

ності українських фермерів в екосвинині й альтернативних технологіях у свинарстві. Для подальшого розвитку свинарства необхідне створення кооперативів, асоціацій виробників свинини з переробними та торговельними підприємствами, визначення справедливої кінцевої ціни продукції, установлення стабільних технологічних і економічних зв'язків між сільськогосподарськими та переробними підприємствами й узгодження інтересів усіх учасників технологічного циклу виробництва м'ясної продукції.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Шуткевич О. Досвід Німеччини в реформуванні аграрного сектора економіки та можливості його застосування в Україні. *Вісник Державної агроєкологічної академії України*, спец. випуск, жовтень 2000. С. 296–298.
2. Шуткевич О. Досвід ефективності виробництва в аграрному секторі США. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. Вип. 5 (14). 2001. С. 132–135.
3. Ярошко М. Організація діяльності та державна підтримка сталого розвитку фермерських господарств – німецький досвід. *Проект «Німецько-український агрополітичний діалог. Виставка-конференція «Фермерське підприємство 2015»*. Одеса. 2015. С. 2–10.

УДК 636.2.034:57.045

## ТЕПЛОВИЙ СТРЕС: ВИЯВЛЕННЯ, ПОПЕРЕДЖЕННЯ, ВПЛИВ НА МОЛОЧНІ ПОРОДИ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ (ОГЛЯД)

*Пасечко Д.-В.Д.* – магістрант біолого-технологічного факультету, ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет»  
*Нежлукченко Т.І.* – д.с.-г.н., професор, завідувач кафедри генетики й розведення сільськогосподарських тварин імені В.П. Коваленка, ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет»

У статті узагальнене сучасне знання про природу теплового стресу. Наведена інформація щодо прогнозування, виявлення й попередження стресу в молочних порід худоби. Окреслено перспективні напрямки досліджень.

**Ключові слова:** тепловий стрес, молочні корови, біометеорологія, продуктивність, зміни клімату.

**Пасечко Д.-В.Д., Нежлукченко Т.І. Тепловой стресс: выявление, предотвращение, влияние на молочные породы крупного рогатого скота (обзор)**

В статье обобщено современное состояние знаний о природе теплового стресса. Приведена информация насчёт прогнозирования, выявления и предотвращения стресса у молочных пород скота. Очерчены перспективные направления исследований.

**Ключевые слова:** тепловой стресс, молочные коровы, биометеорология, продуктивность, изменения климата.

*Pasiechko D.-V.D., Nezhlukchenko T.I. Heat stress: detection, prevention, impact on dairy cattle (a review)*

*In the paper state of the art of knowledge about heat stress nature are summarized. Information about forecasting, detection and prevention of the heat stress in dairy cattle is given. Prospective research directions are outlined.*

**Key words:** *heat stress, dairy cows, biometeorology, productivity, climate changes.*

**Постановка проблеми.** Молочні породи корів є найбільш уразливими до теплового стресу тварин (далі – ТС) [31; 48], у високопродуктивних лактуючих корів стрес настає вже при температурі вище +25°C [50] чи навіть +20°C [49]. ТС є глобальним явищем і вивчається навіть у країнах із помірним кліматом: Польщі [28], Чехії [49], Угорщині [46], Німеччині [44], Великобританії [18]. У світі спостерігається глобальне потепління, яке в Україні проявилось у вигляді підвищення середньорічної температури, подовження тривалості жаркого періоду року, збільшення кількості та тривалості теплових хвиль [45] (період екстремально високої температури, який триває декілька днів [22]). Особливо небезпечними є зміни клімату на півдні країни. Так, до 2030 р. тривалість періоду з температурами вище +15°C у південному степу становитиме 183 дні (середньомісячна температура липня – 24,1°C), а у північному – 174 (середньомісячна температура липня – 23°C) [4]. У період 2031–2050 рр. середньорічна температура Миколаєва збільшиться на 1,3°C до +13,1°C [5]. У той же час явище теплового стресу вже стало реальністю для північно-західної частини України [2]. Останні дослідження [36] показали, що кожен градус глобального збільшення температури призводить до багаторазового збільшення частоти теплових хвиль і посилення теплового стресу.

Таким чином, вивчення явища теплового стресу і його впливу на молочні породи корів в умовах України є актуальним.

**Постановка завдання.** Метою дослідження було узагальнення сучасного наукового знання щодо явища теплового стресу, методів його виявлення, попередження й прогнозування продуктивності корів молочного напрямку. Для пошуку інформації використовувалися пошукові системи Google, Google Scholar, Springer, Journal of Dairy Science.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Температурний стрес – ситуація, коли тіло не спроможне ефективно розсіювати метаболічне тепло, це може призводити до збільшення внутрішньої температури тіла та зменшення фізичних і ментальних здібностей [22]. Розсіювання тепла здійснюється за допомогою кондукції (передача тепла предметам), конвекції (тепловіддача повітрю), випромінювання, випаровування [31] (тепловтрати при випаровуванні поту зі шкіри – 87,9%, шляхом дихання – 12,1% [17]).

ТС спостерігається тоді, коли сума виробленого організмом і одержаного ззовні тепла перевищує сумарні тепловтрати [31]. Кількість виробленого й увібраного тепла залежить від фізіологічного стану (дійні корови продукують більше тепла, ніж сухостійні), рівня продуктивності (високопродуктивні продукують більше тепла) [50], віку в отеленнях (першотільні тварини продукують менше тепла), стадії лактації (на початковій стадії лактації тварини продукують більше тепла, ніж на інших), масті тварини (чорні тварини абсорбують удвічі більше тепла, ніж світлі) [31]. Кількість тепловтрат залежить від виду тварин (вища в зебу [24] і буйволів [25], нижча в домашньої корови), породи (більша в сименталів і джерсеїв, ніж у голштинів) [30], рівня забрудненості шкіри (менші тепловт-

рати через брудну шкіру), інших факторів. Таким чином, чотирирічна високопродуктивна лактуюча голштинська корова менш теплостійка, ніж дворічна низькопродуктивна сухостійна симентальська корова.

ТС впливає на продуктивні й репродуктивні якості тварин, а також призводить до інших змін. Зміни продуктивних властивостей полягають у зменшенні молочної продуктивності (за деякими оцінками – від 300 до 900 кг) [50], зниженні рівня білку, жиру та сухого знежиреного молочного залишку, сповільненні росту, зменшенні споживання кормів [41]. Зміни репродуктивних властивостей полягають у зменшенні показника запліднення [7; 24], менш інтенсивному прояві статевої охоти, погіршенні якості спермопродукції [15]. Зміни поведінки проявляються в зменшенні тривалості лежання до 30% [7; 49], скороченні тривалості жуйки [6], посиленні споживання води [30], збільшенні рухової активності тварини [6; 28]. Генетичні зміни представлені виділенням білків теплового шоку, зокрема HSP70 [33], які синтезуються генами HSF-1 і HSPA6 [9]. Фізіологічні зміни полягають у підвищенні температури тіла [3], прискоренні серцебиття [30], пришвидшенні дихання в поєднанні із задишкою [20], зниженні рівня рН у рубці [3]. На зміни складу крові впливають підвищені рівні кортизолу [3], епінефрину, плазміну [25], простагландину, [14] понижені рівні окситоцину та гемоглобіну [3]. Підвищення хворобливості проявляється маститами, ацидозами та кетозами рубця [3; 15], послабленням імунної системи [41], збільшенням кількості теплових ударів і навіть підвищенням смертності [48]. Погіршення рівня добробуту корів залежить від дискомфорту, підвищення хворобливості, забруднення шкіри в гнойовому проході (у зв'язку з частим лежанням [28]), кульгавості (у зв'язку з тривалим стоянням і підвищеною активністю), недоїдання, підвищеної спраги, фрустрації та прояву агресії [40].

Для того, щоб ефективно протистояти стресу, необхідно заздалегідь прогнозувати появу ТС і вживати необхідних попереджувальних заходів, вчасно виявляти явище й застосовувати заходи попередження, контролювати ефективність застосування заходів попередження, корегувати роботу системи протидії тепловому стресу.

Прогнозувати стрес можна за допомогою прогнозів погоди й розрахунку відповідних індексів теплового стресу (прогноз слід корегувати з огляду на вищий рівень ТС у корівнику [44]). Є велика кількість індексів: THI, adjusted THI, BGHI, CCI, THI<sub>LOAD</sub>, HLI та інші [23].

THI – температурно-вологісний індекс, ураховує сукупний вплив вологості та температури повітря на тварину [23; 40]. Є низка його модифікацій: NRC (розрахований для худоби на пасовищі), Юзефа (розрахований на худобу, що утримувалася в кліматичних кімнатах) [22], THI для єгипетських кліматичних умов [43], індекс, представлений у роботі іранських дослідників [21] і т. ін. Для того, щоб правильно використовувати індекс, необхідно знати верхню критичну точку, за умови перевищення якої спостерігається стрес (так зване порогове значення). Оскільки поява стресу залежить від багатьох факторів, це призводить до того, що різні дослідники встановлюють різні порогові значення залежно від того, на яких тваринах проводились експерименти: THI=65 [13], THI=70 [48], THI=74 [34]. Більшість учених вважають пороговим значенням THI=72 [3, с. 23].

Adjusted THI (відрегульований THI) – THI із поправками на сонячну радіацію та швидкість вітру, застосовується для м'ясної худоби. Поріг стресу дорівнює 74 (для худоби на відгодівлі) [34].

BGHI (індекс вологості чорної кулі) – для виявлення ТС на відкритому просторі [13], ураховує BGT, або температуру чорної кулі (сумарний ефект температури й радіації), і точку роси [11]. Кореляційний взаємозв'язок між BGHI і THI є позитивним і становить 0,96 [16], однак індекс є менш популярним у зв'язку з високою вартістю термометра для вимірювання BGT.

CCI (комплексний індекс клімату) – ураховує вплив на тварину температури, вологості, вітру й радіації, дозволяє виявляти тепловий і холодний стреси [35].

Окремо слід виділити індекси, які дозволяють проводити селекцію на терmostійкість: НТІ (заснований на зміні температури тіла тварин в умовах ТС) [27] і RR (заснований на зміні частоти дихання, потенційно придатний) [20; 23].

Реєстрація стресу полягає у виявленні перелічених вище змін в організмі. На практиці застосовують методи визначення частоти дихання разом із показником задишки (більше 60 подихів – стрес [15], показник задишки 1 і більше – стрес [32]), термометрію (>38,5°C) і пірометрію (вимірювання температури шкіри [32], стрес настає при температурі шкіри більше 35°C [14]) тварин, визначення рухової активності за допомогою акселерометрів [6] чи крокомірів [28], виявлення стояння чи лежання за допомогою спеціальних датчиків [39], установлення часу жуйки [6], а також шляхом розрахунку індексів. Можливо, у майбутньому з'явиться експрес-метод визначення протеїну теплового шоку HSP70 в слині, уперше виявленого португальськими вченими (до цього протеїн виявляли лише в крові) [33].

Є загальноприйнята класифікація заходів боротьби зі стресом [3].

1. Заходи, спрямовані на покращення утримання тварин: забезпечення тіні [50], прохолодної води, вентиляції, регулярне видалення гною, система «туман і вентилятори» (ефективна в умовах сухого й жаркого клімату) [25].

2. Годівля, спрямована на зменшення теплопродукції (високий вміст жиру, зменшення частки протеїну та клітковини в раціоні), нормалізацію рН рубця (згодовування пекарських дріжджів), компенсацію дефіциту вітамінів і мінералів [3].

3. Створення теплостійкої худоби шляхом гібридизації із зебу [17], буйволлами чи схрещування із сименталами; відбір найбільш теплостійких тварин у стаді, породі, селекція за мастю [50]. Потенційно можливе використання методів генної інженерії для перенесення генів, відповідальних за теплостійкість [24].

Для того, щоб ефективно підбирати й застосовувати заходи боротьби, необхідно знати рівень економічних втрат від ТС різної сили, для цього розроблено низку оцінок економічних втрат, що дозволяє оцінити продуктивні, репродуктивні втрати та рівень смертності на основі розрахунку THI і  $THI_{LOAD}$  [48], а також оцінити зменшення молочної продуктивності на 0,2 кг за умови зростання THI на одиницю [41]. Проведено низку досліджень економічної ефективності використання заходів боротьби зі стресом [25; 26; 29].

Важливою при цьому є оцінка природного полегшення, яке спостерігають при зниженні температури нижче 21°C протягом 3–6 годин. За цих умов досягається мінімізація втрат продуктивності [29]. Заслужують на увагу дослідження китайських учених [12], які рекомендують сильне й різке п'ятиденне охолодження, під час якого тварини нормалізують температуру тіла й продуктивність;

мексиканських науковців [8], які обґрунтували, що щодобове охолодження протягом 4 годин зменшує втрати від ТС, але не дозволяє суттєво зменшити негативні наслідки в умовах сильного (ТНІ>80) і тривалого ТС.

Перспективним є створення систем швидкого виявлення ТС на основі датчиків тривалості жуйки [6] або пірометрів [32].

Найменш вивченим аспектом ТС є генетичний. Установлено, що активація генів, відповідальних за пристосування організму до умов ТС, призводить до:

- 1) активації факторів транскрипції теплового шоку (HSF1);
- 2) посиленого виділення протеїнів теплового шоку (HSP) разом з одночасним пригніченням синтезу інших протеїнів;
- 3) посиленого окиснення глюкози й амінокислот і зменшення метаболізму жирних кислот;
- 4) активації ендокринної системи, відповідальної за стрес;
- 5) активації імунної системи позаклітинною секрецією HSP [14].

Аспекти генетичного пристосування зебу до спекотних умов проаналізовано в джерелі [24].

Одне з проривних відкриттів зробили південнокорейські вчені, які вивчали експресію генів телят, підданих ТС тривалістю 12 годин на добу протягом 3 днів, ТНІ=95. Установлено, що 356 генів експресувалися протягом усього експерименту, отже, вони були задіяні в пристосуванні до жорсткого стресу. Виявлено, що багато експресованих генів раніше не вважали відповідальними за пристосування до температурного стресу, ці гени можуть бути корисними для створення голштинських корів із підвищеною термостійкістю [47].

Важливим завданням залишається селекція на теплостійкість (коефіцієнт успадкування теплостійкості становить 0,17–0,33 [37]) і створення селекційних індексів теплостійкості або включення відповідних поправок у комплексні селекційні індекси. Ще у 2000 р. доведено ефективність селекції за показником стійкості до спеки [42]. Італійські вчені довели, що показник термостійкості може бути включений до селекційних задач [10]. Австралійські селекціонери розробили нову оцінку термотолерантності (НТ АВVg) [38], що допоможе значно ефективніше проводити селекцію на теплостійкість. Хорватські вчені пропонують проаналізувати можливість витіснення симентальською породою голштинської, зважаючи на вищу термостійкість останньої [19].

Узагальнюючи матеріал, хотілося б окреслити перспективні напрямки досліджень:

- 1) оцінювання сили й рівня розповсюдження ТС і економічної оцінки втрат на рівні господарства, області, країни за прикладом єгипетських [43], американських [48], угорських [46] і британських [18] учених;
- 2) проведення регіональних і всеукраїнських досліджень термостійкості районованих в Україні порід худоби, зокрема з використанням термохронів (регистраторів температури, які імплантуються під шкіру) [1];
- 3) вивчення генетичних аспектів відповіді організму на ТС на прикладі районованих в Україні порід і врахування теплостійкості в селекційній роботі;
- 4) розроблення якісно нових і поліпшення старих методів боротьби з тепловим стресом, зокрема й розроблення методів захисту тварин у господарствах населення.

**Висновки і пропозиції.** Глобальне потепління спричиняє збільшення тривалості й суворості теплового стресу. Під час ТС відбуваються зміни на генетичному та фізіологічному рівнях, які призводять до погіршення продуктивних якостей тварин. Зменшена продуктивність призводить до економічних збитків. Зменшити збитки можна шляхом застосування превентивних методів, розроблення й удосконалення яких є одним із ключових завдань українського скотарства.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Ануфриев А., Ядрихинский В. Изменения температуры тела у коров якутской породы в годовом жизненном цикле. *Успехи современной науки*. 2017. Т. 9. №. 4. С. 15–20.
  2. Болтик Н. Вплив теплового стресу на молочну продуктивність корів. *Науковий вісник Асканія-Нова*. 2014. № 7. С. 72–76.
  3. Отченашко В. Стратегия борьбы с тепловым стрессом у коров. *Животноводство России*. 2014. С. 39–40.
  4. Польовий А. и др. Зміна показників термічного режиму повітря в Україні на період до 2030 р. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2014. № 14. С. 95–104.
  5. Хохлов В., Єрмоленко Н. Майбутні зміни клімату та їх вплив на режим опадів та температури в Україні. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2015. № 16. С. 76–82.
  6. Abeni F., Galli A. Monitoring cow activity and rumination time for an early detection of heat stress in dairy cow. *International journal of biometeorology*. 2017. Т. 61. №. 3. Р. 417–425.
  7. Allen J. D. et al. Effect of core body temperature, time of day, and climate conditions on behavioral patterns of lactating dairy cows experiencing mild to moderate heat stress. *Journal of dairy science*. 2015. Т. 98. № 1. Р. 118–127.
  8. Avendaño-Reyes L. et al. Physiological and productive responses of multiparous lactating Holstein cows exposed to short-term cooling during severe summer conditions in an arid region of Mexico. *International journal of biometeorology*. 2012. Т. 56. № 6. Р. 993–999.
  9. Baena M. et al. HSF1 and HSPA6 as functional candidate genes associated with heat tolerance in Angus cattle. *R. Bras. Zootec.* 2018. Т. 47. Р. e20160390.
  10. Bernabucci U. et al. The effects of heat stress in Italian Holstein dairy cattle. *Journal of dairy science*. 2014. Т. 97. № 1. Р. 471–486.
  11. Black Globe Temperature (BGT). *Katestone*. 2017. URL: <http://chlt.katestone.com.au/help/documentation/black-globe-temperature-bgt/>.
  12. Cheng J. et al. Strong, sudden cooling alleviates the inflammatory responses in heat-stressed dairy cows based on iTRAQ proteomic analysis. *International journal of biometeorology*. 2017. Р. 1–6.
  13. Collier R. et al. A re-evaluation of the impact of temperature humidity index (THI) and black globe humidity index (BGHI) on milk production in high producing dairy cows. *Western Dairy Management Conf. Reno, NV. USA*. 2011. Р. 113–125.
  14. Collier R. et al. Invited Review: Genes Involved in the Bovine Heat Stress Response. *Journal of Dairy Science*. 2008. Т. 91. №. 2. Р. 445–454.
  15. Collier R., Renquist B., Xiao Y. A 100-Year Review: Stress physiology including heat stress. *Journal of dairy science*. 2017. Т. 100. № 12. Р. 10367–10380.
-

16. Dalcin V. et al. Physiological parameters for thermal stress in dairy cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2016. T. 45. № 8. P. 458–465.
  17. Dos Santos S. et al. The use of simple physiological and environmental measures to estimate the latent heat transfer in crossbred Holstein cows. *International journal of biometeorology*. 2017. T. 61. № 2. P. 217–225.
  18. Dunn R. et al. Analysis of heat stress in UK dairy cattle and impact on milk yields. *Environmental research letters*. 2014. T. 9. № 6. P. 064006.
  19. Gantner V. et al. Differences in response to heat stress due to production level and breed of dairy cows. *International journal of biometeorology*. 2017. T. 61. № 9. P. 1675–1685.
  20. Gaughan J. et al. Respiration rate: Is it a good measure of heat stress in cattle? *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2000. T. 13. № Supplement Vol C. P. 329–332.
  21. Ghavi Hossein-Zadeh N., Mohit A., Azad N. Effect of temperature-humidity index on productive and reproductive performances of Iranian Holstein cows. *Iranian Journal of Veterinary Research*. 2013. T. 14. № 2. P. 106–112.
  22. Gosling S. et al. A glossary for biometeorology. *International journal of biometeorology*. 2014. T. 58. № 2. P. 277–308.
  23. Hahn G. et al. Thermal indices and their applications for livestock environments. *Livestock Energetics and Thermal Environment Management*. American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009. P. 113–130.
  24. Hansen P. Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to thermal stress. *Animal reproduction science*. 2004. T. 82. P. 349–360.
  25. Haque N., Singh M., Hossain S. Up-regulation of milk secretion with modified microclimate through manipulating plasminogen-plasmin system in Murrah buffaloes during hot dry season. *International journal of biometeorology*. 2016. T. 60. № 12. P. 1819–1828.
  26. Hasan K. A. et al. Economic impact of use of heat stress alleviation imposed on cattle under Egyptian conditions. *Arab Universities Journal of Agricultural Sciences*. 2017. T. 25. № 2. P. 545–560.
  27. Singh V., Beenam S., Simson S., Kapoor S. Heat Tolerance Indices for Cattle and Buffalo. *Climate resilient livestock and production system*. 2013. P. 270–272.
  28. Herbut P., Angrecka S. Relationship between THI level and dairy cows' behaviour during summer period. *Italian Journal of Animal Science*. 2017. P. 1–8.
  29. Igono M., Bjotvedt G., Sanford-Crane H. Environmental profile and critical temperature effects on milk production of Holstein cows in desert climate. *International journal of biometeorology*. 1992. T. 36. № 2. P. 77–87.
  30. Kadzere C. et al. Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livestock Science*. 2002. T. 77. № 1. P. 59–91.
  31. Kennedy B. Thermoregulation and the effects of heat stress on dairy cattle. *Production Medicine Graduate Program*. 1999.
  32. Kuman N., Koknaroglu H. Developing an early warning system for heat stress in cattle. *JABB-Online Submission System*. 2016. T. 4. № 3. P. 89–92.
  33. Lamy E. et al. Detection of 70 kDa heat shock protein in the saliva of dairy cows. *Journal of Dairy Research*. 2017. T. 84. № 3. P. 280–282.
-

34. Mader T., Davis M., Brown-Brandl T. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *Journal of Animal Science*. 2006. Т. 84. № 3. P. 712–719.
  35. Mader T., Johnson L., Gaughan J. A comprehensive index for assessing environmental stress in animals. *Journal of Animal Science*. 2010. Т. 88. № 6. P. 2153–2165.
  36. Matthews T., Wilby R., Murphy C. Communicating the deadly consequences of global warming for human heat stress. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2017. Т. 114. № 15. P. 3861–3866.
  37. Nguyen T. et al. Genomic selection for tolerance to heat stress in Australian dairy cattle. *Journal of dairy science*. 2016. Т. 99. № 4. P. 2849–2862.
  38. Nguyen T. et al. Implementation of a breeding value for heat tolerance in Australian dairy cattle. *Journal of dairy science*. 2017. Т. 100. № 9. P. 7362–7367.
  39. O'Driscoll K., Boyle L., Hanlon A. A brief note on the validation of a system for recording lying behaviour in dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science*. 2008. Т. 111. № 1. P. 195–200.
  40. Polsky L., von Keyserlingk M. Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. *Journal of dairy science*. 2017. Т. 100. № 11. P. 8645–8657.
  41. Pragna P. et al. Heat stress and dairy cow: impact on both milk yield and composition. *Int J Dairy Sci*. 2017. Т. 12. № 1. P. 1–11.
  42. Ravagnolo O., Misztal I. Genetic component of heat stress in dairy cattle, parameter estimation. *Journal of Dairy Science*. 2000. Т. 83. № 9. P. 2126–2130.
  43. Sadek R. et al. Future climate change and its influence on milk production of holstein cattle maintained in the Nile delta of Egypt. *Egyptian J. Anim. Prod*. 2015. Т. 52. № 3. P. 179–184.
  44. Schüller L. Influence of heat stress on the reproductive performance of dairy cows in the moderate climate of the temperate latitude. Freie Universität Berlin, 2015.
  45. Shevchenko O. et al. Long-term analysis of heat waves in Ukraine. *International journal of climatology*. 2014. Т. 34. № 5. P. 1642–1650.
  46. Solymosi N. et al. Changing climate in Hungary and trends in the annual number of heat stress days. *International journal of biometeorology*. 2010. Т. 54. № 4. P. 423–431.
  47. Srikanth K. et al. Transcriptome analysis and identification of significantly differentially expressed genes in Holstein calves subjected to severe thermal stress. *International journal of biometeorology*. 2017. Т. 61. № 11. P. 1993–2008.
  48. St-Pierre N., Cobanov B., Schnitkey G. Economic losses from heat stress by US livestock industries. *Journal of dairy science*. 2003. Т. 86. P. E52–E77.
  49. Vaculikova M., Chladek G. The effect of high barn temperature on the behaviour in Holstein dairy cows. *MendelNet2017*. 2017. P. 294–297.
  50. West J. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of dairy science*. 2003. Т. 86. № 6. P. 2131–2144.
-