

## Влияние теплового стресса на оплодотворяемость и многоплодие свиноматок

Н. Н. Горб<sup>✉</sup>, С. Н. Гудков, В. М. Сороколетова

Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

<sup>✉</sup>E-mail: natalya-gorb@mail.ru

**Аннотация.** Изучение влияния теплового стресса на репродуктивные показатели свиней является актуальной проблемой во всем мире. Знание степени влияния теплового стресса на свиней разных пород позволит выбрать экономически обоснованные решения этой проблемы в конкретных условиях. **Цель** – изучить влияние теплового стресса на некоторые показатели репродукции свиноматок разных пород (крупная белая, ландрас, дюрок) и терминальной линии MAXGRO. **Методы.** Исследование проведено на крупном свиноводческом комплексе. Материалом для анализа послужили данные по изменению температуры воздуха в племрепродукторе в период с июня по август (13 недель) и данные по оплодотворяемости, продолжительности супоросности и многоплодия оплодотворенных в этот период свиноматок. С 4-й по 6-ю неделю опыта свиноматки находились в состоянии нарастающего теплового стресса: среднесуточная температура за этот период увеличилась до  $27,68 \pm 1,36$  °С. **Научная новизна.** На широком поголовье свиней впервые проведен сравнительный анализ влияния теплового стресса на оплодотворяемость, продолжительность супоросности и многоплодие свиноматок трех пород: крупная белая, ландрас, дюрок – и терминальной линии MAXGRO. Выявлена разная чувствительность свиноматок к тепловому стрессу. **Результаты.** Установлено, что отрицательное влияние теплового стресса на оплодотворяемость свиноматок зависит от породы. Наиболее чувствительными к повышению температуры оказались свиноматки породы дюрок: оплодотворяемость снизилась на 25,00 % по отношению к дострессовому периоду, наименее чувствительными – свиноматки породы крупная белая: оплодотворяемость снизилась на 9,82 %. На продолжительность супоросности тепловой стресс не оказывал влияния, так же как и на оплодотворяемость, тепловой стресс оказывал отрицательное влияние на многоплодие. Наиболее чувствительны были свиноматки породы дюрок и линии MAXGRO: многоплодие по сравнению с дострессовым периодом уменьшилось на 3,77 и 3,61 головы соответственно, наименее – свиноматки породы крупная белая: многоплодие уменьшилось на 0,38 головы. Наиболее чувствительны к тепловому стрессу свиноматки породы дюрок, далее по снижению чувствительности – терминальной линии MAXGRO, ландрас и крупная белая.

**Ключевые слова:** тепловой стресс, свинья, оплодотворяемость, продолжительность супоросности, многоплодие свиноматок, породы свиней

**Для цитирования:** Горб Н. Н., Гудков С. Н., Сороколетова В. М. Влияние теплового стресса на оплодотворяемость и многоплодие свиноматок // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 06. С. 754–765. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-754-765>.

**Дата поступления статьи:** 04.08.2023, **дата рецензирования:** 18.10.2023, **дата принятия:** 18.03.2024.

## The effect of heat stress on the fertilization of sows and litter size

N. N. Gorb<sup>✉</sup>, S. N. Gudkov, V. M. Sorokoletova  
Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia  
<sup>✉</sup>E-mail: natalya-gorb@mail.ru

**Abstract.** The study of the effect of heat stress on the reproductive parameters of pigs is an urgent problem all over the world. Knowing the degree of influence of heat stress on pigs of different breeds will allow you to choose economically sound solutions to this problem in specific conditions. **The propose** is to study the effect of heat stress on some indicators of reproduction of sows of different breeds (large white, landrace, duroc, MAXGRO). **Methods.** The study was conducted on a large pig breeding complex. The material for the analysis was data on changes in air temperature in the breeding farm in the period from June to August (13 weeks) and data on the fertilization and duration of pregnancy of sows fertilized during this period and the size of the offspring obtained from them. **Scientific novelty.** For the first time, a comparative analysis of the effect of heat stress on fertilization, duration of pregnancy and the size of the offspring of sows of four breeds – large white, landrace, duroc, MAXGRO – was carried out on a wide population of pigs. Different sensitivity of sows to heat stress was revealed. **Results.** From the 4th to the 6th week of the experiment, the sows were in a state of increasing heat stress – the average daily temperature during this period increased to  $27.68 \pm 1.36$  °C. The negative effect of hyperthermia on fertilization was recorded with a delay of 1–3 weeks, depending on the breed. The most sensitive to heat stress were sows of the duroc breed – fertilization decreased by 25.00 % compared to the pre-stress period, the least – sows of the large white breed – fertilization decreased by 9.82 %. The duration of pregnancy was not affected by heat stress. As well as fertilization, heat stress had a negative effect on the size of the litter. The most sensitive were sows of duroc and MAXGRO breeds – the litter size decreased by 3.77 and 3.61 heads compared to the pre-stress period, the least – sows of the large white breed, the size of the litter decreased by 0.38 heads. duroc sows are the most sensitive to heat stress, then, according to sensitivity reduction, MAXGRO, landrace and large white.

**Keywords:** heat stress, hyperthermia, pig, fertilization, duration of pregnancy, litter size, pig breeds

**For citation:** Gorb N. N., Gudkov S. N., Sorokoletova V. M. The effect of heat stress on the fertilization of sows and litter size. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (06): 754–765. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-754-765>. (In Russ.)

**Date of paper submission:** 04.08.2023, **date of review:** 18.10.2023, **date of acceptance:** 18.03.2024.

### Постановка проблемы (Introduction)

Свинина является одним из наиболее востребованных видов мяса во всем мире. Китай занимает первое место по производству свинины, европейские страны находятся на втором месте, страны Северной Америки – на третьем. Прогнозируется, что мировой прирост производства свинины будет происходить за счет развивающихся стран (например, Южная Америка и Юго-Восточная Азия). Многие страны из регионов ожидаемого роста производства свинины характеризуются длительными периодами теплых и влажных периодов. В сочетании с быстро растущим населением ожидается снижение уровня бедности. В этом контексте можно предвидеть, что мировой спрос на свинину к 2050 году вырастет на 50 %, особенно в развивающихся тропических и субтропических странах. В большинстве случаев расширение производства будет достигаться за счет интенсификации, основанной на современных методах управления и на животных с высо-

кими генетическими качествами [1]. Однако среда, в которой фактически производится свинина, часто заметно отличается от условий, в которых происходил генетический отбор. Следовательно, изменение климата в сочетании с миграцией свиноводства и неоптимальной генетикой при взаимодействии с окружающей средой создает значительный барьер для устойчивого удовлетворения глобальной потребности в свинине.

Одним из стресс-факторов среды, оказывающим на животных негативное влияние, является повышенная температура [2–4]. В свиноводстве экономические потери, связанные с тепловым стрессом, в основном объясняются снижением и непостоянством роста свиней, низкой эффективностью кормов, снижением качества туш (повышенное отложение липидов), плохой продуктивностью свиноматок, повышенной смертностью (особенно свиноматок) и заболеваемостью.

У животных, находящихся в условиях теплового стресса, запускается ряд компенсаторных реакций, направленных на обеспечение эвтермии [4]. Устойчивость животных к тепловому стрессу во многом снижена селекцией, которая, как правило, направлена на улучшение показателей продуктивности, связанных с повышенным метаболизмом и, соответственно, выработкой тепла [3; 5]. Ожидается, что антропогенное изменение климата в ближайшем будущем окажет серьезное воздействие на продуктивных животных, включая усиление теплового стресса как при интенсивных, так и при экстенсивных технологиях животноводства [6].

Когда хряки и свинки подвергаются тепловому стрессу, у них в первую очередь рефлекторно увеличивается частота дыхания – усиливается испарительное охлаждение [7] поскольку потоотделение у свиней отсутствует [8], потребление воды и периферический кровоток. Терморегуляторная способность дополнительно осложняется толстым слоем подкожной жировой ткани, препятствующим потере тепла [7]. Кроме того, стрессовый эффект высокой температуры среды повышается при высокой влажности [9].

Воздействие повышенных температур окружающей среды на свиней может привести к снижению репродуктивной эффективности. Снижение репродуктивной способности у свиноматок проявляется анэструсом, увеличением интервала от отъема до эструса, снижением скорости опороса и уменьшением многоплодия. При воздействии теплового стресса только на поздних сроках беременности у свиноматок увеличивается продолжительность родов, снижается масса тела поросят [10] и ухудшается их здоровье [11–13]. Особенно восприимчивы к тепловому стрессу свиноматки на ранних сроках беременности, у них нарушаются рост и селекция ооцитов, затрудняется имплантация эмбрионов [7; 10], что проявляется в снижении показателей оплодотворяемости и уменьшении многоплодия.

Свиньи, вынашиваемые в условиях теплового стресса, имеют повышенную реакцию на постнатальный стресс и повышенную потребность в энергии для поддержания жизнедеятельности. Кроме того, внутриутробный тепловой стресс снижает массу тела свиней при рождении и изменяет постнатальный состав тела (больше жировой ткани и меньше скелетных мышц) [14; 15].

Изучение влияния теплового стресса на репродуктивные параметры свиней является актуальной проблемой во всем мире. Знание степени влияния теплового стресса на свиней разных пород позволит подобрать экономически обоснованные решения этой проблемы в конкретных условиях.

Ранее мы рассмотрели влияние теплового стресса на хряков-производителей [16; 17]. Повышенная температура оказывала общее угнетающее влия-

ние на животных. У хряков при этом ухудшалось качество спермы – уменьшение объема эякулята и концентрации в нем сперматозоидов. Согласно исследованиям, хряки породы крупная белая и линии MAXGRO оказались менее чувствительными к тепловому стрессу, чем пород дюрок и ландрас.

Цель настоящего исследования – изучить влияние теплового стресса на некоторые показатели репродукции свиноматок разных пород (крупная белая, ландрас, дюрок) и терминальной линии MAXGRO.

Следует отметить, что большая часть научных исследований, представленных в научной литературе, по действию теплового стресса на репродуктивные качества свиноматок, проведены на какой-либо одной породе, чаще крупной белой. Кроме того, как правило, рассматривается кратковременное воздействие температуры выше 27 °С. Отличительной особенностью настоящего исследования является сравнительный анализ длительного (3 недели) действия теплового стресса на свиней трех пород (крупная белая, ландрас, дюрок) и одной терминальной линии (MAXGRO).

#### Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проведены на площадке свиноводческого племенного репродуктора. Объект исследования – репродуктивные качества свиноматок пород: крупная белая – 530 голов, ландрас – 464, дюрок – 335, линии MAXGRO – 320 голов. Предмет исследования – влияние теплового стресса на следующие показатели воспроизводства: оплодотворяемость, многоплодие свиноматок и продолжительность супоросности.

Данные об изменении температурного режима в племрепродукторе получены из программы управления вентилированием Valtonic.

Повышение температуры на площадке племенного репродуктора возникло во время жаркой погоды в результате сбоя в работе системы вентилирования и кондиционирования.

В племенном репродукторе в одинаковых микроклиматических условиях находились хряки-производители и свиноматки. По принятой технологии воспроизводства осеменение свиноматок осуществлялось свежеполученной разбавленной спермой (максимальный период хранения – 1 сутки при температуре +17 °С), при этом сперма отвечала требованиям нормативно-технической документации<sup>1</sup>. Таким образом, свиноматки, находящиеся в состоянии теплового стресса, осеменены спермой хряков, также находящихся в состоянии теплового стресса.

<sup>1</sup> ГОСТ Р 33827-2016 Средства воспроизводства. Сперма хряков свежеполученная разбавленная. Технические условия [Электронный ресурс]. Москва: Стандартинформ, 2016. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200139193> (дата обращения: 19.07.2023).

Сбор данных проведен за период с июня по август, временной интервал распределения данных – 1 неделя.

Статистическую обработку данных и построение диаграмм выполняли в программе PAST v. 4.12 (лицензия: FreeWare). Перед выбором методов анализа проводили оценку данных выборок на соответствие гауссовскому распределению при помощи теста Андерсона – Дарлинга. Количественные признаки выразили как среднее значение  $\pm$  стандартная ошибка, качественные – в процентах. Связь между оплодотворяемостью и многоплодием свиноматок определяли путем расчета коэффициента корреляции по Пирсону. Для статистической оценки различий между независимыми группами использовали универсальный пакет анализа ANOVA est. (several samples), достоверность различий между независимыми группами рассчитывали с помощью критерия Манна – Уитни.

### Результаты (Results)

Относительно постоянная температура не зависимо от времени года в диапазоне 18,0...20,0 °C в племенном репродукторе свиноводческого комплекса поддерживалась автоматизированной системой вентилирования Valtonic, работающей в комплексе с промышленным кондиционером Ferrolit FTP.

В течение трех недель, предшествующих сбою работы системы вентилирования и кондиционирования (1–3-я недели опыта), среднесуточная температура в репродукторе была в пределах 19,36  $\pm$  0,19 ... 19,56  $\pm$  0,23 °C (рис. 1), при этом ее колебания были небольшими, коэффициент вариации (*CV*) в пределах 0,96...2,06. С 4-й недели фиксирован подъем среднесуточной температуры, которая достигла максимального значения 27,68  $\pm$  1,36 °C к 6-й неделе, при этом с 4-й по 9-ю недели колебания температуры были более выраженными – *CV* в пределах 3,12...8,52. В этот период свиньи на-

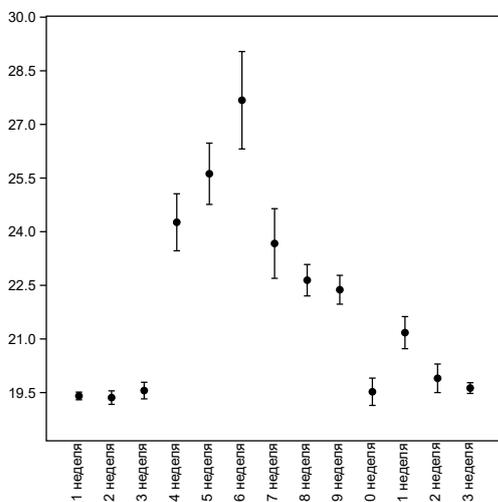


Рис. 1. Среднесуточная температура в репродукторе, °C

ходились под воздействием температурного стресса. Относительную нормализацию температуры отмечали только с 10-й недели опыта, она находилась в пределах 19,52  $\pm$  0,38 ... 21,18  $\pm$  0,45 °C (*CV* = 1,32...3,67).

Физиологически нормальной температурой тела для свиней считается температура в диапазоне от 38,0 до 40,0 °C. Смещение температуры окружающей среды за пределы температурного оптимума приводит к развитию стрессовой реакции организма. Высокая чувствительность свиней к тепловому стрессу вызвана отсутствием потовых желез и наличием толстого слоя подкожного жира. Основной путь отведения тепла – дыхательный, поэтому при тепловом стрессе наблюдают одышку [18; 19]. При превышении температурного оптимума свиньи для поддержания эвтермии инициируют различные способы минимизации производства тепла: уменьшение потребления корма, снижение физической активности, среднесуточного прироста массы тела и т. д. [4].

Свиноматки в период воздействия теплового стресса, особенно в период подъема температуры, были менее подвижны, много лежали, потребляли меньше корма. Как компенсаторную реакцию у свиней регистрировали в большей или меньшей степени выраженную одышку.

Доказано, что тепловой стресс оказывает повреждает кишечный тракт, активизирует иммунологические факторы, которые отрицательно влияют на репродуктивную систему [2]. Особенно опасно воздействие теплового стресса на ранних сроках репродукции: у свиноматок снижается оплодотворяемость [7].

В работе рассмотрена зависимость оплодотворяемости от температуры среды по трем породам свиней и одной терминальной линии (таблица 1). За нормальный показатель оплодотворяемости брали усредненные данные за первые 3 недели опыта (до воздействия повышенных температур).

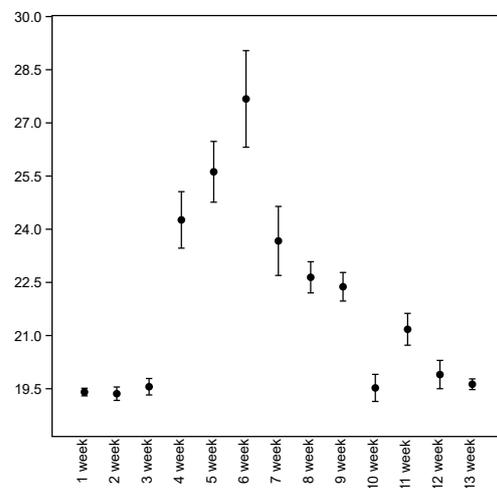


Fig. 1. Average daily temperature in the loudspeaker, °C

Таблица 1

Влияние среднесуточной температуры в помещении на оплодотворяемость свиноматок

Недели	Среднесуточная температура, °С		Оплодотворяемость, %			
	$\bar{X} \pm s_{\bar{x}}$	CV	Крупная белая	Ландрас	Дюрок	MAXGRO
1	19,41 ± 0,11	0,96	97,50	94,29	100,00	100,00
2	19,36 ± 0,19	1,69	97,78	97,50	100,00	100,00
3	19,56 ± 0,23	2,06	97,83	92,68	100,00	100,00
4	24,26 ± 0,80	5,69	97,06	93,33	100,00	96,30
5	25,62 ± 0,86	5,79	96,77	88,00	96,77	96,15
6	27,68 ± 1,36	8,52	93,75	85,71	90,91	95,46
7	23,67 ± 0,93	7,13	87,88	76,67	75,00	87,50
8	22,64 ± 0,44	3,36	88,89	87,50	77,42	84,62
9	22,38 ± 0,40	3,12	90,70	84,21	80,77	90,91
10	19,52 ± 0,38	3,39	94,44	87,88	83,33	92,59
11	21,18 ± 0,45	3,67	96,88	90,00	86,36	92,31
12	19,90 ± 0,40	3,47	97,06	94,00	88,00	95,65
13	19,63 ± 0,15	1,32	96,00	94,74	93,10	95,83

Биология и биотехнологии

Table 1

Influence of the average daily temperature in the room on the fertility of sows

Week	Average daily temperature, °C		Impregnation capacity			
	$\bar{X} \pm s_{\bar{x}}$	CV	Large white	Landrace	Duroc	MAXGRO
1	19.41 ± 0.11	0.96	97.50	94.29	100.00	100.00
2	19.36 ± 0.19	1.69	97.78	97.50	100.00	100.00
3	19.56 ± 0.23	2.06	97.83	92.68	100.00	100.00
4	24.26 ± 0.80	5.69	97.06	93.33	100.00	96.30
5	25.62 ± 0.86	5.79	96.77	88.00	96.77	96.15
6	27.68 ± 1.36	8.52	93.75	85.71	90.91	95.46
7	23.67 ± 0.93	7.13	87.88	76.67	75.00	87.50
8	22.64 ± 0.44	3.36	88.89	87.50	77.42	84.62
9	22.38 ± 0.40	3.12	90.70	84.21	80.77	90.91
10	19.52 ± 0.38	3.39	94.44	87.88	83.33	92.59
11	21.18 ± 0.45	3.67	96.88	90.00	86.36	92.31
12	19.90 ± 0.40	3.47	97.06	94.00	88.00	95.65
13	19.63 ± 0.15	1.32	96.00	94.74	93.10	95.83

Приведенные данные свидетельствуют, что максимальное снижение оплодотворяемости наблюдалось у пород крупная белая, ландрас и дюрок на 7-й неделе исследования, то есть через две недели от начала теплового стресса. Этот показатель у перечисленных пород снизился на 9,82, 15,15 и 25,00 % соответственно. Свиноматки линии MAXGRO показали минимальный результат на 8-й неделе – здесь снижение составило 15,38 %.

Таким образом, наиболее устойчивыми к тепловому стрессу по показателю оплодотворяемости оказались свиноматки крупной белой породы, наименее – породы дюрок.

Отсроченное сильное отрицательное влияние теплового стресса на оплодотворяемость свиноматок, вероятно, связано с процессами, протекающими в репродуктивной системе в период полового цикла. Продолжительность эстрального цикла у свиноматок разных пород и линий находится в пре-

делах 14–19 дней. Если тепловой стресс действует в конце эстрального цикла, то нарушается только процесс оплодотворения ооцитов и имплантации эмбрионов. Если тепловой стресс действует в продолжение всего эстрального цикла, то дополнительно идет воздействие на рост и селекцию ооцитов [7] (данный процесс во многом зависит от состояния иммунной системы), что проявляется в более сильном снижении оплодотворяемости.

Важным периодом репродукции является период супоросности. Продолжительность супоросности у свиноматок относительно постоянна, но под влиянием стрессовых факторов может изменяться: при тепловом стрессе возможно более раннее наступление родов [9]. Продолжительность супоросности по всем породам свиней в нашем опыте находилась в границах физиологической нормы и под влиянием теплового стресса существенно не изменялась (таблица 2).

Таблица 2

Влияние среднесуточной температуры в помещении на продолжительность супоросности свиноматок

Период	Среднесуточная температура, °С		Продолжительность супоросности, дней							
	$\bar{X} \pm s_{\bar{x}}$	CV	крупная белая		ландрас		дюрок		MAXGRO	
			$\bar{X} \pm s_{\bar{x}}$	CV	$\bar{X} \pm s_{\bar{x}}$	CV	$\bar{X} \pm s_{\bar{x}}$	CV	$\bar{X} \pm s_{\bar{x}}$	CV
1-я неделя	19,41 ± 0,11	0,96	115,61 ± 0,23	1,25	116,47 ± 0,26	1,27	115,68 ± 0,34	1,37	115,54 ± 0,25	1,10
2-я неделя	19,36 ± 0,19	1,69	115,61 ± 0,23	1,28	115,81 ± 0,25	1,29	115,31 ± 0,26	1,15	116,04 ± 0,30	1,26
3-я неделя	19,56 ± 0,23	2,06	115,82 ± 0,25	1,45	116,81 ± 0,29	1,49	115,24 ± 0,24	1,15	116,09 ± 0,42	1,74
4-я неделя	24,26 ± 0,80	5,69	116,03 ± 0,32	1,61	115,89 ± 0,36	1,59	115,18 ± 0,33	1,33	115,77 ± 0,36	1,59
5-я неделя	25,62 ± 0,86	5,79	115,92 ± 0,24	1,61	114,93 ± 0,25	1,44	116,17 ± 0,32	1,51	116,13 ± 0,38	1,61
6-я неделя	27,68 ± 1,36	8,52	116,23 ± 0,32	1,49	117,04 ± 0,44	1,81	116,37 ± 0,38	1,41	116,50 ± 0,37	1,41
7-я неделя	23,67 ± 0,93	7,13	115,90 ± 0,34	1,59	117,73 ± 0,39	1,53	116,00 ± 0,38	1,36	116,50 ± 0,54	2,05
8-я неделя	22,64 ± 0,44	3,36	116,54 ± 0,26	1,38	117,62 ± 0,28	1,40	116,26 ± 0,43	1,76	116,32 ± 0,45	1,81
9-я неделя	22,38 ± 0,40	3,12	116,00 ± 0,23	1,24	115,48 ± 0,21	1,00	117,05 ± 0,27	1,01	116,80 ± 0,55	2,11
10-я неделя	19,52 ± 0,38	3,39	116,58 ± 0,29	1,41	116,48 ± 0,34	1,57	115,11 ± 0,48	1,83	116,88 ± 0,52	2,16
11-я неделя	21,18 ± 0,45	3,67	116,20 ± 0,35	1,64	115,23 ± 0,14	0,66	115,68 ± 0,47	1,78	116,48 ± 0,48	1,97
12-я неделя	19,90 ± 0,40	3,47	116,00 ± 0,33	1,64	116,37 ± 0,33	1,45	116,19 ± 0,38	1,48	116,96 ± 0,45	1,81
13-я неделя	19,63 ± 0,15	1,32	116,42 ± 0,27	1,61	116,85 ± 0,32	1,59	116,42 ± 0,43	1,87	116,57 ± 0,47	1,95

Таблица 2

Influence of the average daily room temperature on the duration of gestation in sows

Week	Average daily temperature, °C		Duration of gestation, days							
	$\bar{X} \pm s_{\bar{x}}$	CV	Large white		Landrace		Duroc		MAXGRO	
			$\bar{X} \pm s_{\bar{x}}$	CV	$\bar{X} \pm s_{\bar{x}}$	CV	$\bar{X} \pm s_{\bar{x}}$	CV	$\bar{X} \pm s_{\bar{x}}$	CV
1st	19,41 ± 0,11	0,96	115,61 ± 0,23	1,25	116,47 ± 0,26	1,27	115,68 ± 0,34	1,37	115,54 ± 0,25	1,10
2nd	19,36 ± 0,19	1,69	115,61 ± 0,23	1,28	115,81 ± 0,25	1,29	115,31 ± 0,26	1,15	116,04 ± 0,30	1,26
3rd	19,56 ± 0,23	2,06	115,82 ± 0,25	1,45	116,81 ± 0,29	1,49	115,24 ± 0,24	1,15	116,09 ± 0,42	1,74
4th	24,26 ± 0,80	5,69	116,03 ± 0,32	1,61	115,89 ± 0,36	1,59	115,18 ± 0,33	1,33	115,77 ± 0,36	1,59
5th	25,62 ± 0,86	5,79	115,92 ± 0,24	1,61	114,93 ± 0,25	1,44	116,17 ± 0,32	1,51	116,13 ± 0,38	1,61
6th	27,68 ± 1,36	8,52	116,23 ± 0,32	1,49	117,04 ± 0,44	1,81	116,37 ± 0,38	1,41	116,50 ± 0,37	1,41
7th	23,67 ± 0,93	7,13	115,90 ± 0,34	1,59	117,73 ± 0,39	1,53	116,00 ± 0,38	1,36	116,50 ± 0,54	2,05
8th	22,64 ± 0,44	3,36	116,54 ± 0,26	1,38	117,62 ± 0,28	1,40	116,26 ± 0,43	1,76	116,32 ± 0,45	1,81
9th	22,38 ± 0,40	3,12	116,00 ± 0,23	1,24	115,48 ± 0,21	1,00	117,05 ± 0,27	1,01	116,80 ± 0,55	2,11
10th	19,52 ± 0,38	3,39	116,58 ± 0,29	1,41	116,48 ± 0,34	1,57	115,11 ± 0,48	1,83	116,88 ± 0,52	2,16
11th	21,18 ± 0,45	3,67	116,20 ± 0,35	1,64	115,23 ± 0,14	0,66	115,68 ± 0,47	1,78	116,48 ± 0,48	1,97
12th	19,90 ± 0,40	3,47	116,00 ± 0,33	1,64	116,37 ± 0,33	1,45	116,19 ± 0,38	1,48	116,96 ± 0,45	1,81
13th	19,63 ± 0,15	1,32	116,42 ± 0,27	1,61	116,85 ± 0,32	1,59	116,42 ± 0,43	1,87	116,57 ± 0,47	1,95

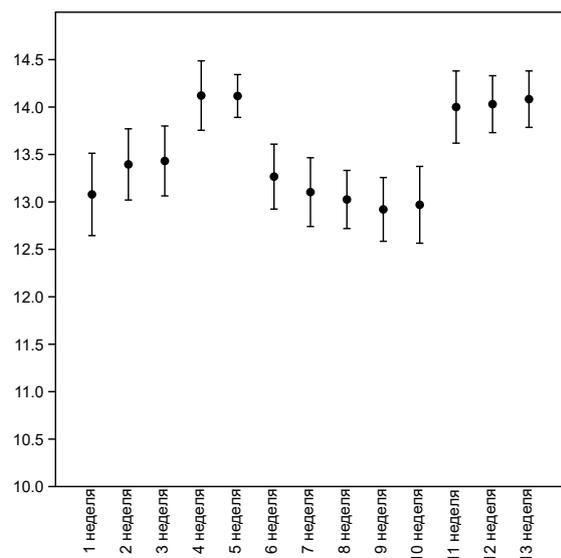


Рис. 2. Влияние теплового стресса на многоплодие свиноматок крупной белой породы

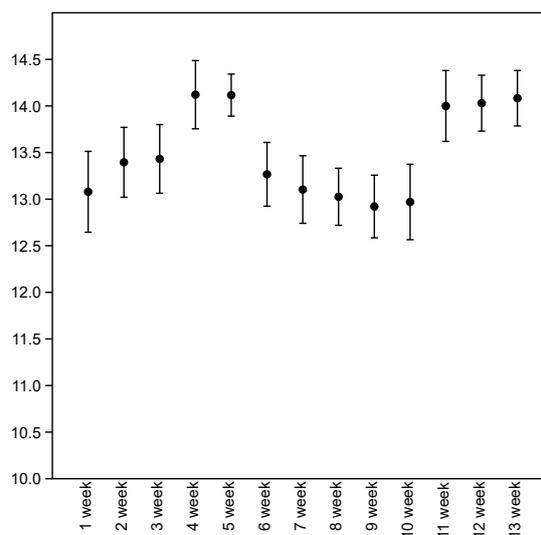


Fig. 2. Effect of heat stress on litter size in Large White sows

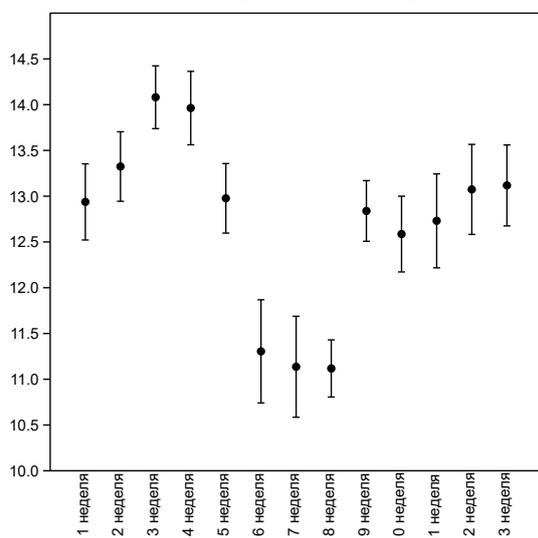


Рис. 3. Влияние теплового стресса на многоплодие свиноматок породы ландрас

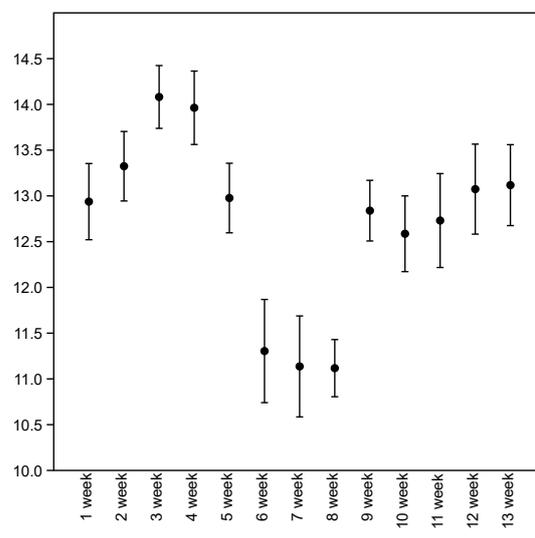


Fig. 3. Effect of heat stress on litter size in Landrace sows

В экономическом отношении важную роль в промышленном свиноводстве играет не только процент оплодотворяемости свиноматок, но и их многоплодие и качество получаемого приплода. Как и при анализе результативности оплодотворяемости, за показатель многоплодия свиноматок для конкретного свиногомплекса брали усредненные данные за первые 3 недели опыта (до воздействия теплового стресса).

Многоплодие свиноматок крупной белой породы, осемененных в течение трех недель, предшествующих тепловому стрессу, составляло от  $13,08 \pm 0,43$  до  $13,43 \pm 0,37$  голов (рис. 2),  $CV = 18,19...20,45$ . У свиноматок, осемененных в первые две недели теплового стресса, этот показатель оказался больше:  $14,12 \pm 0,37$  и  $14,12 \pm 0,23$  голов ( $CV = 14,89$  и  $12,38$ ). С 6-й недели опыта ре-

гистрировали сначала резкое, а затем постепенное уменьшение многоплодия, которое достигло минимального значения ( $12,92 \pm 0,34$  голов;  $CV = 12,28$ ) к 9-й неделе, при этом количество рожденных живых поросят было меньше по сравнению с дострессовым периодом на 0,38 головы ( $p \leq 0,05$ ).

Многоплодие свиноматок породы ландрас, осемененных в течение трех недель, предшествующих тепловому стрессу, составляло от  $12,94 \pm 0,42$  до  $14,08 \pm 0,34$  голов (рис. 3),  $CV = 14,81...18,20$ . Резкое снижение многоплодия отмечали с 6-й недели опыта. К 8-й неделе опыта этот показатель достиг минимального значения:  $11,12 \pm 0,31$  голов ( $CV = 16,39$ ), что на 2,33 головы ( $p \leq 0,001$ ) меньше по сравнению с многоплодием свиноматок осемененных в дострессовый период. С 9-й недели опыта этот показатель находился на уровне, близком к дострессовому периоду.

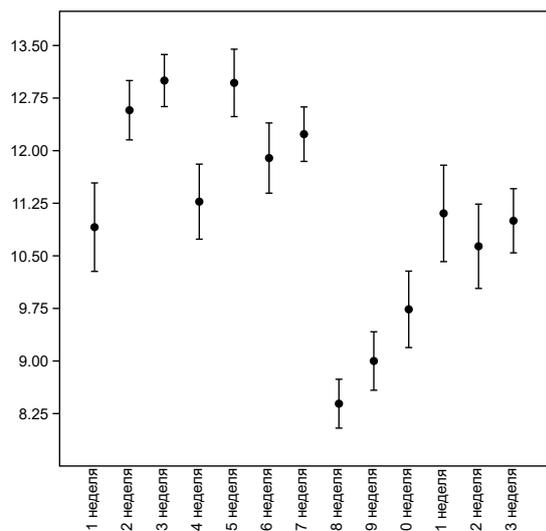


Рис. 4. Влияние теплового стресса на многоплодие свиноматок породы дюрк

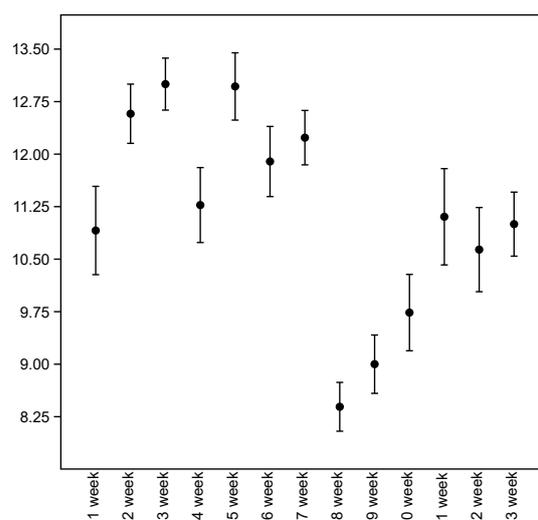


Fig. 4. Effect of heat stress on litter size in Duroc sows

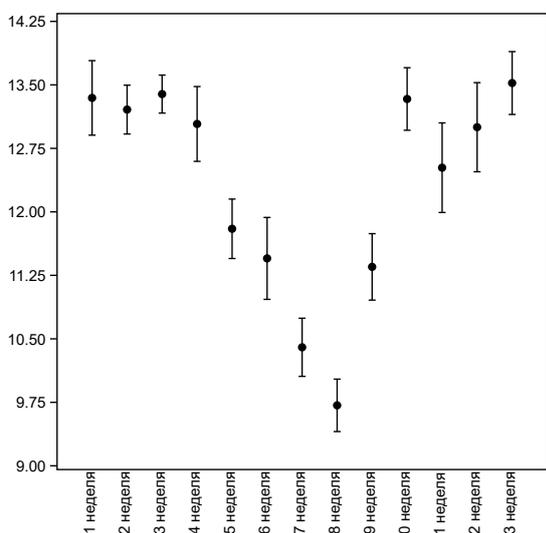


Рис. 5. Влияние теплового стресса на многоплодие свиноматок линии MAXGRO

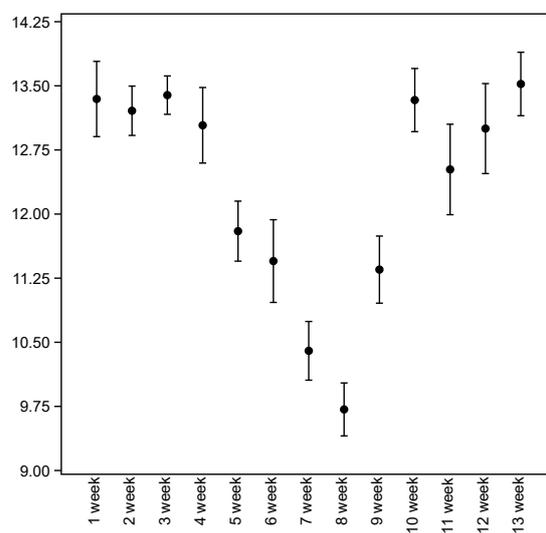


Fig. 5. Effect of Heat Stress on Litter Size in MAXGRO Sows

Многоплодие свиноматок породы дюрк, осемененных в течение трех недель, предшествующих тепловому стрессу, составляло от  $10,91 \pm 0,63$  до  $13,00 \pm 0,37$  голов (рис. 4),  $CV = 15,38 \dots 27,12$ . Резкое снижение многоплодия отмечали на 8-й неделе опыта. В этот период получено минимальное количество поросят:  $8,39 \pm 0,35$  голов ( $CV = 19,92$ ), что на 3,77 головы ( $p \leq 0,001$ ) меньше по сравнению с многоплодием свиноматок, осемененных в дострессовый период. С 9-й недели опыта этот показатель постепенно возрастал.

Многоплодие свиноматок MAXGRO, осемененных в течение трех недель, предшествующих тепловому стрессу, составляло от  $13,21 \pm 0,29$  до  $13,39 \pm 0,22$  головы (рис. 5),  $CV = 8,03 \dots 16,81$ . Снижение этого показателя отмечали с 5-й недели опыта. К 8-й неделе количество живых поросят в гнезде при рождении достигло минимального значения:

$9,71 \pm 0,31$  голов ( $CV = 14,61$ ), что на 3,61 головы ( $p \leq 0,001$ ) меньше по сравнению с дострессовым периодом.

Следует отметить, что количество поросят, полученных от свиноматок пород ландрас, дюрк и линии MAXGRO, было меньше ( $p \leq 0,001$ ) по сравнению с количеством поросят, полученных от свиноматок крупной белой породы.

При тепловом стрессе нарушаются не только рост и селекция ооцитов, но и имплантация эмбрионов [7; 19]. Результаты анализа показывают разную степень влияния фактора на многоплодие свиноматок пород крупная белая, ландрас, дюрк, MAXGRO. Наименьшее влияние повышение температуры оказало на многоплодие свиноматок породы крупная белая, наибольшее – на свиноматок дюрк и MAXGRO.

Между уровнем оплодотворяемости и продолжительностью супоросности, а также между продолжительностью супоросности и многоплодием независимо от породы связь отсутствует. Уровень оплодотворяемости и многоплодие свиноматок имеют положительную связь. Породы крупная белая и дюрок имеют заметную связь между этими показателями:  $r = 0,60$  и  $0,59$  соответственно, ландрас и MAXGRO – высококую:  $r = 0,72$  и  $0,82$  соответственно. Таким образом, чем выше уровень оплодотворяемости свиноматок, тем больше многоплодие.

#### Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Низкий уровень воспроизводства при воздействии теплового стресса имеет существенное экономическое значение [20]. В основе снижения уровня воспроизводства лежит совокупность прямого повреждающего воздействия повышенной температуры на организм животного и комплекс защитно-компенсаторных реакций организма. При тепловом стрессе снижается потребление корма и увеличиваются частота дыхания, потребление воды и периферический кровоток, что направлено на снижение выработки энергии и увеличение теплоотдачи [21]. Верхний предел термонейтральной зоны, определяемой как температура окружающей среды, при которой свиньи начинают снижать общую теплопродукцию, составляет приблизительно  $+23\text{ }^{\circ}\text{C}$  для производителей и  $+22\text{ }^{\circ}\text{C}$  для свиноматок [22; 33]. Сперма, полученная от хряков в состоянии теплового стресса, имеет низкое качество [16; 24], что влечет за собой снижение и ее оплодотворяющей способности [25]. Качество и количество ооцитов при тепловом стрессе у свиноматок снижается [7].

Анализ оплодотворяемости и многоплодия свиноматок, проведенный в работе, подтверждает негативное влияние теплового стресса на воспроизводство. Однако эффект от него у свиноматок в зависимости от породы проявляется в большей или меньшей степени. Наиболее чувствительными к тепловому стрессу были свиноматки породы дюрок: оплодотворяемость снизилась на  $25,00\%$ , а многоплодие – на  $3,77$  головы по отношению к дострессовому периоду. У свиноматок породы ландрас и линии MAXGRO эти показатели снизились соответственно на  $18,15$  и  $15,38\%$ . Наиболее устойчивыми к тепловому стрессу были свиноматки породы крупная белая: оплодотворяемость снизилась на  $9,82\%$ , а многоплодие – на  $0,38$  головы.

Продолжительность супоросности по всем породам у свиноматок в нашем опыте находилась в границах физиологической нормы и под влиянием теплового стресса существенно не изменялась. Предположительно это может быть связано с адаптацией свиноматок к температурному стрессу ввиду продолжительного действия стрессового фактора умеренной силы.

В настоящей работе акцент сделан на оплодотворяемость, продолжительность супоросности и многоплодие свиноматок разных пород, однако ничего не сказано о качестве полученного приплода. Целью наших дальнейших исследований является сравнительный анализ качества приплода, полученного от свиноматок пород крупная белая, ландрас, дюрок и линии MAXGRO при тепловом стрессе.

#### Библиографический список

1. Mayorga E. J., Renaudeau D., Ramirez B. C., Ross J. W., Baumgard L. H. Heat stress adaptations in pigs // *Animal Frontiers*. 2019. Vol. 9, No. 1. Pp. 54–61. DOI: 10.1093/af/vfy035.
2. Mayorga E., Ross J., Keating A., Rhoads R., Baumgard L. Biology of heat stress; the nexus between intestinal hyperpermeability and swine reproduction // *Theriogenology*. 2020. Vol. 154. Pp. 73–83. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2020.05.023.
3. Baumgard L. H., Rhoads Jr. R. P. Effects of heat stress on postabsorptive metabolism and energetic // *Annual Review of Animal Biosciences*. 2013. Vol. 1, No. 1. Pp. 311–337. DOI: 10.1146/annurev-animal-031412-103644.
4. Gonzalez-Rivas P. A., Chauhan S. S., Ha M., Fegan N., Dunshea F. R., Warner R. D. Effects of heat stress on animal physiology, metabolism, and meat quality: a review // *Meat science*. 2020. Vol. 162. Article number 108025. DOI: 10.1016/j.meatsci.2019.108025.
5. Renaudeau D., Collin A., Yahav S., De Basilio V., Gourdiere J.-L., Collier R. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production // *Animal: an International Journal of Animal Bioscience*. 2012. Vol. 6, No. 5. Pp. 707–728. DOI: 10.1017/S1751731111002448.
6. Thornton P., Nelson G., Mayberry D., Herrero M. Thornton Increases in extreme heat stress in domesticated livestock species during the twenty-first century // *Global Change Biology*. 2021. Vol. 27. No. 22. Pp. 5762–5772. DOI: 10.1111/gcb.15825.
7. Wettemann R., Bazer F. Influence of environmental temperature on prolificacy of pigs // *Journal of Reproduction and Fertility*. Supplement. 1985. Vol. 33. Pp. 199–208.
8. Bracke M. B. M. Review of wallowing in pigs: Description of the behaviour and its motivational basis // *Applied Animal Behaviour Science*. 2011. Vol. 132. No. 1-2. DOI: 10.1016/j.applanim.2011.01.002
9. Bjerg B., Brandt P., Pedersen P., Zhang G. Sows' responses to increased heat load: A review // *Journal of Thermal Biology*. 2020. Vol. 94. Article number 102758. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2020.102758.

10. He J., Zheng W., Lu M., Yang X., Xue Y., Yao W. A controlled heat stress during late gestation affects thermoregulation, productive performance, and metabolite profiles of primiparous sow // *Journal of Thermal Biology*. 2019. Vol. 81. Pp. 33–40. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2019.01.011.
11. He J., Zheng W., Tao C., Guo H., Xue Y., Zhao R., Yao W. Heat stress during late gestation disrupts maternal microbial transmission with altered offspring's gut microbial colonization and serum metabolites in a pig model // *Environmental Pollution*. 2020. Vol. 266. Article number 115111. DOI: 10.1016/j.envpol.2020.115111.
12. Johnson J. S., Stewart K. R., Safranski T. J., Ross J. W., Baumgard L. H. In utero heat stress alters postnatal phenotypes in swine // *Theriogenology*. 2020. Vol. 154. Pp. 110–119. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2020.05.013.
13. Zhao W., Artaiz O., Iqbal Y., Le H. H., DiGiacomo K., Leury B. J., Cottrell J. J. Heat stress of gilts around farrowing causes oxygen insufficiency in the umbilical cord and reduces piglet survival // *Animal*. 2022. Vol. 16, No. 11. Article number 100668. DOI: 10.1016/j.animal.2022.100668.
14. Johnson J. S., Baumgard L. H. Physiology symposium: Postnatal consequences of in utero heat stress in pigs // *Journal of Animal Science*. 2019. Vol. 97. No. 2. Pp. 962–971. DOI: 10.1093/jas/sky472.
15. Tuell J. R., Nondorf M. J., Maskal J. M., Johnson J. S., Kim Y. H. B. Impacts of in utero heat stress on carcass and meat quality traits of market weight gilts // *Animals*. 2021. Vol. 11. No. 3. Article number 717. DOI: 10.3390/ani11030717.
16. Гутман М. П., Горб Н. Н., Сороколетова В. М. Влияние теплового стресса на качество спермопродукции хряков-производителей разных пород и ее оплодотворяющую способность // *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. 2021. № 2 (59). С. 106–114. DOI: 10.31677/2072-6724-2021-59-2-106-114.
17. Гутман М., Горб Н. Н., Сороколетова В. М. Влияние теплового стресса // *Животноводство России*. 2023. № S1. С. 11–13. DOI: 10.25701/ZZR.2022.03.03.001.
18. Collier R. J., Gebremedhin K. G. Thermal biology of domestic animals // *Annual Review of Animal Biosciences*. 2015. Vol. 3. No. 1. Pp. 513–532. DOI: 10.1146/annurev-animal-022114-110659.
19. Wildt D. E., Riegler G. D., Dukelow W. R. Physiological temperature response and embryonic mortality in stressed swine // *American Journal of Physiology-Legacy Content*. 1975. Vol. 229. No. 6. Pp. 1471–1475. DOI: 10.1152/ajplegacy.1975.229.6.1471.
20. Liu F., Zhao W., Le H. H., Cottrell J. J., Green M. P., Leury B. J., Dunshea F.R. Bell A. W. What have we learned about the effects of heat stress on the pig industry? // *Animal*. 2022. Vol. 16. Article number 100349. DOI: 10.1016/j.animal.2021.100349.
21. Guevara R. D., Pastor J. J., Manteca X., Tedo G., Llonch P. Systematic review of animal-based indicators to measure thermal, social, and immune-related stress in pigs // *PloS One*. 2022. Vol. 17. No. 5. Article number e0266524. DOI: 10.1371/journal.pone.0266524.
22. Huynh T. T. T., Aarnink A. J. A., Verstegen M. W. A., Gerrits W. J. J., Heetkamp M. J. W., Kemp B., Canh T. T. Effects of increasing temperatures on physiological changes in pigs at different relative humidities // *Journal of Animal Science*. 2005. Vol. 83. No. 6. Pp. 1385–1396. DOI: 10.2527/2005.8361385x.
23. Quiniou N., Noblet J. Influence of high ambient temperatures on performance of multiparous lactating sows // *Journal of Animal Science*. 1999. Vol. 77. No. 8. Pp. 2124–2134. DOI: 10.2527/1999.7782124x.
24. Huang S. Y., Kuo Y. H., Lee Y. P., Tsou H. L., Lin E. C., Ju C. C., Lee W. C. Association of heat shock protein 70 with semen quality in boars // *Animal Reproduction Science*. 2000. Vol. 63. No. 3–4. Pp. 231–240. DOI: 10.1016/S0378-4320(00)00175-5.
25. 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. Vol. 42. No. 3. Pp. 664–669. DOI: 10.2527/jas1976.423664x.

**Об авторах:**

**Наталья Николаевна Горб**, кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры акушерства, анатомии и гистологии, Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия;

ORCID 0000-0001-8854-0412, AuthorID 624015. *E-mail: natalya-gorb@mail.ru*

**Сергей Николаевич Гудков**, кандидат биологических наук, доцент кафедры акушерства, анатомии и гистологии, Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия;

ORCID 0009-0007-3521-7727, AuthorID 149943. *E-mail: gudkovsergey@gmail.com*

**Валентина Михайловна Сороколетова**, кандидат биологических наук, доцент кафедры акушерства, анатомии и гистологии, Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия; ORCID 0000-0001-8412-0074, AuthorID 441284. *E-mail: sorokoletova.1956@mail.ru*

## References

1. 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: 10.1093/af/vfy035.
2. Mayorga E., Ross J., Keating A., Rhoads R., Baumgard L. Biology of heat stress; the nexus between intestinal hyperpermeability and swine reproduction. *Theriogenology*. 2020; 154: 73–83. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2020.05.023.
3. Baumgard L. H., Rhoads Jr. R. P. Effects of heat stress on postabsorptive metabolism and energetic. *Annual Review of Animal Biosciences*. 2013; 1 (1): 311–337. DOI: 10.1146/annurev-animal-031412-103644.
4. Gonzalez-Rivas P. A., Chauhan S. S., Ha M., Fegan N., Dunshea F. R., Warner R. D. Effects of heat stress on animal physiology, metabolism, and meat quality: a review. *Meat science*. 2020; 162: 108025. DOI: 10.1016/j.meatsci.2019.108025.
5. Renaudeau D., Collin A., Yahav S., De Basilio V., Gourdiine J.-L., Collier R. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production // *Animal: an International Journal of Animal Bioscience*. 2012. Vol. 6, No. 5. Pp. 707–728. DOI: 10.1017/S1751731111002448.
6. Thornton P., Nelson G., Mayberry D., Herrero M. Thornton Increases in extreme heat stress in domesticated livestock species during the twenty-first century. *Global Change Biology*. 2021; 27 (22): 5762–5772. DOI: 10.1111/gcb.15825.
7. Wettemann R., Bazer F. Influence of environmental temperature on prolificacy of pigs. *Journal of Reproduction and Fertility. Supplement*. 1985. Vol. 33. Pp. 199–208.
8. Bracke M. B. M. Review of wallowing in pigs: Description of the behaviour and its motivational basis. *Applied Animal Behaviour Science*. 2011; 132 (1-2). DOI: 10.1016/j.applanim.2011.01.002
9. Bjerg B., Brandt P., Pedersen P., Zhang G. Sows' responses to increased heat load: a review. *Journal of Thermal Biology*. 2020; 94: 102758. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2020.102758.
10. He J., Zheng W., Lu M., Yang X., Xue Y., Yao W. A controlled heat stress during late gestation affects thermoregulation, productive performance, and metabolite profiles of primiparous sow. *Journal of thermal biology*. 2019; 81: 33–40. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2019.01.011.
11. He J., Zheng W., Tao C., Guo H., Xue Y., Zhao R., Yao W. Heat stress during late gestation disrupts maternal microbial transmission with altered offspring's gut microbial colonization and serum metabolites in a pig model. *Environmental Pollution*. 2020; 266: 115111. DOI: 10.1016/j.envpol.2020.115111.
12. Johnson J. S., Stewart K. R., Safranski T. J., Ross J. W., Baumgard L. H. In utero heat stress alters postnatal phenotypes in swine. *Theriogenology*. 2020; 154: 110–119. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2020.05.013.
13. Zhao W., Artaiz O., Iqbal Y., Le H. H., DiGiacomo K., Leury B. J., Cottrell J. J. Heat stress of gilts around farrowing causes oxygen insufficiency in the umbilical cord and reduces piglet survival. *Animal*. 2022; 16 (11): 100668. DOI: 10.1016/j.animal.2022.100668.
14. Johnson J. S., Baumgard L. H. Physiology symposium: Postnatal consequences of in utero heat stress in pigs. *Journal of Animal Science*. 2019; 97 (2): 962–971. DOI: 10.1093/jas/sky472.
15. Tuell J. R., Nondorf M. J., Maskal J. M., Johnson J. S., Kim Y. H. B. Impacts of in utero heat stress on carcass and meat quality traits of market weight gilts. *Animals*. 2021; 11 (3): 717. DOI: 10.3390/ani11030717.
16. Gutman M. P., Gorb N. N., Sorokoletova V. M. Influence of heat stress on the quality of sperm production of boars-producers of different breeds and its fertilizing ability. *Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2021; 2: 106–114. DOI: 10.31677/2072-6724-2021-59-2-106-114. (In Russ.)
17. Gutman M., Gorb N., Sorokoletova V. Effect of thermal stress. *Animal Husbandry of Russia*. 2023; S1: 11–13. DOI: 10.25701/ZZR.2022.03.03.001. (In Russ.)
18. Collier R. J., Gebremedhin K. G. Thermal biology of domestic animals. *Annual Review of Animal Biosciences*. 2015; 3 (1): 513–532. DOI: 10.1146/annurev-animal-022114-110659.
19. Wildt D. E., Riegler G. D., Dukelow W. R. Physiological temperature response and embryonic mortality in stressed swine. *American Journal of Physiology-Legacy Content*. 1975; 229 (6): 1471–1475. DOI: 10.1152/ajplegacy.1975.229.6.1471.
20. Liu F., Zhao W., Le H. H., Cottrell J. J., Green M. P., Leury B. J., Dunshea F.R. Bell A. W. What have we learned about the effects of heat stress on the pig industry? *Animal*. 2022; 16: 100349. DOI: 10.1016/j.animal.2021.100349.
21. Guevara R. D., Pastor J. J., Manteca X., Tedo G., Llonch P. Systematic review of animal-based indicators to measure thermal, social, and immune-related stress in pigs. *PloS One*. 2022; 17 (5): e0266524. DOI: 10.1371/journal.pone.0266524.
22. Huynh T. T. T., Aarnink A. J. A., Verstegen M. W. A. Gerrits W. J. J., Heetkamp M. J. W., Kemp B., Canh T. T. Effects of increasing temperatures on physiological changes in pigs at different relative humidities. *Journal of Animal Science*. 2005; 83 (6): 1385–1396. DOI: 10.2527/2005.8361385x.

23. Quiniou N., Noblet J. Influence of high ambient temperatures on performance of multiparous lactating sows. *Journal of Animal Science*. 1999; 77 (8): 2124–2134. DOI: 10.2527/1999.7782124x.

24. Huang S. Y., Kuo Y. H., Lee Y. P., Tsou H. L., Lin E. C., Ju C. C., Lee W. C. Association of heat shock protein 70 with semen quality in boars. *Animal Reproduction Science*. 2000; 63 (3-4): 231–240. DOI: 10.1016/S0378-4320(00)00175-5.

25. 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: 10.2527/jas1976.423664x.

**Authors' information:**

**Natalya N. Gorb**, candidate of veterinary sciences, associate professor of the department of obstetrics, anatomy and histology, Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia; ORCID 0000-0001-8854-0412, AuthorID 624015. *E-mail: natalya-gorb@mail.ru*

**Sergey N. Gudkov**, candidate of biological sciences, associate professor of obstetrics, anatomy and histology, Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia; ORCID 0009-0007-3521-7727, AuthorID 149943. *E-mail: gudkovsergey@gmail.com*

**Valentina M. Sorokoletova**, candidate of biological sciences, associate professor of the department of obstetrics, anatomy and histology, Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia; ORCID 0000-0001-8412-0074, AuthorID 441284. *E-mail: sorokoletova.1956@mail.ru*