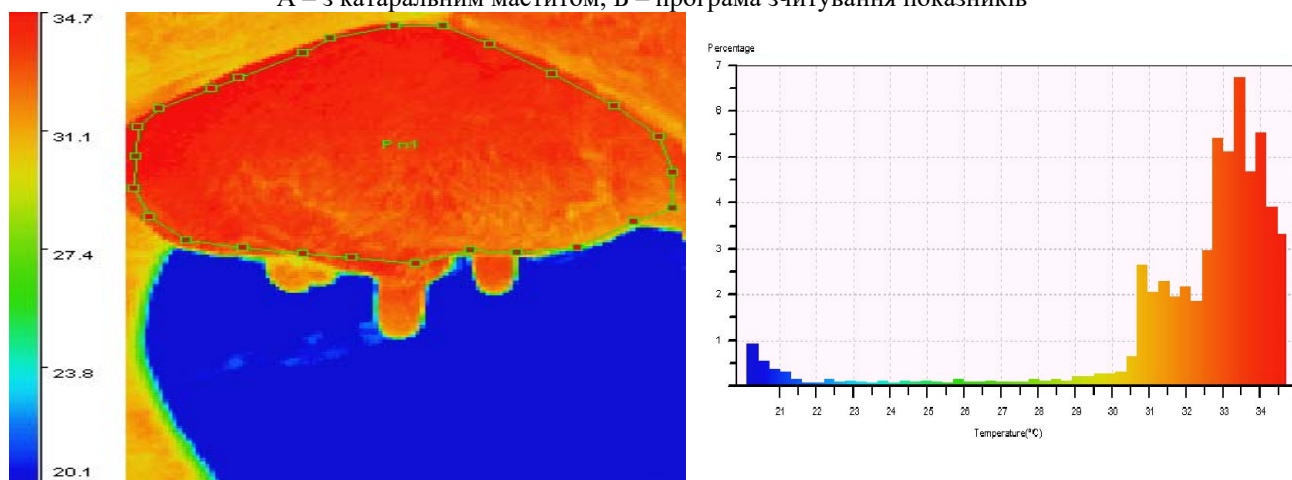
Б

**Рис. 2. Термограма молочної залози корови:**

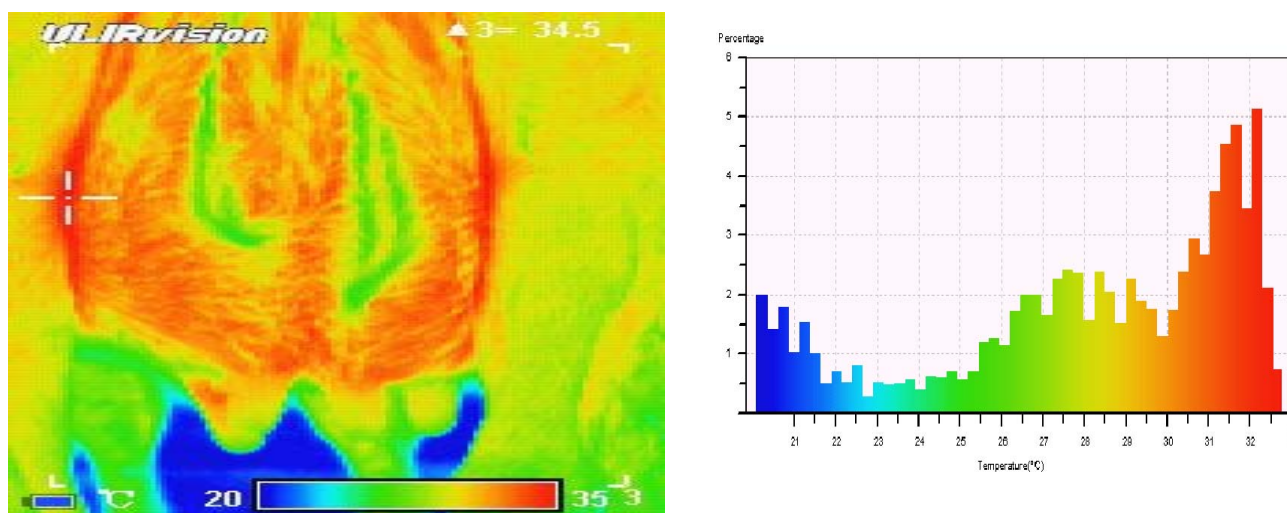
А – з серозним маститом; Б – програма зчитування показників



**Рис. 3. Термограма молочної залози корови:**  
 А – з катаральним маститом; Б – програма зчитування показників



**Рис. 4. Термограма молочної залози корови:**  
 А – з фібринозним маститом; Б – програма зчитування показників



**Рис. 5. Термограма молочної залози корови:**  
 А – з прихованим маститом; Б – програма зчитування показників

Катаральний мастит проявляє виражене запалення, про що свідчить гамма червоно-жовтих кольорів. Температура підвищується до 38 °С (± 4 °С).

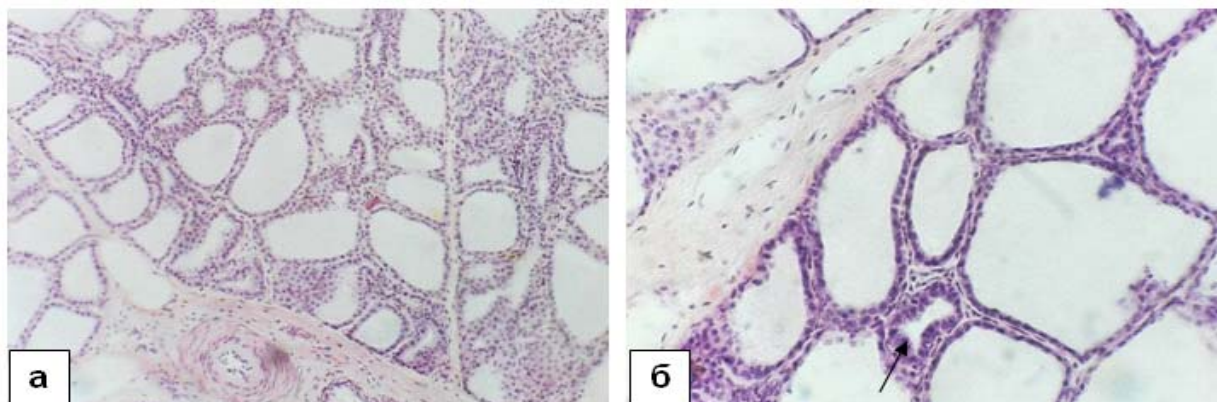
Фібринозний мастит характеризується значним підвищенням місцевої температури вимені, що передається на тепловізори «гарячими» кольорами. Також

спостерігається різке зміщення температурної шкали вправо. Температура досягає 40–41°C ( $\pm 3$  °C).

Термограма молочної залози корови з прихованим або субклінічним маститом не відрізняється від термограми молочної залози з нормальним морфо-

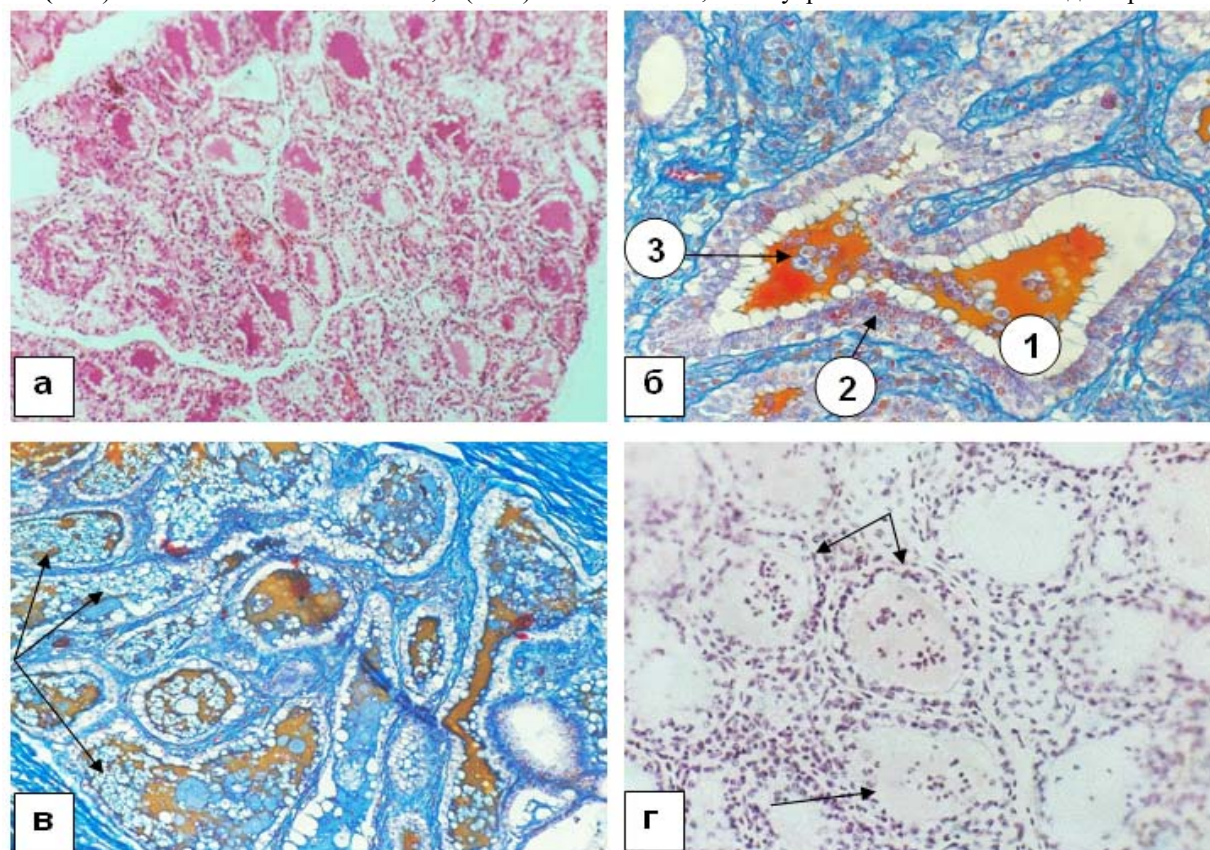
функціональним станом. Кольорова гама розподіляється рівномірно. Температура – 34 °C ( $\pm 4$  °C).

За гістологічного дослідження, з метою визначення характеру морфологічних змін, ми відбирали зразки для порівняння із ділянок часток, на які не поширювався запальний процес.



**Рис. 6. Гістопрепарат. Молочна залоза корови, контроль (гематоксилін і еозин):**

**а** ( $\times 100$ ) – часточка молочної залози, **б** ( $\times 200$ ) – 1 – альвеоли, 2 – внутрішньочасточкова вивідна протока

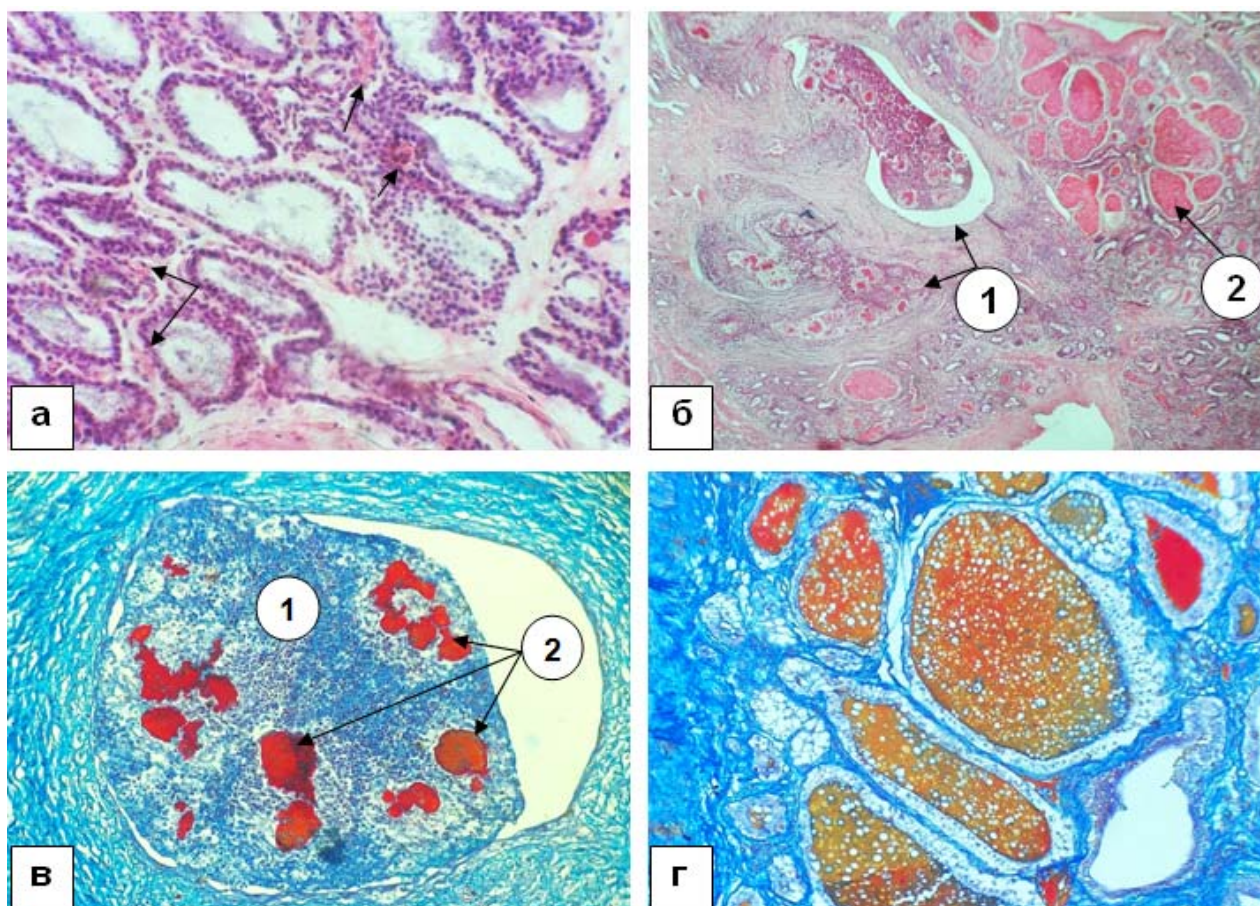


**Рис. 7. Гістопрепарат. Молочна залоза корови, серозний мастит:**

**а** (гематоксилін і еозин,  $\times 32$ ) – субклінічна стадія, часточка молочної залози, **б** (Малорі,  $\times 400$ ) – 1 – альвеола; 2 – лактоцити з секреторними гранулами в цитоплазмі; 3 – клітинний детрит і молочний секрет в просвіті альвеоли, **в** (Малорі,  $\times 100$ ) – клінічна стадія, альвеоли з вмістом серозного трансудату, **г** (гематоксилін і еозин,  $\times 200$ ) – альвеоли з клітинним детритом

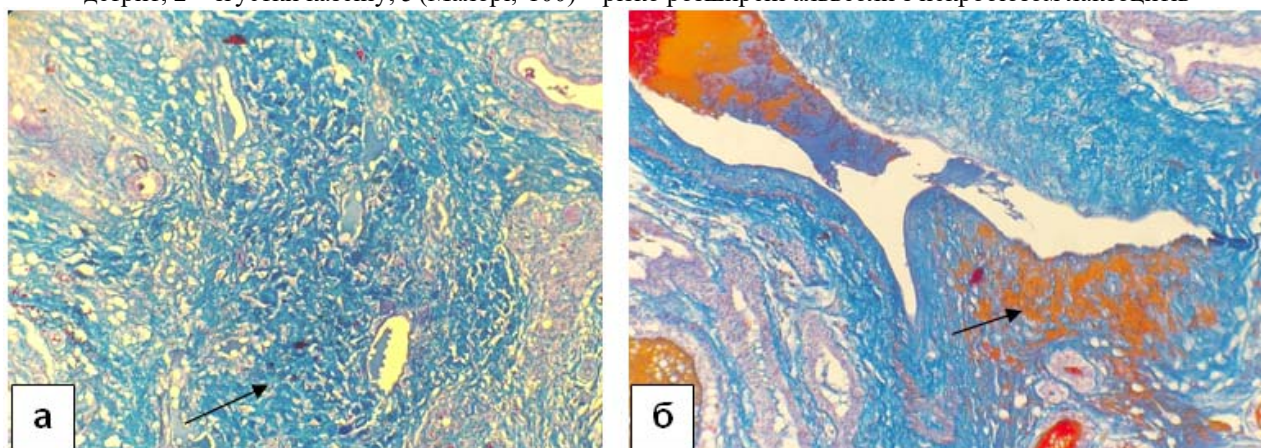
В контрольних зразках лактуюча молочна залоза мала типову будову. Часточки залози утворені щільно розміщеними альвеолами неправильної форми і різного розміру. Внутрішньочасточкові прошарки пухкої сполучної тканини тонкі, містять систему внутрішньочасточкових вивідних проток, які відрізняються

від альвеол меншим діаметром, більшою висотою епітеліоцитів і гіперхромністю ядер. Клітинний склад внутрішньочасточкових прошарків сполучної тканини представлений переважно фібробластими з незначною кількістю лімфоцитів і плазмоцитів.



**Рис. 8. Гістопрепарат. Молочна залоза корови, катаральний мастит:**

**а** (гематоксилін і еозин,  $\times 200$ ) – субклінічна стадія, судини мікроциркуляторного русла; **б** (гематоксилін і еозин,  $\times 32$ ): 1 – вивідні протоки з обструкцією клітинним детритом і згустками казеїну; 2 – різко розширені альвеоли; **в** (Малорі,  $\times 100$ ) вивідна протока з повним некрозом і відшаруванням епітеліального шару: 1 – клітинний детрит, 2 – згустки казеїну; **г** (Малорі,  $\times 100$ ) – різко розширені альвеоли з некробіозом лактоцитів



**Рис. 9. Гістопрепарат. Молочна залоза корови (Малорі):**

**а** ( $\times 100$ ) – фіброз часточки, **б** ( $\times 200$ ): просочення фібрином сполучної тканини, прилеглої до міжчасточкової вивідної протоки з повністю некротизованим епітеліальним шаром

Стінка альвеол утворена базальною мембраною та розміщеними на ній міоепітеліальними клітинами і лактоцитами. Лактоцити, залежно від фази секреторного циклу, мають різну висоту: від низької кубічної – в фазу накопичення секрету, до високої призматичної – в фазу активного синтезу після видоювання молока. На субклінічній стадії патологічні зміни в органі на макроскопічному рівні ще не реєструються, тимчасом

як на гістологічних препаратах ми виявляли ознаки серозного запалення.

В альвеолах, внаслідок розвитку набряку, відмічається затримка секрету. Секрет в початковій стадії набуває на гістопрепаратах більш оксифільне забарвлення, збільшуються ширина сполучнотканинних прошарків і вміст в них клітин лімфоїдно-макрофагального ряду (рис. 7 а). Лактоцити зберіга-

ють здатність до секреції, що визначається на препаратах, забарвлених за Малорі, наявністю секреторних гранул, які фарбуються фуксином і оранжем Г. Крім того, в їхній цитоплазмі визначаються прозорі вакуолі, більшість яких зосереджена в базальній частині цитоплазми, але вони визначаються як в центральній, так і в апікальній її частинах. Виникнення цих вакуолей є ознакою трансцелюлярного транспорту серозної рідини в порожнину альвеол. В подальшому, при переході запалення в клінічну стадію, набряк стромі органа збільшується. Лактоцити реагують на трансудатію компенсаторними механізмами рекреції (трансцелюлярного транспорту), що забезпечує часткову евакуацію серозного трансудату в порожнину альвеол. На цій стадії лактоцити значно збільшуються в розмірах. В їхній цитоплазмі збільшується вакуалізація, а в подальшому клітини набували балоноподібного вигляду, їхня цитоплазма втрачає здатність забарвлюватись гістологічними барвниками (рис. 7 в). В багатьох альвеолах мають місце відшарування лактоцитів від базальної мембрани, а також трансмуральна міграція лейкоцитів, що зумовлює появу в їх просвіті значної кількості клітинних елементів. Вміст альвеол за рахунок надходження серозної рідини втрачає оксифільні властивості (рис. 7 в).

При катаральному запаленні на початковій стадії ми відмічали збільшення просвіту і кровонаповнення судин мікроциркуляторного русла, збільшення набряку пухкої сполучної тканини. Накопичення в просвіті альвеол продуктів запалення, вірогідно, змінює кислотно-лужний баланс їхнього вмісту в кислую сторону, за рахунок чого він набуває слабобазофільних властивостей (рис. 8 а). При переході запалення в клінічну стадію ми визначали на гістопрепаратах альтерацію епітелію альвеол і вивідних проток, обструкцію вивідних проток клітинним детритом і згустками казеїну, які при пальпації проявлялись як ущільнені вузлики (рис. 8 б). Порушення колекторної функції вивідних проток призводить до різкого розширення альвеол часточок, які вони обслуговують. Лактоцити таких альвеол мають пікнотизовані ядра і незабарвлену цитоплазму, що свідчить про їх дистрофічні зміни з подальшою альтерацією (рис. 8 г). Ділянки часточок, що містили великі альвеоли з вмістом секрету і трансудату, виявляли при пальпації флюктуацію.

За тривалого перебігу катару альвеол часточки повністю втрачають залозисту паренхіму, яка заміщується грубоволокнистою щільною сполучною тканиною – фіброз (рис. 9 а). Іншим варіантом розвитку катарального запалення був фібринозний мастит, при якому фібрин потрапляв не лише в просвіт альвеол і вивідних проток в результаті руйнації епітеліального покриву, а й просочував сполучнотканинну строму залози (рис. 9 б).

### Висновки

За результатами досліджень показано низький рівень чутливості термографічного методу в діагностиці прихованих форм запалення і високу чутливість за серозного, катарального та фібринозного маститів, підтвержену результатами гістологічних досліджень.

Так, за серозного маститу термограма відображає ділянки набряків залежно від ступеня їх розвитку, спектром «холодних» кольорів – жовтого та зеленого у відтінках. За катарального маститу запальні ділянки частки вимені візуалізувалися тепловізором у вигляді ділянок різного розміру з гарячими (червоним і жовтим) відтінками палітри, які чергуються з ділянками жовто-зеленого спектру. За фібринозного маститу гарячими тонами відображається вся уражена чверть вимені.

*Перспективи подальших досліджень.* У перспективі маємо на меті удосконалити метод термографічної діагностики молочної залози лактуючих корів та доповнити його ультрасонографією. Результати кольорової палітри, температурний градієнт за ультразвукового дослідження дадуть можливість точніше оцінювати стан молочної залози в цілому та її окремих ділянок (Paulrud et al., 2005).

### Бібліографічні посилання

- Koval'chuk, I.S., Dunaevskij, V.I., Venger, E.F. (2013). *Vozmozhnosti distancionnoj infrakrasnoj termografii v diagnostike zabollevanij molochnyh zhelez (dobrokachestvennye izmenenija)*. Ukr. med. chasopis. 3(95) Rezhim dostupa: <http://www.umj.com.ua/article/55623/vozmozhnosti-distancionnoj-infrakrasnoj-termogra-fii-v-diagnostike-zabo-levanij-molochnyx-zhelez-dobrokachest-vennye-izmenenija>. (in Russian).
- Davydov, M.I. (2007). *Prakticheskaja mammologija*. M.: Prakticheskaja medicina (in Russian).
- Rozenfel'd, L.G., Samohin, A.V., Venger, E.F. (2008). *Distancionnaja infrakrasnaja termografija kak sovremennyj neinvazivnyj metod diagnostiki zabollevanij*. Ukr. med. chasopis. 6(68), 92–97 (in Russian).
- Drozdova, L.I., Sajko, S.G. (2007). *Vidovaja, vozrastnaja, tipovaja i produktivnaja morfologija molochnoj zhelezy zhivotnyh v norme i patologii*. Ekaterinburg: Izd-vo Ural GSHA (in Russian).
- Lipchinskaja, A.K., Barkova, A.C., Kolchina, A.F. (2011). *Perspektivy primeneniya infrakrasnoj termografii i ul'trazvukovogo issledovanija dlja ocenki sostojanija molochnoj zhelezy korov*. Agrarnyj vestnik Urala. 12, 32–34.
- Koshevoj, V.P., Fedorenko, S.Ja., Ivanchenko, M.M. (2013). *Termografichna diagnostika u veterinarному akusherstvi, ginekologii ta andrologii (metodichni rekomendacii)*. Harkiv (in Ukrainian).
- Paulrud, C.O., Clausen, S., Andersen, P.E., Rasmussen, M.D. (2005). *Infrared Thermography and Ultrasonography to Indirectly Monitor the Influence of Liner Type and Overmilking on Teat Tissue Recovery*. Acta vet. Scand. 46, 137–147.
- Amalu, W.C., Hobbins, W.B., Head, J.F., Elliott, R.L. (2006). *Infrared imaging of the breast – an overview*. In: *Biomedical Engineering Handbook*, CRC Press.

Received 26.09.2017

Received in revised form 2.10.2017

Accepted 4.11.2017