

ОЦІНКА ВІДТЕРМІНОВАНОГО ВПЛИВУ ТЕПЛОВОГО СТРЕСУ НА МОЛОЧНИХ КОРІВ

Милостивий Р.В., канд.вет. наук, доцент

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

e-mail: mylostyvyi.r.v@dsau.dp.ua

Анотація: досліджено відтермінований вплив теплового стресу на продуктивність і добробут молочних корів із використанням генералізованих лінійних моделей. Оцінено короточасні та накопичувальні ефекти температурно-вологісного індексу (ТНІ) із часовими зсувами на 7, 30 і 60 діб. Встановлено, що через триваліші хвили спеки проявлялися сильніші відтерміновані ефекти для зниження надоїв і білка та зростання частоти маститу й кульгавості через 30–60 діб після пікових температур. Результати підтверджують важливість урахування відтермінованих і кумулятивних ефектів спеки для розроблення систем раннього попередження теплового стресу.

Ключові слова: тепловий стрес, молочні корови, відтерміновані ефекти, добробут, продуктивність.

Умови мікроклімату залишаються критичним фактором, що впливає на продуктивність і добробут молочних корів, особливо у відкритих чи природно вентильованих системах утримання (Herbut et al., 2018; Besteiro et al., 2025). Окрім безпосереднього впливу високих температур, у наукових дослідженнях дедалі більше уваги приділяється відтермінованому впливу теплового навантаження, коли наслідки стресу проявляються із затримкою – через кілька днів або навіть тижнів після пікових температур (Yan et al., 2021; Giannone et al., 2023). Це ускладнює своєчасну діагностику й прогнозування критичних періодів зниження надоїв, погіршення складу молока та підвищення частоти клінічних захворювань, зокрема маститу й кульгавості (Gutyj et al., 2024; Castellani et al., 2025).

Незважаючи на наявність численних підходів до розрахунку температурно-вологісного індексу (ТНІ), досі відсутній уніфікований аналітичний алгоритм, що одночасно враховує нічне охолодження, добові коливання температури та часові зсуви впливу ТНІ на економічно важливі показники стада (Mylostyvyi et al., 2023). З огляду на це, наше дослідження має на меті запропонувати покрокову аналітичну схему оцінки теплового стресу в молочному скотарстві, що включає інтеграцію мікрокліматичних, клінічних і продуктивних показників із часовими зсувами (на 7, 30 і 60 днів) на основі генералізованих лінійних моделей.

Дослідження ґрунтувалося на дворічному моніторингу продуктивності та добробуту корів на великому комерційному молочному комплексі. Було сформовано базу даних, яка об'єднувала щоденні виробничі показники стада (надої, вміст жиру й білка в молоці, споживання сухої речовини, частота маститу й кульгавості) з метеорологічними параметрами (середньодобова температура, вологість, середній і максимальний ТНІ, індекси добової амплітуди та нічного охолодження).

На першому етапі проведено описову статистику та кореляційний аналіз, який дозволив попередньо визначити варіанти ТНІ з найвищим зв'язком з економічно значущими показниками. Далі, для кількісної оцінки впливу теплового навантаження, було побудовано множинні генералізовані лінійні моделі (GLM) із включенням предикторів у вигляді ТНІ-індексів з часовим зсувом (на 7, 30 і 60 днів) і додаткових клінічних факторів (споживання корму, мастит, кульгавість).

Для кожної моделі обчислювалися коефіцієнти регресії (β), довірчі інтервали (95% CI), рівні значущості (p) та частка поясненої дисперсії (η^2). Особливу увагу приділено ролі індексу нічного охолодження (ТНІ ніч/день) та добової амплітуди (ТНІ min/max) як предикторів кумулятивного теплового навантаження. Моделі будувалися окремо для 2023 і

2024 років, а їхня точність перевірялась шляхом перехресної валідації (cross-validation) для оцінки відтермінованих ефектів та сезонної варіації. У дослідженні застосовано генералізовані лінійні моделі (GLM) для оцінки відтермінованого (лагового) впливу температурно-вологісного індексу (ТНІ) на продуктивність і добробут корів. Аналіз охопив три часові зсуви (lagged-ефекти): через 7, 30 та 60 днів після підвищення ТНІ. Результати показали, що у 2024 році реакції корів на теплове навантаження були значно більш відтермінованими, ніж у 2023-му, що пов'язано з набагато довшими хвилями спеки. Наприклад, у 2024 році найбільша хвиля спеки тривала 32 дні поспіль, тоді як у 2023 році – лише 10 днів, що суттєво вплинуло на накопичувальний характер теплового стресу.

Ці тривалі теплові періоди спричиняли затяжне зниження надоїв, вмісту білка, споживання сухої речовини та зростання частоти маститу й кульгавості – з максимальним проявом ефектів на 30–60 день після початку теплового навантаження. Для порівняння, у 2023 році спостерігалися переважно гострі реакції на ТНІ без суттєвого відтермінування. Найбільш чутливими до лагових ефектів виявилися показники вмісту білка (η^2 до 66,7 %) і споживання корму (η^2 до 60 %).

Включення до моделей індексу нічного відновлення (ТНІ ніч/день) та амплітуди добових коливань (ТНІ min/max) підвищувало точність прогнозів і дозволяло ідентифікувати критичні періоди, коли організм тварини не встигає відновитися вночі. Зокрема, відсутність нічного охолодження через 30 днів призводила до зростання частоти маститу (η^2 до 26 %) і кульгавості (η^2 до 19 %).

Крос-валідація моделей за роками підтвердила, що найбільш точні прогнози були отримані при врахуванні як lagged-ефектів, так і сезонного фактора. Отже, запропонований підхід дозволяє виявляти не лише негайний, а й відтермінований і кумулятивний вплив ТНІ, що є критично важливим для раннього попередження теплового стресу на рівні стада.

Висновок. Запропонований підхід на основі генералізованих лінійних моделей (GLM) дозволяє виявити як безпосередній, так і відтермінований вплив теплового стресу на продуктивність і добробут молочних корів. Врахування лагових ефектів, амплітуди ТНІ та клінічних показників підвищує точність прогнозу й дозволяє своєчасно виявляти періоди ризику. Подальший розвиток таких моделей має ґрунтуватися на інтеграції метеорологічних, поведінкових і управлінських факторів.

Список використаних джерел:

1. Besteiro, R.; Fouz, R.; Diéguez, F.J. Influence of Heat Stress on Milk Production, Milk Quality, and Somatic Cell Count in Galicia (NW Spain). *Animals* 2025, 15, 945. <https://doi.org/10.3390/ani15070945>
2. Castellani, S.; Basiricò, L.; Maggolino, A.; Lecchi, C.; De Palo, P.; Bernabucci, U. Effects of Milk Extracellular Vesicles from Holstein Friesian and Brown Swiss Heat-Stressed Dairy Cows on Bovine Mammary Epithelial Cells. *J. Dairy Sci.* 2025, 108, 1978–1991. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-25133>
3. Giannone, C.; Bovo, M.; Ceccarelli, M.; Torreggiani, D., & Tassinari, P. (2023). Review of the Heat Stress-Induced Responses in Dairy Cattle. *Animals*, 13(22), 3451. <https://doi.org/10.3390/ani13223451>
4. Guttyj, B., Goralskyi, L., Mylostyvyi, R., Sokulskyi, I., Stadnytska, O., Vus, U., Khariv, I., Martyshuk, T., Leskiv, K., Vozna, O., Adamiv, S., & Petrychka, V. (2024). The influence of “Butaselmavit” on the antioxidant status of the cows’ organisms during the development of endotoxemia. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 26(114), 210–216. <https://doi.org/10.32718/nvlvet11431>
5. Herbut, P.; Angrecka, S.; Walczak, J. Environmental parameters to assessing of heat stress in dairy cattle—a review. *Int. J. Biometeorol.* 2018, 62, 2089–2097. <https://doi.org/10.1007/s00484-018-1629-9>
6. Mylostyvyi, R., Lacetera, N., Amadori, M., Sejian, V., Souza-Junior, J. B. F., & Hoffmann, G. (2023). The autumn low milk yield syndrome in Brown Swiss cows in continental

climates: hypotheses and facts. *Veterinary Research Communications*, 48(1), 203–213. <https://doi.org/10.1007/s11259-023-10203-0>

7. Yan, G., Li, H., & Shi, Z. (2021). Evaluation of Thermal Indices as the Indicators of Heat Stress in Dairy Cows in a Temperate Climate. *Animals*, 11(8), 2459. <https://doi.org/10.3390/ani11082459>

Abstract: The delayed impact of heat stress on dairy cow productivity and welfare was studied using generalized linear models. Short-term and cumulative effects of the temperature-humidity index (THI) were evaluated with time lags of 7, 30, and 60 days. It was found that longer heat waves caused stronger delayed effects, including decreased milk yield and protein content and increased incidence of mastitis and lameness 30–60 days after peak temperatures. The results confirm the importance of considering delayed and cumulative effects of heat stress for developing early-warning systems in dairy production.

Keywords: heat stress, dairy cows, delayed effects, welfare, productivity.