



Влияние теплового стресса на репродуктивные качества свиноматок крупной белой породы

© 2025. С. Н. Гудков , Н. Н. Горб, О. А. Зайко, Л. П. Ермакова, А. Интханухак
ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет»,
г. Новосибирск, Российская Федерация

Работа посвящена изучению репродуктивных качеств свиноматок, подвергшихся тепловому стрессу после осеменения, в период осеменения и до осеменения (I, II и III группы соответственно). В племенном репродукторе поддерживается постоянная температура в пределах 18,0...21,0 °С. Условия теплового стресса (22,08±4,28...25,02±5,02 °С) возникли в результате сбоя системы кондиционирования в помещениях промышленного свиного комплекса и продолжались в течение шести недель. Наибольший негативный эффект проявился у свиноматок, подвергшихся максимальному тепловому стрессу во время осеменения (II группа) – у них наблюдали снижение оплодотворяемости по сравнению с I группой на 4,6 %, увеличение количества слаборазвитых поросят – на 2,5 и 6,1 % по отношению к I и III группам, мертворожденных – соответственно на 4,3 и 4,1 %; количество мумифицированных поросят было больше по отношению к III группе. У свиноматок, подвергшихся воздействию высоких температур до осеменения (III группа), отмечено увеличение слаборазвитых поросят по отношению к I группе на 3,7 %. У свиноматок, осемененных до теплового воздействия (I группа), негативных последствий на репродуктивные показатели не обнаружено.

Ключевые слова: оплодотворяемость, многоплодие, поросята, осеменение, тепловое воздействие

Благодарности: исследование выполнено без финансового обеспечения в рамках инициативной тематики.

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Гудков С. Н., Горб Н. Н., Зайко О. А., Ермакова Л. П., Интханухак А. Влияние теплового стресса на репродуктивные качества свиноматок крупной белой породы. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2025;26(1):166–173. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2025.26.1.166-173>

Поступила: 03.10.2024

Принята к публикации: 19.02.2025

Опубликована онлайн: 26.02.2025

Effect of thermal stress on the reproductive qualities of large white breed sows

© 2024. Sergey N. Gudkov , Natalya N. Gorb, Olga A. Zajko,
Ludmila P. Ermakova, Anton Intkhanukhak

Novosibirsk State Agricultural University, Novosibirsk, Russian Federation

The work is devoted to the study of reproductive qualities of sows subjected to heat stress after insemination during the period of insemination and before insemination (I, II and III groups, respectively). The breeding reproducer maintains a constant temperature in the range of 18.0...21.0 °C. Heat stress conditions (22.08±4.28...25.02±5.02 °C) arose as a result of a malfunction in the air conditioning system in the premises of an industrial pig complex and lasted for six weeks. The greatest negative effect was observed in sows subjected to maximum heat stress during insemination (II group) – they had a decrease in fertility compared to the I group by 4.6 %, an increase in the number of underdeveloped piglets – by 2.5 and 6.1 % compared to the I and III groups, stillborns – by 4.3 and 4.1 %, respectively; the number of mummified piglets was also higher compared to the III group. In sows exposed to high temperatures before insemination (III group), there was an increase in underdeveloped piglets compared to the I group by 3.7 %. In sows inseminated before exposure to heat (I group), no negative consequences were found for their reproductive indicators.

Keywords: conception rate, prolificacy, piglets, insemination, thermal effects

Acknowledgements: the research was carried out without financial support within initiative theme.

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors stated no conflict of interest.

For citation: Gudkov S. N., Gorb N. N., Zajko O. A., Ermakova L. P., Intkhanukhak A. Effect of thermal stress on the reproductive qualities of large white breed sows. *Agrarnaya nauka Euro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2025;26(1):166–173. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2025.26.1.166-173>

Received: 03.10.2024

Accepted for publication: 19.02.2025

Published online: 26.02.2025

Стрессы, сопряженные с действием различных экологических, в том числе температурных факторов, являются одной из актуальных проблем современного животно-

водства. Д. С. Поллманн (D. S. Pollmann, 2010) отмечает, что ежегодно в США потери от теплового стресса в свиноводстве составляют почти 1 млрд долларов [1].

Проблема с течением времени приобретает все более актуальное значение, так как одним из опасных последствий изменения климата является увеличение количества экстремальных погодных явлений и сопряженная с ним уязвимость климатически зависимых отраслей. Важность этого вопроса нашла свое отражение в Климатической доктрине, в которой обозначены пути адаптации сельского хозяйства к изменениям климата [2]. Также имеет смысл отметить, что селекция на повышение продуктивности делает животных более уязвимыми к тепловому стрессу, так как оно сопряжено с активизацией метаболических процессов, которые сопровождаются выработкой тепла [3].

Механизм развития теплового стресса напрямую связан со стремлением организма снизить выработку тепла, поэтому животное при повышении окружающей температуры потребляет корма в меньшем объеме [4]. Однако такая поведенческая реакция является не единственным фактором, оказывающим влияние на продуктивность. Л. Х. Баумгард и др. (L. H. Baumgard et al., 2011) отмечают, что снижение удоев у лактирующих коров, находящихся в состоянии теплового стресса, только на 50 % может быть объяснено уменьшением потребления корма [5].

Тепловой стресс запускает в организме широкое разнообразие процессов, провоцирующих метаболические и физиологические последствия, негативным образом сказывающихся на продуктивности сельскохозяйственных животных. Э. Дж. Майорга с соавт. (E. J. Mayorga et al., 2020) утверждают, что большинство негативных последствий теплового стресса связаны с кишечником, точнее с нарушением целостности кишечного барьера [6]. Патогенез этого явления связан с перераспределением кровотока от желудочно-кишечного тракта к периферии с целью увеличения теплоотдачи. Этот процесс провоцирует гипоксию в кишечнике, что в свою очередь способствует накоплению свободных радикалов и ухудшению его архитектуры на клеточном уровне. Через такой «протекающий кишечник» («leaky gut») в организм проникают пищевые и микробные антигены и токсины, запуская физиологические и патофизиологические реакции практически во всех органах и системах [7].

Имеющиеся исследования подтверждают большое разнообразие негативных последствий теплового стресса на продуктивность.

В частности, в свиноводстве потери дохода обусловлены снижением темпов роста, изменением состава туши, снижением производительности свиноматок, увеличением заболеваемости и смертности поросят, ухудшением спермопродукции хряков [8, 9, 10, 11].

Репродуктивная система в этом отношении особенно уязвима. Здесь механизмы негативного влияния теплового стресса нашли широкий спектр приложения. Спровоцированная тепловым стрессом гиперинсулинемия качественно преобразует метаболизм яичников, приводя к стимуляции стероидогенеза и, как следствие, сезонному бесплодию [12, 13]. Проникшие через «протекающий кишечник» эндотоксины повышают атрезию фолликулов с последующим уменьшением пула примордиальных фолликулов и снижают уровень гонадотропин-рилизинг-гормона с соответствующими последствиями. Повышенная индукция простагландина F_{2α}, спровоцированная все теми же эндотоксинами, вызывает преждевременный лютеолиз [14].

В работах, посвященных роли теплового стресса в свиноводстве, приводятся данные о способности этого деструктивного фактора снижать показатели оплодотворения и жизнеспособности эмбрионов, а также веса поросят после отъема [15]. Дж. Р. Росс и др. (J. R. Ross et al., 2015) утверждают, что тепловой стресс у свиней в процессе беременности навсегда изменяет метаболизм и состав тела потомства после рождения, оказывая таким образом отдаленные последствия [8]. Здесь же приводятся данные о провоцировании тепловым стрессом задержки наступления половой зрелости у свинок, увеличения интервала между отъемом и течкой, а также снижения показателей беременности и опороса.

Цель исследования – изучение влияния теплового стресса на некоторые репродуктивные показатели свиноматок крупной белой породы, осемененных до, во время и после воздействия высоких температур в условиях промышленного комплекса.

Научная новизна – в результате проведенных исследований установлено, что репродуктивные качества свиноматок крупной белой породы наиболее уязвимы к воздействию теплового стресса в период оплодотворения.

Материал и методы. Исследования проводили в европейской части России на базе племрепродуктора. Постоянный температурный режим в племрепродукторе свинокомплекса

поддерживали в пределах 18,0...21,0 °С. Повышение температуры в репродукторе выше оптимальных значений возникло в летнее время в результате сбоя в системе вентилирования и кондиционирования, при этом температура была в пределах 22,08±4,28 ...25,02±5,02 °С. Динамику температур в производственных помещениях регистрировали в программе управления вентилированием Valtonic.

Исходные данные по температурам в помещениях репродуктора представлены значениями трех средних арифметических по каждой неделе опыта согласно времени производимых измерений: утро, полдень и вечер. На основании этих данных провели расчет средних значений температур по каждой неделе.

Объектом исследований служили свиноматки крупной белой породы, пришедшие в охоту и осемененные до теплового стресса, во время теплового стресса и после него. В соответствии с этим животные были разделены на три группы: 1-я – свиноматки, осемененные с 1-й по 5-ю неделю эксперимента; 2-я – свиноматки, осемененные с 6-й по 11-ю неделю опыта (время воздействия высоких температур); 3-я – свиноматки, осемененные после теплового стресса (12-я и 13-я недели). В сформированных группах определяли следующие показатели: оплодотворяемость; многоплодие; количество живых, деловых, слаборазвитых и мертворожденных поросят; количество мумифицированных поросят учитывали отдельно. Всего в эксперименте получены данные за 13 недель по 531 свиноматке.

Сперма хряков, используемая для осеменения, соответствовала требованиям нормативно-технической документации (ГОСТ 33827-2016¹).

Статистическую обработку данных и построение графиков выполняли с использованием языка программирования R в среде R-Studio. При выборе методов статистической обработки проводили проверку данных на соответствие нормальному распределению по методу Шапиро-Уилка (Shapiro–Wilk test). Ввиду несоответствия большинства признаков гауссовскому распределению, расчеты на достоверность различий проводили с использованием критерия Краскела-Уоллиса (Kruskal Wallis test) и теста Данна (Dunn test) – непараметрического

эквивалента однофакторного дисперсионного анализа². Расчет распределения живых, деловых, слаборазвитых и мертворожденных поросят в исследуемых группах проводили с использованием критерия χ^2 (хи-квадрат) с поправкой Йетса (Yates) на непрерывность; влияние среднесуточных температур в помещении на оплодотворяемость свиноматок определяли с помощью критерия Фишера³.

Результаты и их обсуждение. В племрепродукторе поддерживается постоянная температура в пределах 18,0...21,0 °С за счет программы климатического контроля Valtonic, работающей в комплексе с промышленными кондиционерами Ferroli FTP.

На рисунке 1 представлена динамика среднесуточных температур в помещениях племрепродуктора за исследуемый период.

Из рисунка 1 видно, что с 1-й по 5-ю неделю средние значения температур в помещениях племрепродуктора находились в пределах от 19,31±0,18 до 21,11±1,79 °С. То есть в этот период система кондиционирования поддерживала температуру в помещениях на приемлемом уровне. На 6-ой неделе среднее значение температур увеличилось до 25,02±5,02 °С; высокий коэффициент вариации (11,96) свидетельствует о широких колебаниях температур в этот период. С 7-й по 9-ю недели температура в помещениях была стабильно высокой – от 23,56±2,10 до 23,88±1,67. На 10-й неделе наблюдали некоторое снижение средних значений до 22,08±4,28 при достаточно значительной изменчивости этого показателя (CV = 19,37). В период 11-ой недели повышенные температуры еще сохранялись – 23,52±3,81. Только на 12-13-й неделе температура снизилась до приемлемых величин – от 20,61±1,73 до 21,09±2,08.

В таблице 1 приведены данные по осеменению, оплодотворяемости и опоросам свиноматок исследуемых групп.

Проведенный тест Фишера показал (табл. 1) что процент оплодотворившихся свиноматок во второй группе получили ниже ($p = 0,029$) на 4,6 %, чем у свиноматок, оплодотворившихся до воздействия высоких температур. Различий по этому признаку у других групп не наблюдали.

¹ГОСТ 33827-2016. Сперма хряков свежеполученная, разбавленная. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2016. 7 с. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293752/4293752082.pdf>

²Dinno A. Package “dunn.test.” In: CRAN Repos [Internet]. DOI: <https://doi.org/10.32614/CRAN.package.dunn.test>

³Мастицкий С. Э., Шитиков В. К. Статистический анализ и визуализация данных с помощью R. Хальдельберг-Лондон-Тольятти, 2014. 497 с. URL: <http://r-analytics.blogspot.com>

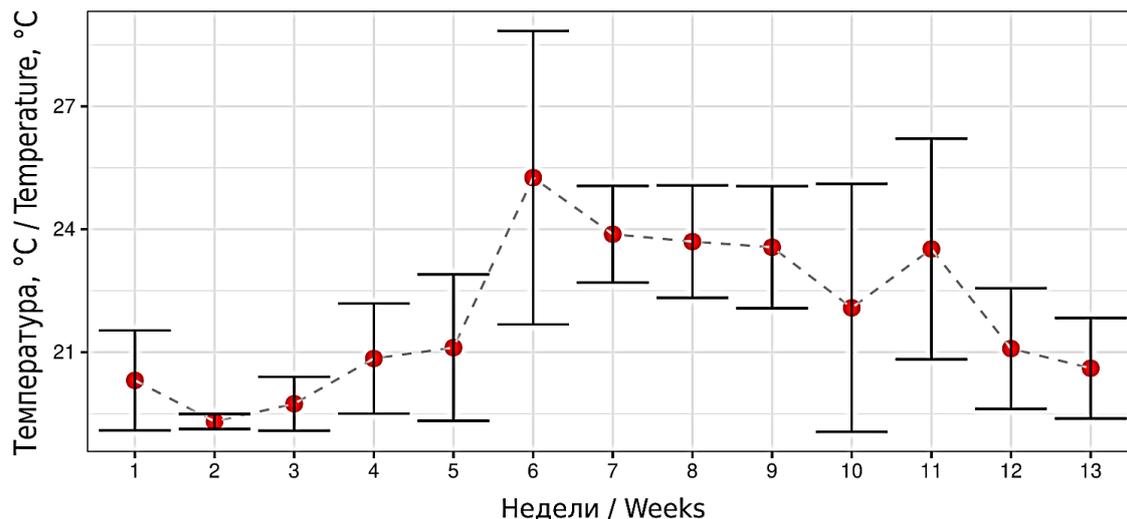


Рис. 1. Динамика температуры в помещениях племярепродуктора за исследуемый период: точки – средние арифметические температур за неделю; «усы» – ошибки средних арифметических /

Fig. 1. Temperature dynamics in the rooms of the breeding reproducer during the studied period: dots represent – the average weekly temperatures; "whiskers" – indicate errors of arithmetic means.

Таблица 1 – Оплодотворяемость свиноматок, осемененных при разных температурах в племярепродукторе /
Table 1 – Fertilization of sows inseminated at different temperatures in a breeding reproducer

| Группа / Group | Свиноматки, гол / No. of sows, heads | | | | Оплодотво- ряемость, % / Conception rate, % | Опоросов, % / Farrowings, % |
|-------------------|--------------------------------------|------------------------------------|----------------------|-------------------------------|---|-----------------------------------|
| | осемененные / inseminated | прохолостившиеся / non-pregnant | выбывшие / culled | опоросив- шиеся / farrowed | | |
| 1 | 227 | 6 | 3 | 218 | 97,36* | 96,04 |
| 2 | 221 | 16 | 6 | 199 | 92,76 | 90,05 |
| 3 | 83 | 3 | 0 | 80 | 96,39 | 96,39 |

Примечания: здесь и далее звездочками (*, **, ***) обозначается уровень значимости различий по сравнению со 2-й группой; решеткой (#, ##, ###) – уровень значимости различий между 1-й и 3-й группами. Температурные диапазоны на момент осеменения: 1-я группа – 19,31±0,18...21,11±1,79 °С; 2-я группа – 22,08±4,28...25,02±5,02 °С; 3-я группа – 20,61±1,73...21,09±2,08 °С /

Notes: here and throughout asterisks (*, **, ***) denote the level of significance of differences compared to group 2; the grid (#, ##, ###) denote the level of significance of differences compared to group 3 with group 1. Temperature ranges at the time of insemination: group 1 – 19.31±0.18...21.11±1.79 °C; group 2 – 22.08±4.28...25.02±5.02 °C; group 3 – 20.61±1.73...21.09±2.08 °C

В таблице 2 приведены данные по многоплодию, количеству живых и деловых поросят.

Проведенный тест Шапиро-Уилка показал, что распределение по рассматриваемым признакам во всех выборках отличается от нормального. Средние арифметические не сильно отличаются от медианных значений; тепловой стресс не оказывал существенного влияния на изменчивость.

Свиноматки, подвергшиеся тепловому стрессу (2-я группа) отстают от свиноматок первой и второй групп по всем трем рассматриваемым признакам. В то же время у свиноматок 1-й группы по многоплодию и количеству живых поросят по сравнению с 3-й группой различий не отмечено; однако количество деловых поросят у свиноматок 3-й группы было выше, чем у 1-й группы (p = 0,002), оплодотворившейся до воздействия теплового стресса.

Данные по количеству слаборазвитых, мертворожденных и мумифицированных поросят приведены в таблице 3.

Количество слаборазвитых и мертворожденных поросят у свиноматок 2-й группы больше, чем у свиноматок двух других групп. У свиноматок 2-й группы количество мумифицированных поросят больше, чем у свиноматок 3-й группы (p = 0,029) и видна тенденция к увеличению по сравнению с 1-й группой (p = 0,081). Что касается различий у свиноматок 1-й и 3-й групп, то здесь они проявились по слаборазвитым поросятам – в 1-й группе этот показатель был выше, чем в 3-й (p = 0,012).

Соотношение живых, деловых, слаборазвитых и мертворожденных поросят в исследуемых группах представлено в таблице 4.

**Таблица 2 – Многоплодие, количество живых и деловых поросят свиноматок крупной белой породы, осемененных при разных температурах в племрепродукторе, гол /
Table 2 – Prolificacy, the number of live and viable piglets of large white breed sows inseminated at different temperatures in a breeding reproductor, heads**

| Группа / Group | n | $\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$ | σ | Me | Lim | Q ₁ | Q ₃ | IQR |
|----------------------------------|-----|---------------------------|----------|----|------|----------------|----------------|-----|
| Многоплодие / Litter | | | | | | | | |
| 1 | 218 | 13,66±0,15** | 2,29 | 14 | 5–19 | 13 | 14 | 2 |
| 2 | 199 | 13,19±0,15 | 2,05 | 13 | 6–19 | 12 | 13 | 2 |
| 3 | 80 | 13,99±0,20*** | 1,81 | 14 | 8–17 | 13 | 15 | 2 |
| Живых поросят / Live piglets | | | | | | | | |
| 1 | 218 | 12,93±0,15*** | 2,27 | 13 | 5–16 | 12 | 13 | 2 |
| 2 | 199 | 11,92±0,14 | 2,00 | 12 | 6–16 | 11 | 12 | 2 |
| 3 | 80 | 13,21±0,19*** | 1,72 | 14 | 7–16 | 12 | 14 | 2 |
| Деловых поросят / Viable piglets | | | | | | | | |
| 1 | 218 | 11,75±0,15*** | 2,24 | 12 | 5–16 | 11 | 12 | 2 |
| 2 | 199 | 10,45±0,14 | 1,94 | 11 | 3–15 | 9 | 11 | 3 |
| 3 | 80 | 12,51±0,21*** ### | 1,92 | 13 | 3–15 | 12 | 14 | 2 |

Примечания: здесь и далее n – обозначает объем выборки; $\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$ – среднее арифметическое ± ошибка средней арифметической; σ – стандартное отклонение; Me – медиана; Lim – максимальное и минимальное значения признака в выборке; Q₁ – первый квартиль; Q₃ – третий квартиль; IQR – межквартильный размах. Температурные диапазоны на момент осеменения: 1-я группа – 19,31±0,18...21,11±1,79 °С, 2-я группа – 22,08±4,28...25,02±5,02 °С, 3-я группа – 20,61±1,73...21,09±2,08 °С /

Notes: here and further, n denotes the sample size; $\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$ is the arithmetic mean plus-minus the standard error of the mean; σ is the standard deviation; Me is the median; Lim represents the maximum and minimum values of the trait in the sample; Q₁ is the first quartile; Q₃ is the third quartile; IQR stands for interquartile range. Temperature ranges at the time of insemination: group 1 – 19.31±0.18...21.11±1.79 °C, group 2 – 22.08±4.28... 25.02±5.02 °C, group 3 – 20.61±1.73...21.09±2.08 °C

**Таблица 3 – Количество слаборазвитых, мертворожденных и мумифицированных поросят в помете свиноматок крупной белой породы, осемененных при разных температурах в племрепродукторе, гол /
Table 3 – The number of underdeveloped, stillborn, and mummified piglets in a litter of large white breeds inseminated at different temperatures in a breeding reproductor, heads**

| Группа / Group | n | $\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$ | σ | Me | Lim | Q ₁ | Q ₃ | IQR |
|--|-----|---------------------------|----------|----|-----|----------------|----------------|-----|
| Слаборазвитых поросят / Underdeveloped piglets | | | | | | | | |
| 1 | 218 | 1,18±0,10** | 1,40 | 1 | 0–8 | 0 | 1 | 2 |
| 2 | 199 | 1,47±0,10 | 1,45 | 1 | 0–8 | 0 | 1 | 2 |
| 3 | 81 | 0,70±0,09*** # | 0,79 | 1 | 0–5 | 0 | 1 | 1 |
| Мертворожденных поросят / Stillborn piglets | | | | | | | | |
| 1 | 218 | 0,72±0,06*** | 0,95 | 0 | 0–4 | 0 | 0 | 1 |
| 2 | 199 | 1,27±0,09 | 1,27 | 1 | 0–5 | 0 | 1 | 2 |
| 3 | 81 | 0,78±0,11** | 0,98 | 1 | 0–5 | 0 | 1 | 1 |
| Мумифицированных поросят / Mummified piglets | | | | | | | | |
| 1 | 218 | 0,09±0,02 | 0,32 | 0 | 0–2 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 199 | 0,16±0,03 | 0,48 | 0 | 0–3 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 81 | 0,05±0,02* | 0,22 | 0 | 0–1 | 0 | 0 | 0 |

Таблица 4 – Процентное соотношение живых, деловых, слаборазвитых и мертворожденных поросят у свиноматок разных групп, гол (%) /

Table 4 – Percentage of live, viable, underdeveloped, and stillborn piglets of sows from different groups, heads (%)

| Группа / Group | Поросят всего / Total number of piglets | Живых / Live | Деловых / Viable | Слаборазвитых / Underdeveloped | Мертворожденных / Stillborn |
|----------------|---|----------------|-------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| 1 | 2977 (100) | 2819 (94,7)*** | 2562 (86,1)****## | 257 (8,6)****## | 158 (5,3)*** |
| 2 | 2625 (100) | 2372 (90,4) | 2080 (79,2) | 292 (11,1) | 253 (9,6) |
| 3 | 1119 (100) | 1057 (94,5)*** | 1001 (89,5)*** | 56 (5,0)*** | 62 (5,5)*** |

Расчет критерия хи-квадрат по данным, приведенным в таблице 4, показал существенное влияние теплового стресса на соотношение живых и мертворожденных поросят во 2-й группе по сравнению с 1-й ($p < 0,001$) и 3-й группами ($p < 0,001$). Между 1-й и 3-й группами по этим показателям различий не отмечено. По соотношению деловых и слаборазвитых поросят различия отмечены во всех трех группах (во всех случаях $p < 0,001$).

Таким образом, количество мертворожденных поросят во 2-й группе по сравнению с 1-й и 3-й больше на 4,3 и 4,1 % соответственно, слаборазвитых поросят больше всего в группе, подвергшейся тепловому стрессу во время осеменения – разница по процентам составила 2,5 и 6,1 % соответственно. Слаборазвитых поросят в 1-й группе больше, чем в 3-й на 3,6 %. Визуально распределение поросят по группам свиноматок представлено на рисунке 2.

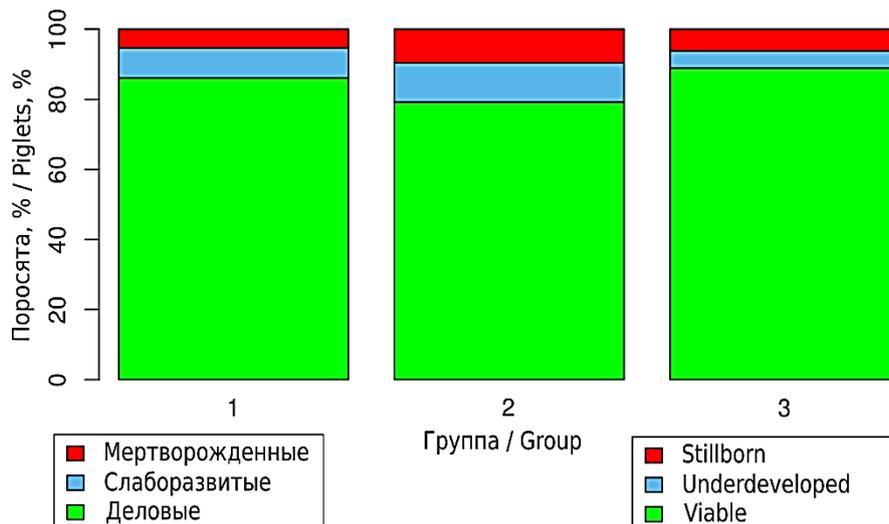


Рис. 2. Процентное соотношение деловых, слаборазвитых и мертворожденных поросят в исследуемых группах /

Fig. 2. Percentage of live, viable, underdeveloped, and stillborn piglets among sows in groups under study

В представленном исследовании все три группы свиноматок подверглись воздействию теплового стресса: после, во время и до оплодотворения. Наибольший ущерб был нанесен репродуктивным показателям свиноматок, подвергшихся тепловому стрессу во время оплодотворения (2-я группа), наименьший – после теплового воздействия (3-я группа).

В. Хлопицкий (2022) упоминает следующие естественные критические периоды у свиноматок, определяющие потери супоросности в эмбриональный период: первый период определяется биологической неодинаковостью (разнокачественностью) зародышей – часть из них оказывается неполноценной вследствие наследственных факторов или неполноценности

половых клеток; второй период наступает на 5-6-ой день после оплодотворения как следствие разрыва прозрачной оболочки; третий период – имплантация эмбриона в слизистую оболочку (10-13-ый день после оплодотворения); четвертый период длится около 30 суток и связан с образованием плацентарной связи, закладкой органов и систем организма [16].

У свиноматок 1-й группы негативный эффект выразился в снижении процента деловых и увеличении слаборазвитых поросят. На момент воздействия теплового стресса у большинства животных этой группы уже произошло оплодотворение, и нидация зародышей. Вероятно поэтому здесь наблюдали более высокий процент оплодотворяемости по сравнению

со свиноматками 2-й группы, увеличение количества слабозрелых поросят по сравнению со свиноматками 3-й группы, по-видимому, связано с негативным эффектом теплового стресса на формирование плацентарной связи и закладку основных систем организма (четвертый критический период).

Первые три критических периода из вышеперечисленных приходятся на период теплового стресса у свиноматок 2-ой группы. Кроме того, учитывая, что воздействие теплового стресса продолжалось в течение 6 недель, то и формирование системы мать-плод также, как и у свиноматок 1-й группы, приходилось на период теплового стресса, за исключением свиноматок, оплодотворенных на 10-11 неделях. Также у большинства свиноматок этой группы формирование и созревание фолликулов приходилось на этот промежуток времени. Таким образом, у свиноматок 2-й группы наблюдали негативный эффект практически по всем рассмотренным показателям: снижение оплодотворяемости и многоплодия; увеличение количества слабозрелых, мертворожденных и мумифицированных поросят при соответственном снижении выхода живых и деловых поросят.

В литературе имеется достаточное количество данных, описывающих целый каскад физиологических эффектов в яичниках под влиянием теплового стресса. Выше упоминались работы, раскрывающие причины сезонного бесплодия свиноматок, спровоцированного тепловым стрессом [12, 13, 14]. Однако в настоящем исследовании у свиноматок 3-й группы, оплодотворившихся после шести недель воздействия теплового стресса, негативных последствий, в свете рассматриваемых признаков репродуктивности, не отмечалось. В частности, оплодотворяемость и многоплодие свиноматок, осемененных после теплового стресса не отличались от таковых у свиноматок, осемененных до теплового воздействия (табл. 1). Отсутствие

выраженных последствий в данном случае вероятно связано с тем, что физиологические изменения в яичниках не достигли критического значения, способного повлиять на фолликулогенез. В пользу такого предположения можно привести данные Э. Дж. Майорга с соавт. (E. J. Mayorga et al., 2011), которые в своей работе указывали, что определение критических значений индекса температуры и влажности (ТНІ), способных оказывать негативный эффект на те или иные репродуктивные показатели, в свиноводстве затруднен в силу различных факторов: возрастных особенностей; физиологического состояния и степени жировых отложений [6]. Снижение оплодотворяемости и многоплодия во 2-й группе свиноматок, в свете приведенного предположения, видится как результат повышенной эмбриональной смертности.

Заключение. Максимальный деструктивный эффект на репродуктивные показатели тепловой стресс оказал в период осеменения свиноматок (2-я группа; температурный диапазон – $22,08 \pm 4,28 \dots 25,02 \pm 5,02$ °С). В сравнении со свиноматками, осемененными до теплового воздействия (1-я группа; температурный диапазон – $19,31 \pm 0,18 \dots 21,11 \pm 1,79$ °С) у свиноматок, осемененных во время действия высоких температур (2-я группа), наблюдали снижение оплодотворяемости на 4,6 % ($p = 0,029$). В сравнении со свиноматками, подвергшимся тепловому воздействию до (1-я группа) и после (3-я группа; температурный диапазон – $20,61 \pm 1,73 \dots 21,09 \pm 2,08$ °С) осеменения у свиноматок, осемененных во время действия высоких температур, наблюдали также снижение многоплодия на 3,5 и 6,1 % ($p \leq 0,01$ и $p \leq 0,001$), увеличение количества слабозрелых поросят на 2,5 и 6,1 % ($p \leq 0,01$ и $p \leq 0,001$) и мертворожденных на 4,3 и 4,1% ($p \leq 0,001$ и $p \leq 0,01$) при снижении живых на 4,3 и 4,1 % ($p \leq 0,001$ и $p \leq 0,001$) и деловых поросят на 6,9 и 10,3 % ($p \leq 0,001$ и $p \leq 0,001$).

References

1. Pollman D. S. Seasonal effects on sow herds: industry experience and management strategies. *Journal Animal Science*. 2010;88(3):9.
2. Кислов А. В., Суркова Г. В. Влияние глобального потепления на климатические ресурсы России. *Экономика. Налоги. Право*. 2021;14(4):6–14. DOI: <https://doi.org/10.26794/1999-849X-2021-14-4-6-14> EDN: SMXUOP
Kislov A. V., Surkova G. V. The impact of global warming on Russia's climate resources. *Ekonomika. Nalogi. Pravo*. 2021;14(4):6–14. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.26794/1999-849X-2021-14-4-6-14>
3. Brown-Brandl T. M., Nienaber J. A., Xin H., Gates R. S. A literature review of swine heat production. *Transactions of the ASAE*. 2004;47(1):259–270. DOI: <https://doi.org/10.13031/2013.15867>
4. Baumgard L. H., Rhoads Jr. R. P. Effects of heat stress on postabsorptive metabolism and energetics. *Annual Review of Animal Biosciences*. 2013;1(1):311–337. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-031412-103644>
5. Baumgard L. H., Wheelock J. B., Sanders S. R., Moore C. E., Green H. B., Waldron M. R., Rhoads R. P. Postabsorptive carbohydrate adaptations to heat stress and monensin supplementation in lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 2011;94(11):5620–5633. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4462>

6. Mayorga E. J., Ross J. W., Keating A. F., Rhoads R. P., Baumgard L. H. Biology of heat stress; the nexus between intestinal hyperpermeability and swine reproduction. *Theriogenology*. 2020;154:73–83. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.05.023>
7. Lambert G. P. Stress-induced gastrointestinal barrier dysfunction and its inflammatory effects. *Journal of Animal Science*. 2009;87(14):E101–E108. URL: <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1339>
8. Ross J. W., Hale B. J., Gabler N. K., Rhoads R. P., Keating A. F., Baumgard L. H. Physiological consequences of heat stress in pigs. *Animal Production Science*. 2015;55(12):1381–1390. DOI: <https://doi.org/10.1071/AN15267>
9. Mayorga E. J., Renaudeau D., Ramirez B. C., Ross J. W., Baumgard L. H. Heat stress adaptations in pigs. *Animal Frontiers*. 2019;9(1):54–61. DOI: <https://doi.org/10.1093/af/vfy035>
10. Гутман М., Горб Н., Сороколетова В. Влияние теплового стресса. *Животноводство России*. 2022;(3):27–29. DOI: <https://doi.org/10.25701/ZZR.2022.03.03.001> EDN: VUKOOD
- Gutman M., Gorb N., Sorokoletova V. Effect of thermal stress. *Zhivotnovodstvo Rossii*. 2022;(3):27–29. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25701/ZZR.2022.03.03.001>
11. Wettemann R. P., Wells M. E., Omtvedt I. T., Pope C. E., Turman E. J. Influence of elevated ambient temperature on reproductive performance of boars. *Journal of Animal Science*. 1976;42(3):664–669. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas1976.423664x>
12. Nteeba J., Sanz-Fernandez M. V., Rhoads R. P., Baumgard L. H., Ross J. W., Keating A. F. Heat stress alters ovarian insulin-mediated phosphatidylinositol-3 kinase and steroidogenic signaling in gilt ovaries. *Biology of Reproduction*. 2015;92(6):148. DOI: <https://doi.org/10.1095/biolreprod.114.126714>
13. Dickson M. J., Hager C. L., Al-Shaibi A., Thomas P. Q., Baumgard L. H., Ross J. W., Keating A. F. Impact of heat stress during the follicular phase on porcine ovarian steroidogenic and phosphatidylinositol-3 signaling. *Journal of Animal Science*. 2018;96(6):2162–2174. DOI: <https://doi.org/10.1093/jas/sky144>
14. Bidne K. L., Dickson M. J., Ross J. W., Baumgard L. H., Keating A. F. Disruption of female reproductive function by endotoxins. *Reproduction*. 2018;155(4):R169–R181. DOI: <https://doi.org/10.1530/REP-17-0406>
15. Omtvedt I. T., Nelson R. E., Edwards R. L., Stephens D. F., Turman E. J. Influence of heat stress during early, mid and late pregnancy of gilts. *Journal of Animal Science*. 1971;32(2):312–317. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas1971.322312x>
16. Хлопицкий В. Критические точки периода супоросности. *Животноводство России*. 2022;(12):27–30. DOI: <https://doi.org/10.25701/ZZR.2022.12.12.006> EDN: OZRCTL
- Khlopitskiy V. Critical points of the sow pregnancy time. *Zhivotnovodstvo Rossii*. 2022;(12):27–30. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25701/ZZR.2022.12.12.006>

Сведения об авторах

✉ **Гудков Сергей Николаевич**, кандидат биол. наук, доцент кафедры терапии, хирургии и акушерства, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет», ул. Добролюбова, д. 160, г. Новосибирск, Российская Федерация, 630039, e-mail: rector@nsau.edu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3521-7727>, e-mail: gudkovsergey@gmail.com

Горб Наталья Николаевна, кандидат вет. наук, доцент кафедры терапии, хирургии и акушерства, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет», ул. Добролюбова, д. 160, г. Новосибирск, Российская Федерация, 630039, e-mail: rector@nsau.edu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8854-0412>

Зайко Ольга Александровна, кандидат биол. наук, доцент кафедры терапии, хирургии и акушерства, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет», ул. Добролюбова, д. 160, г. Новосибирск, Российская Федерация, 630039, e-mail: rector@nsau.edu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3159-3772>

Ермакова (Сажнюк) Людмила Петровна, кандидат вет. наук, доцент кафедры фармакологии и общей патологии, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет», ул. Добролюбова, д. 160, г. Новосибирск, Российская Федерация, 630039, e-mail: rector@nsau.edu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2828-3957>

Интханухак Антон, аспирант кафедры фармакологии и общей патологии, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет», ул. Добролюбова, д. 160, г. Новосибирск, Российская Федерация, 630039, e-mail: rector@nsau.edu.ru

Information about the authors

✉ **Sergey N. Gudkov**, PhD in Biological Science, associate professor, the Department of Therapy, Surgery and Obstetrics, Novosibirsk State Agricultural University, Dobrolyubova Street, 160, Novosibirsk, Russian Federation, 630039, e-mail: rector@nsau.edu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3521-7727>, e-mail: gudkovsergey@gmail.com

Natalya N. Gorb, PhD in Veterinary Science, associate professor, the Department of Therapy, Surgery and Obstetrics, Novosibirsk State Agricultural University, Dobrolyubova Street, 160, Novosibirsk, Russian Federation, 630039, e-mail: rector@nsau.edu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8854-0412>

Olga A. Zajko, PhD in Biological Science, associate professor, the Department of Therapy, Surgery and Obstetrics, Novosibirsk State Agricultural University, Dobrolyubova Street, 160, Novosibirsk, Russian Federation, 630039, e-mail: rector@nsau.edu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3159-3772>

Ludmila P. Ermakova (Sazhnyuk), PhD in Veterinary Science, associate professor, the Department of Pharmacology and General Pathology, Novosibirsk State Agricultural University, Dobrolyubova Street, 160, Novosibirsk, Russian Federation, 630039, e-mail: rector@nsau.edu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2828-3957>

Anton Intkhanukhak, postgraduate student, the Department of Pharmacology and General Pathology, Novosibirsk State Agricultural University, Dobrolyubova Street, 160, Novosibirsk, Russian Federation, 630039, e-mail: rector@nsau.edu.ru

✉ – Для контактов / Corresponding author