

## Оценка связи состояния конечностей с продуктивными качествами свиней

М. А. Колосова<sup>1</sup>✉, А. Ю. Колосов<sup>2</sup>, А. С. Чернышков<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Донской государственный аграрный университет, п. Персиановский, Ростовская область, Россия

<sup>2</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела, п. Лесные Поляны, Московская область, Россия

✉ E-mail: [m.leonovaa@mail.ru](mailto:m.leonovaa@mail.ru)

**Аннотация.** Интенсивное производство продукции свиноводства сопряжено с отрицательным технологическим давлением на организм свиней. Селекция на скороспелость и мясность приводит к изменению обмена веществ в организме животного, следствием чего являются морфологические и функциональные перестройки внутренних органов, мышечной, жировой и костной тканей. Одной из серьезных проблем, с которой сталкиваются свиноводы, является распространение дефектов конечностей, в том числе новообразований и опухолей в области скакательного сустава на задних конечностях. Эти дефекты конечностей не вызывают хромоты, однако влияют на экстерьер племенных свиней, делая их непригодными для продажи и оказывая негативное воздействие на эффективность центров разведения. Кроме того, в свиноводстве болезни конечностей влекут за собой большие экономические потери из-за снижения продуктивности животных. **Целью исследований** было оценить наличие или отсутствие влияния дефектов конечностей в виде опухолей и наростов в области скакательного сустава на параметры статистического распределения признаков продуктивности и их корреляционных связей у свиней крупной белой породы. **Методы исследований.** Исследования проводили на свинках крупной белой породы одного из племенных хозяйств РФ, которые были разделены на две группы в зависимости от состояния конечностей. Были изучены особенности рассматриваемой популяции и определены возможности применения статистических критериев оценки различий, протестированы распределения признаков на нормальность с использованием графиков Q-Q (вероятности). Проведен корреляционный анализ признаков с использованием критерия Пирсона. Для оценки уровня достоверности использовали корреляционный тест. **В результате исследований** были сделаны выводы, что наличие дефектов конечностей влияет на изменчивость показателей продуктивности, а также связано с худшими уровнями признаков. **Научная новизна** заключается в том, что впервые рассматриваются особенности изменчивости показателей продуктивности чистопородных свиней в зависимости от состояния конечностей свиней в виде опухолей и наростов в области скакательного сустава. Дальнейшие исследования по данному вопросу должны быть направлены на установление биологических механизмов формирования дефектов конечностей свиней.

**Ключевые слова:** свиньи, крупная белая порода, дефекты конечностей, корреляция, мясные и откормочные качества

**Для цитирования:** Колосова М. А., Колосов А. Ю., Чернышков А. С. Оценка связи состояния конечностей с продуктивными качествами свиней // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 11. С. 1476–1491. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-11-1476-1491>.

**Благодарности.** Исследования выполнены при поддержке Российского научного фонда (грант № 22-76-10015).

**Дата поступления статьи:** 23.09.2024, **дата рецензирования:** 14.10.2024, **дата принятия:** 29.10.2024.

## Evaluation of the relationship between limb condition and productive qualities of pigs

M. A. Kolosova<sup>1</sup>✉, A. Yu. Kolosov<sup>2</sup>, A. S. Chernyshkov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Don State Agrarian University, Persianovsky settlement, Rostov region, Russia

<sup>2</sup> All-Russian Research Institute of Breeding, Lesnye Polyany settlement, Moscow region, Russia

✉E-mail: m.leonovaa@mail.ru

**Abstract.** Intensive pig production is associated with negative technological pressure on the pig organism. Selection for early maturity and meatiness leads to changes in the metabolism of the animal organism, which results in morphological and functional changes in the internal organs, muscle, fat and bone tissues. One of the serious problems faced by pig breeders is the spread of limb defects, including neoplasms and tumors in the hock area of the hind limbs. These limb defects do not cause lameness, but affect the exterior of breeding pigs, making them unsuitable for sale and having a negative impact on the efficiency of breeding centers. In addition, in pig breeding, limb diseases entail large economic losses due to decreased animal productivity. **The purpose** of the study was to assess the presence or absence of the effect of limb defects in the form of tumors and growths in the hock area on the parameters of the statistical distribution of productivity traits and their correlations in Large White pigs. **Research methods.** The research was conducted on Large White pigs from one of the breeding farms of the Russian Federation, which were divided into two groups depending on the condition of the limbs. The characteristics of the population under consideration were studied and the possibilities of using statistical criteria for assessing differences were determined, the distribution of features was tested for normality using Q-Q (probability) graphs. A correlation analysis of features was carried out using the Pearson criterion. A correlation test was used to assess the level of reliability. **As a result of the research,** it was concluded that the presence of limb defects affects the variability of productivity indicators, and is also associated with worse levels of features. **The scientific novelty** lies in the fact that for the first time the features of variability of productivity indicators of purebred pigs are considered depending on the condition of the pigs' limbs in the form of tumors and growths in the hock area. Further research on this issue should be aimed at establishing the biological mechanisms for the formation of limb defects in pigs.

**Keywords:** pigs, Large White, limb defects, correlation, meat and fattening qualities

**Acknowledgements.** The research was supported by the Russian Science Foundation (grant No. 22-76-10015).

**For citation:** Kolosova M. A., Kolosov A. Yu., Chernyshkov A. S. Evaluation of the relationship between the condition of the limbs and the productive qualities of pigs. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (11): 1476–1491. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-11-1476-1491>. (In Russ.)

**Date of paper submission:** 23.09.2024, **date of review:** 14.10.2024, **date of acceptance:** 29.10.2024.

### Постановка проблемы (Introduction)

В последнее десятилетие в нашей стране наблюдается усиленный процесс использования импортных пород свиней с целью улучшения продуктивных качеств отечественного поголовья свиней. При этом следует учесть, что животные, попадая в новые условия, претерпевают ряд изменений. Причиной могут быть кормовой режим, температура, влажность воздуха, атмосферное давление, рельеф, особенности технологии, уровень продуктивности, породные особенности и т. д. В связи с этим возникла проблема их дальнейшего разведения и поддержания высокой продуктивности в условиях Российской Федерации. Кроме того, у потомства, полученного от коммерческих свиней, завезенных из-за рубежа, начали появляться дефекты конечностей в

виде опухолей и наростов в области скакательного сустава [1; 2].

В современной литературе недостаточно сведений, посвященных этой проблеме. Однако дефекты конечностей представляют серьезную угрозу для эффективного ведения основных отраслей животноводства. Не являются исключением и свиньи, которые в силу интенсивной селекции по хозяйственно ценным признакам и нарушений технологии содержания предрасположены к возникновению у них различных дефектов. Среди исследуемых нами свиней, имеющих признаки дефектов конечностей, встречались такие состояния, как слабые ноги, пятипалость, кривые ноги, шишки и наросты в области скакательного сустава, бурситы, опухшие суставы, а также сочетание нескольких патологий. Наиболее распространенной патологией являются

шишки и наросты в области скакательного сустава (условное обозначение – ЗНШ). ЗНШ могут появляться в любом возрасте и при любой живой массе. Дефекты представляют собой доброкачественные новообразования соединительной ткани задних конечностей свиней. Такие дефекты конечностей, как правило, не приводят к хромоте, но влияют на экстерьер племенных свиней, и они становятся непригодными к продаже. Это крайне негативно сказывается на рентабельности свиноводческих селекционных центров [3]. Чаще всего основными факторами заболеваний конечностей свиней являются содержание на пластмассовых щелевых полах, нагрузка на задние конечности во время садки, нарушения обменных процессов, повышенная влажность рогового башмака при частом мытье и т. д. Наличие бетонно-щелевых покрытий может способствовать появлению некоторых дефектов конечностей, но в случае с ЗНШ это не является значимым фактором.

Распространение дефектов конечностей (остеохондроз, бурситы и др.) у свиней в середине XX столетия совпало с всплеском целенаправленной селекционной работы на повышение скорости роста животных, что обусловлено главным образом экономическим давлением и потребностью сократить период от рождения до убоя. У диких кабанов, которым требуется около 2 лет, чтобы достичь зрелости, проблем с конечностями не наблюдается [4; 5]. В соответствии с этим была выдвинута гипотеза о значительной связи между ростовыми качествами и конечностями. Несколько крупных популяционных обзоров показали положительную корреляцию между этими признаками [6; 7]. Было отмечено, что свиньи с клиническими признаками слабости конечностей при убое росли быстрее на ранних стадиях жизни, чем свиньи без этих признаков, но ко времени убоя их рост стал медленнее. Неблагоприятное соотношение между упитанностью и скоростью роста уравнивается дискомфортом из-за появляющихся клинических признаков слабости конечностей, приводящим к снижению потребления корма [7].

Взаимосвязь между состоянием конечностей и признаками мясной продуктивности свиней была подтверждена еще в XX веке в ряде исследований, проведенных на свиньях различных пород. И, как правило, свиньи, имеющие проблемы с конечностями, обладали большей массой окорока и выходом мяса по сравнению со здоровыми сверстниками.

На сегодняшний день ученые все больше склоняются к тому, что быстрый рост не является центральным фактором проблем с конечностями, к тому же животные, генетически предрасположенные к медленной скорости роста, также довольно часто подвержены различным дефектам [8].

Проведенные исследования показали, что предрасположенность к ЗНШ свиней имеет генетиче-

скую составляющую и может быть связана с функциями печени и почек, восприимчивостью к инфекциям, а также с составом липидов и жирных кислот. На основании собственных пилотных исследований по поиску геномных областей и генов-кандидатов, связанных с дефектами конечностей у свиней пород ландрас и дюрок, отмечено, что идентифицированные области перекрываются с QTLs, связанными с признаками здоровья (параметрами крови) и с характеристиками мяса и туши (упитанностью, содержанием жира в туше) [9–13]. Также ранее были проведены исследования, направленные на поиск геномных областей и генов, относящихся к ЗНШ у свиней. Результаты исследований показали 26 SNPs, связанных с ЗНШ у свиней породы ландрас, 15 из них локализованы в генах, задействованных в различных физиологических процессах в организме, в том числе обусловленных воспалениями, различного рода новообразованиями и опухолями [1].

Дефекты конечностей – это сложный признак, который требует всестороннего изучения. В связи с тем, что довольно часто различные пороки и дефекты имеют положительную корреляцию с признаками продуктивности, **целью исследований** было оценить наличие или отсутствие влияния дефектов конечностей в виде опухолей и наростов в области скакательного сустава задних конечностей (ЗНШ) на параметры статистического распределения признаков продуктивности и их корреляционные связи у свиней крупной белой породы.

#### Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводили в одном из племенных хозяйств РФ на свинках крупной белой породы ( $n = 465$ ). Для сравнительного анализа свиньи были разделены на две группы в зависимости от состояния конечностей: в первую группу ( $n = 212$ ) вошли животные с отсутствием, а во вторую ( $n = 253$ ) – с наличием ЗНШ. Все свиньи были одного возраста, находились в одинаковых условиях содержания и кормления.

Для анализа хозяйством были предоставлены следующие данные, которые были получены во время бонитировки свиней: Length\_of\_body – длина туловища, см; Weigth – живая масса, кг; ADG – среднесуточный прирост, г (рассчитывается за период от рождения до бонитировки); Day\_100 – возраст достижения живой массы 100 кг (расчетное значение от фактического роста и веса к 100 кг), дн.; Backfat\_3 – толщина шпика (среднее значение по трем точкам, скорректированное к 100 кг), мм; Muscle – американский скорректированный параметр площади мышечного глазка, см<sup>2</sup>; Meat – выход постного мяса (рассчитывается по программе Herdman), %; Index – терминальный индекс (зависит от параметров Day\_100, Muscle, Meat); FCR – конверсия корма (расход комбикорма за период, кг / валовый прирост живой массы), кг.

Для получения общего представления об особенностях рассматриваемой популяции и определения возможности применения статистических критериев оценки различий в общей выборке распределения признаков протестированы на нормальность с использованием графиков Q-Q (вероятности). Также проведен корреляционный анализ признаков с использованием критерия Пирсона. Для оценки уровня достоверности использовали корреляционный тест.

В трех наборах данных (общая выборка, свиньи без ЗНШ и с ЗНШ) выполнен анализ статистического распределения признаков, включая определение показателей центральной тенденции и изменчивости [14]. Для сравнения распределения признаков в двух группах использовалась скрипичная диаграмма (violinplot), совмещенная с диаграммой боксплот (boxplot), а также гистограмма.

Различия распределений показателей продуктивности в двух группах определялись на основе сравнения средних на основе критерия Стьюдента (t.test) и сравнения дисперсий с помощью критерия Фишера (var.test). Все расчеты проведены с использованием языка R в среде R-Studio.

### Результаты (Results)

Визуализация распределения признаков с помощью графиков Q-Q plots (рис. 1), свидетельствует о том, что в рассматриваемой популяции все признаки, кроме американского скорректированного параметра площади мышечного глазка (Muscle), имеют нормальное распределение. В связи с этим для дальнейших исследований выбраны все признаки, кроме Muscle.

Корреляционный анализ устанавливает характер и направление причинно-следственных отношений в биологических исследованиях, а это необходимо для выбора обоснованных методов и программ отбора [15]. В процессе селекционной работы с популяцией необходимо учитывать взаимосвязь показателей, поскольку, отбирая лучших животных по одному признаку, вероятно снижение продуктивности по другим показателям. Результаты корреляционного анализа в общей выборке свиней, обобщенно представленные на рис. 2, показывают достоверность оценки коэффициентов корреляций для всех пар рассматриваемых признаков, за исключением конверсии корма относительно терминального индекса и скороспелости. В группе признаков откормочной продуктивности, включающей длину туловища, живую массу, среднесуточный прирост и скороспелость, наблюдаются высокие и очень высокие корреляции между всеми признаками. Умеренную связь с этой группой имеет показатель выхода постного мяса. При этом данный параметр имеет сильную корреляционную связь с толщиной шпика. В остальных случаях корреляционные показатели являются слабовыраженными.

Таким образом, корреляционный профиль рассматриваемой популяции и статистические распределения признаков соответствуют общепринятым закономерностям, характерным для данного вида и породы.

Для оценки связи между признаками продуктивности и ЗНШ провели анализ на основе описательной статистики в общей выборке и в группах в зависимости от состояния конечностей свиней. Результаты исследований представлены в таблицах 1–3.

Показатели длины туловища, живой массы, среднесуточного прироста, скороспелости и толщины шпика являются экономически важными признаками в свиноводстве, поскольку связаны с прижизненной оценкой мясных и откормочных качеств свиней. В общей выборке свиней значения длины туловища варьировались от 110,0 до 139,0 см со средним значением  $123,9 \pm 0,24$  см. В период бонитировки свиньи весили в среднем  $116,0 \pm 0,59$  кг, при этом максимальная живая масса составила 151,2 кг. Среднесуточный прирост от рождения до бонитировки составил  $0,743 \pm 0,01$  кг при размахе от минимального 0,570 до максимального 0,960 кг. Скороспелость, или возраст достижения 100 кг, составила около  $142,4 \pm 0,44$  дн., при этом у некоторых особей этот показатель достигал 169,0 дн. Толщина шпика, рассчитанная по трем точкам измерения, составила  $12,4 \pm 0,08$  мм, максимальное значение данного показателя в выборке было 17,8 мм. В общей выборке свиней можно отметить высокие показатели мясных качеств: так, выход постного мяса достигал 64,2 % при среднем на выборку  $61,4 \pm 0,06$  %, а изменчивость признака, выраженная в стандартном отклонении, составила 1,24. Терминальный индекс в среднем составил  $132,6 \pm 0,55$ , максимальное значение = 164,0.

Конверсия корма является ключевым показателем для оценки эффективности производства, позволяя оценивать как уровень генетики, так и факторы кормления. В исследуемой выборке конверсия корма варьировалась от минимального значения 1,96 до максимального 4,35; среднее значение в группе составило  $2,40 \pm 0,01$ .

У свиней с ЗНШ длина туловища варьировалась от 110,0 до 136,0 см со средним значением  $121,2 \pm 0,33$  см (таблица 2). Живая масса на момент бонитировки была в среднем  $110,3 \pm 0,79$  кг, при этом максимальный показатель составил 143,5 кг. Среднесуточный прирост свиней с ЗНШ составил  $0,710 \pm 0,01$  при размахе от 0,570 до 0,910 кг. Возраст достижения 100 кг составил  $146,3 \pm 0,63$  дн. при максимальном показателе 169,0 дн. Терминальный индекс в среднем составил  $128,8 \pm 0,89$  при максимальном значении 164,0. Конверсия корма варьировалась от минимального значения 1,96 до максимального 3,03; среднее значение в группе составило  $2,40 \pm 0,01$ .



Таблица 1

Показатели описательной статистики для признаков продуктивности свиней крупной белой породы в общей выборке

Признак	<i>n</i>	Среднее и ошибка средней	Стандартное отклонение	Медиана	Минимум	Максимум
Длина туловища, см	465	123,9 ± 0,24	5,18	125,0	110,0	139,0
Живая масса, кг	465	116,0 ± 0,59	12,90	116,8	85,0	151,2
Среднесуточный прирост, кг	465	0,743 ± 0,01	0,0748	0,75	0,57	0,96
Скороспелость, дн.	465	142,4 ± 0,44	9,45	141,0	121,0	169,0
Толщина шпика, мм	465	12,4 ± 0,08	1,80	12,0	7,1	17,8
Выход постного мяса, %	465	61,4 ± 0,06	1,24	61,2	57,6	64,2
Терминальный индекс	465	132,6 ± 0,55	11,93	133,0	100,0	164,0
Конверсия корма, кг	437	2,4 ± 0,01	0,20	2,40	1,96	4,35

Биология и биотехнологии

Table 1

Descriptive statistics for productivity traits of Large White pigs in the total sample

Trait	<i>n</i>	Mean and error of the mean	Standard deviation	Median	Min	Max
Lenth of body, cm	465	123.9 ± 0.24	5.18	125.0	110.0	139.0
Live weight, kg	465	116.0 ± 0.59	12.90	116.8	85.0	151.2
Average daily growth, kg	465	0.743 ± 0.01	0.0748	0.75	0.57	0.96
Precocity, days	465	142.4 ± 0.44	9.45	141.0	121.0	169.0
Back fat, mm	465	12.4 ± 0.08	1.80	12.0	7.1	17.8
Lean meat yield, %	465	61.4 ± 0.06	1.24	61.2	57.6	64.2
Terminal index	465	132.6 ± 0.55	11.93	133.0	100.0	164.0
Feed conversion, kg	437	2.4 ± 0.01	0.20	2.40	1.96	4.35

Таблица 2

Показатели описательной статистики для признаков продуктивности свиней крупной белой породы с ЗНШ

Признак	<i>n</i>	Среднее и ошибка средней	Стандартное отклонение	Медиана	Минимум	Максимум
Длина туловища, см	220	121,2 ± 0,33	4,84	121,0	110,0	136,0
Живая масса, кг	220	110,3 ± 0,79	11,70	109,7	85,4	143,5
Среднесуточный прирост, кг	220	0,710 ± 0,01	0,07	0,71	0,57	0,91
Скороспелость, дн.	220	146,3 ± 0,63	9,33	145,0	125,0	169,0
Толщина шпика, мм	220	12,1 ± 0,13	1,93	12,1	7,1	17,8
Выход постного мяса, %	220	61,4 ± 0,09	1,32	61,63	57,88	64,21
Терминальный индекс	220	128,8 ± 0,89	13,27	128,0	100,0	164,0
Конверсия корма, кг	220	2,4 ± 0,01	0,16	2,39	1,96	3,03

Table 2

Descriptive statistics indicators for productivity traits of Large White pigs with hind limb defects (ZNSH)

Trait	<i>n</i>	Mean and error of the mean	Standard deviation	Median	Min	Max
Lenth of body, cm	220	121.2 ± 0.33	4.84	121.0	110.0	136.0
Live weight, kg	220	110.3 ± 0.79	11.70	109.7	85.4	143.5
Average daily gain, kg	220	0.710 ± 0.01	0.0688	0.71	0.57	0.91
Precocity, days	220	146.3 ± 0.63	9.33	145.0	125.0	169.0
Back fat, mm	220	12.1 ± 0.13	1.93	12.1	7.1	17.8
Lean meat yield, %	220	61.4 ± 0.09	1.32	61.63	57.88	64.21
Terminal index	220	128.8 ± 0.89	13.27	128.0	100.0	164.0
Feed conversion, kg	220	2.4 ± 0.01	0.16	2.39	1.96	3.03

## Показатели описательной статистики для признаков продуктивности свиней крупной белой породы без ЗНШ

Признак	<i>n</i>	Среднее и ошибка средней	Стандартное отклонение	Медиана	Минимум	Максимум
Длина туловища, см	212	127,4 ± 0,21	3,02	127,0	124,0	139,0
Живая масса, кг	212	123,9 ± 0,64	9,39	123,75	95,3	151,2
Среднесуточный прирост, г	212	0,787 ± 0,01	0,05	0,78	0,65	0,96
Скороспелость, дн.	212	137,1 ± 0,42	6,13	137,0	121,0	154,0
Толщина шпика, мм	212	12,4 ± 0,11	1,62	12,1	8,5	17,1
Выход постного мяса, %	212	60,8 ± 0,07	1,03	60,82	57,62	63,39
Терминальный индекс	212	137,8 ± 0,55	8,05	137,0	126,0	160,0
Конверсия корма, кг	212	2,4 ± 0,01	0,15	2,40	2,11	2,83

Table 3

## Descriptive statistics indicators for productivity traits of Large White pigs without hind limb defects (ZNSH)

Trait	<i>N</i>	Mean and error of the mean	Standard deviation	Median	Min	Max
Lenth of body, cm	212	127.4 ± 0.21	3.02	127.0	124.0	139.0
Live weight, kg	212	123.9 ± 0.64	9.39	123.75	95.3	151.2
Average daily gain, kg	212	0.787 ± 0.01	0.05	0.78	0.65	0.96
Precocity, days	212	137.1 ± 0.42	6.13	137.0	121.0	154.0
Back fat, mm	212	12.4 ± 0.11	1.62	12.1	8.5	17.1
Lean meat yield, %	212	60.8 ± 0.07	1.03	60.82	57.62	63.39
Terminal index	212	137.8 ± 0.55	8.05	137.0	126.0	160.0
Feed conversion, kg	212	2.4 ± 0.01	0.15	2.40	2.11	2.83

В группе свиней без ЗНШ показатель длины туловища в среднем составил  $127,4 \pm 0,21$  см, при этом максимальный показатель достигал 139,0 см, а минимальный – 124,0 см. Живая масса свиней варьировалась от 95,3 до 151,2 кг, средний показатель составил  $123,9 \pm 0,64$  кг. Среднесуточный прирост от рождения до бонитировки составил  $0,787 \pm 0,01$  кг при размахе от минимального 0,650 до максимального 0,960 кг. Средняя скороспелость составила  $137,1 \pm 0,42$  дн., при этом максимальный возраст достижения массы 100 кг в этой группе составил 154,0 дн. Толщина шпика, рассчитанная по трем точкам измерения, составила  $12,4 \pm 0,11$  мм. По показателю выхода постного мяса среднее значение было несколько ниже, чем в других группах, и составило  $60,8 \pm 0,07$  %, а изменчивость признака, выраженная в стандартном отклонении, составила 1,03. Терминальный индекс в среднем составил  $137,8 \pm 0,55$ . Минимальное значение индекса достигло 126,0, а максимальное – 160,0. Во всех исследуемых выборках конверсия корма практически одинаковая, в группе здоровых свиней варьировалась от минимального значения 2,11 до максимального 2,83 со средним значением  $2,40 \pm 0,01$ .

Для проверки гипотезы о связи между наличием/отсутствием ЗНШ и признаками мясной и от-

кормочной продуктивности был проведен сравнительный графический анализ распределений этих признаков в двух группах.

Распределение показателя длины туловища существенно различается у животных с ЗНШ и без ЗНШ (рис. 3). Более того, при наличии нормального распределения этого показателя в общей выборке оно сохраняется в группе животных с ЗНШ, но значительно отличается от нормального в группе здоровых животных. Также две рассматриваемые группы животных значительно отличаются по размаху вариации и мерам центральной тенденции в распределении длины туловища.

Показатели по признакам живой массы, среднесуточного прироста и скороспелости не утрачивают нормального распределения при разделении общей совокупности в зависимости от наличия ЗНШ (рис. 4–6). При этом для всех трех признаков в группе животных ЗНШ выше изменчивость признака, однако большинство наблюдений сконцентрировано в той части распределений, которые соответствуют менее предпочтительным значениям для данных признаков. Эта тенденция отражается и в центральных моментах распределений, которые для всех трех указанных признаков имеют лучшие значения в группе без ЗНШ.

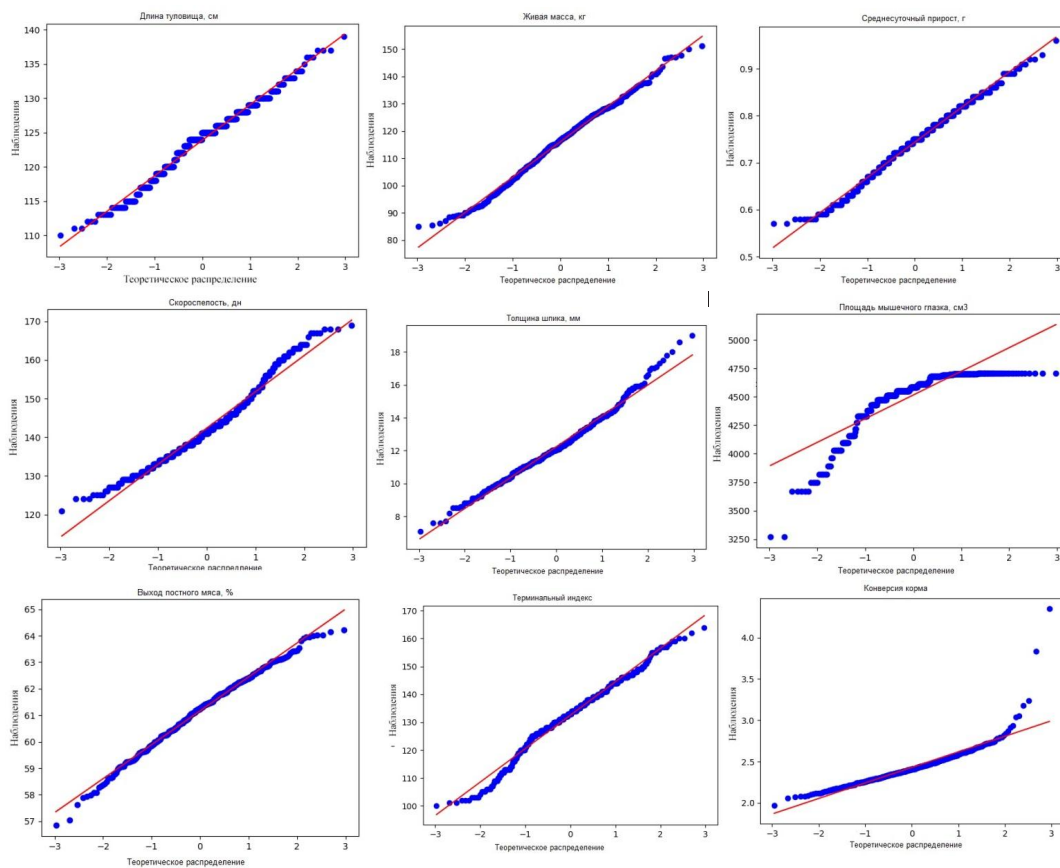


Рис. 1. Графики Q-Q (вероятности) оценки соответствия нормальному распределению для признаков продуктивности свиней крупной белой породы

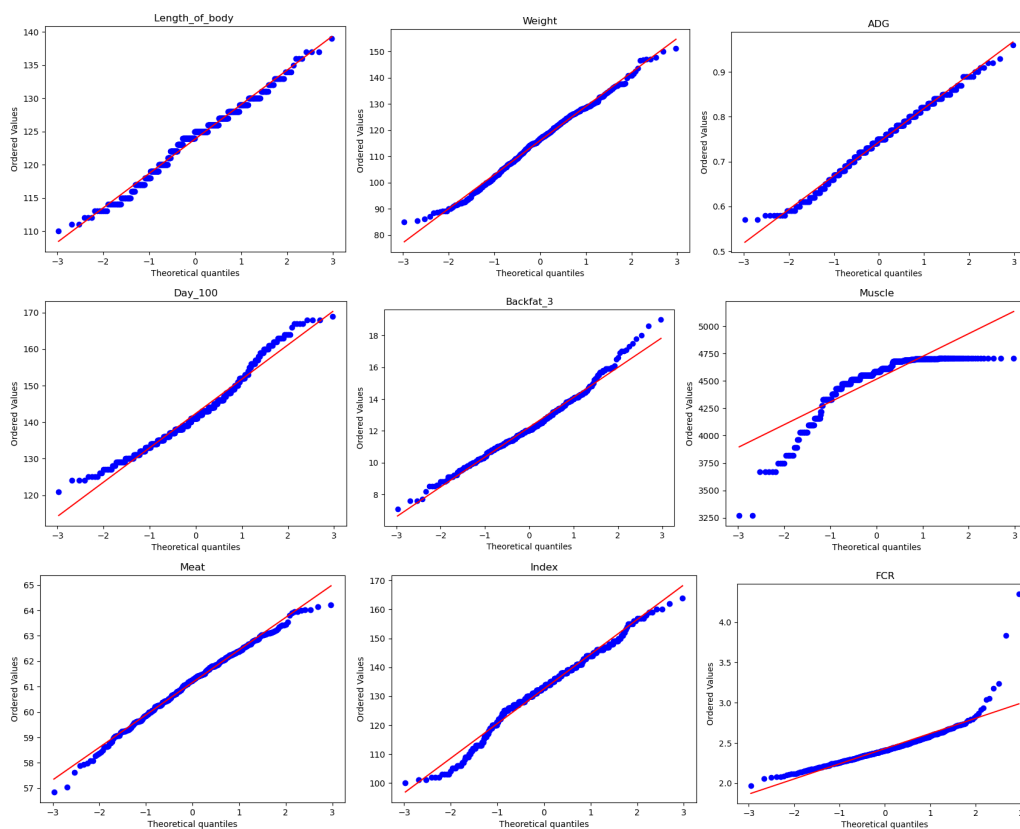


Fig. 1. Q-Q (probability) graphs of conformity to normal distribution for productivity traits of Large White pigs

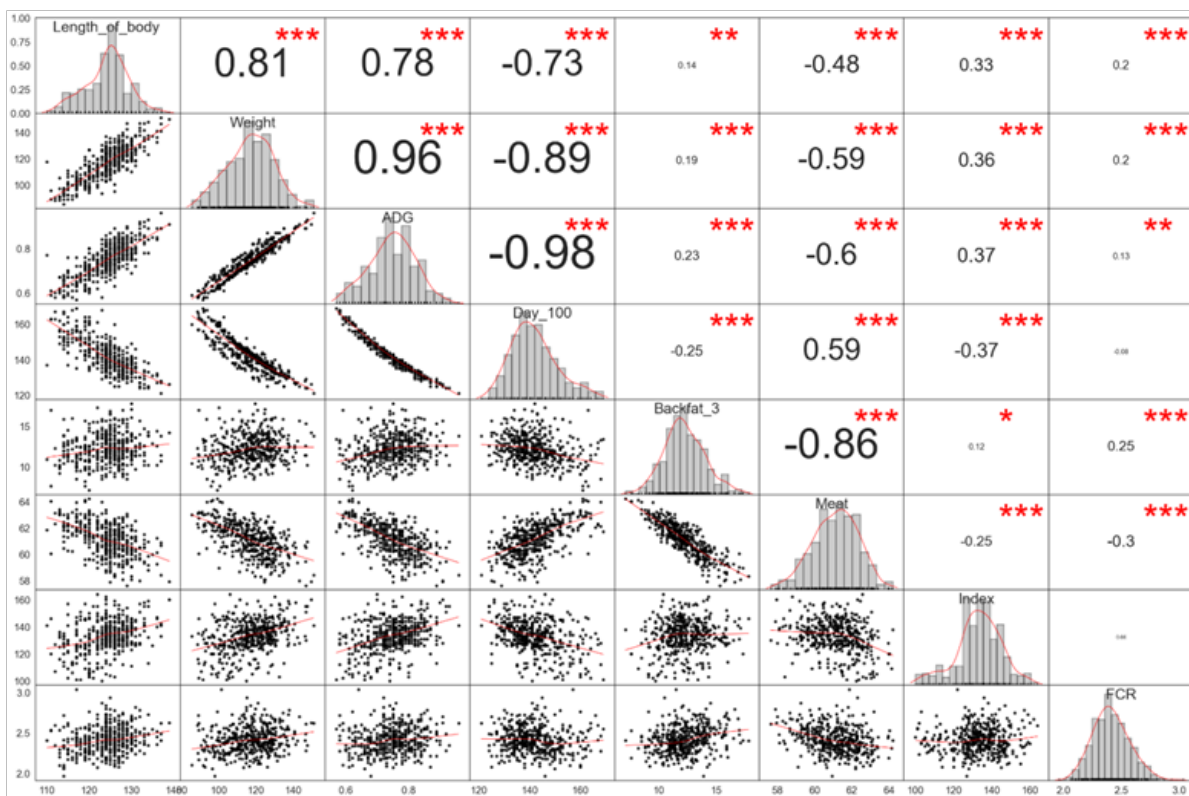


Рис. 2. Correlogramma для признаков продуктивности свиней крупной белой породы в общей выборке.

\*\*\*  $p < 0,0001$ ; \*\*  $p < 0,001$ ; \*  $p < 0,05$

Fig. 2. Correlogram for productivity traits of Large White pigs in the total sample.

\*\*\*  $p < 0,0001$ ; \*\*  $p < 0,001$ ; \*  $p < 0,05$

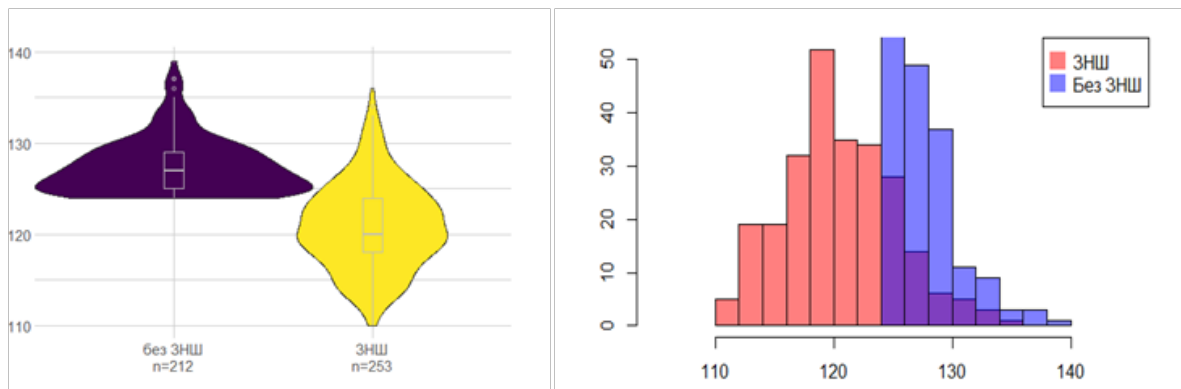


Рис. 3. Графический анализ распределения признака «длина туловища» в двух группах

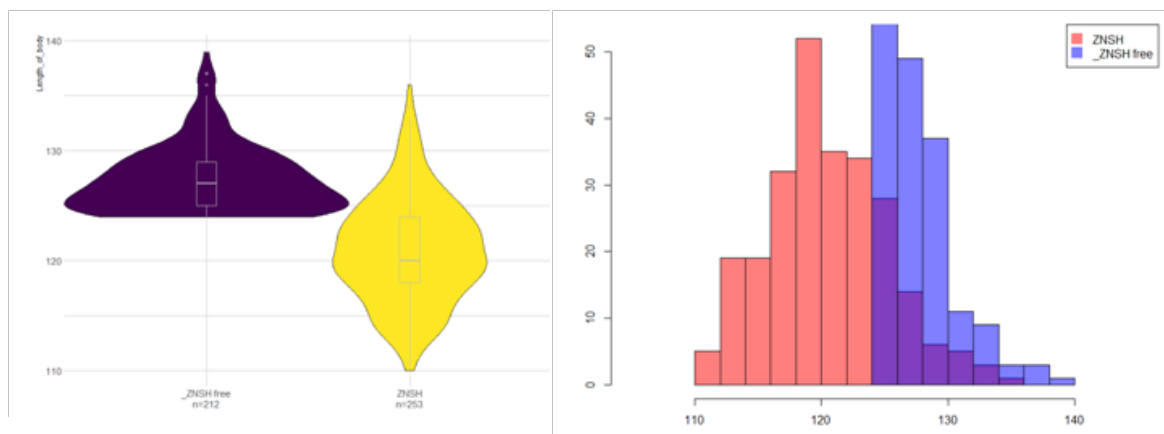


Fig. 3. Graphical analysis of the distribution of the body length trait in two groups



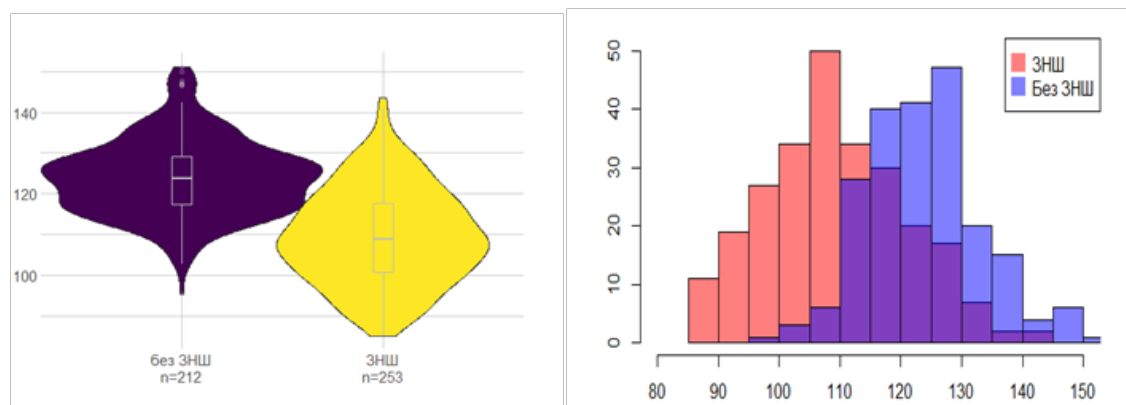


Рис. 4. Графический анализ распределения признака «живая масса» в двух группах

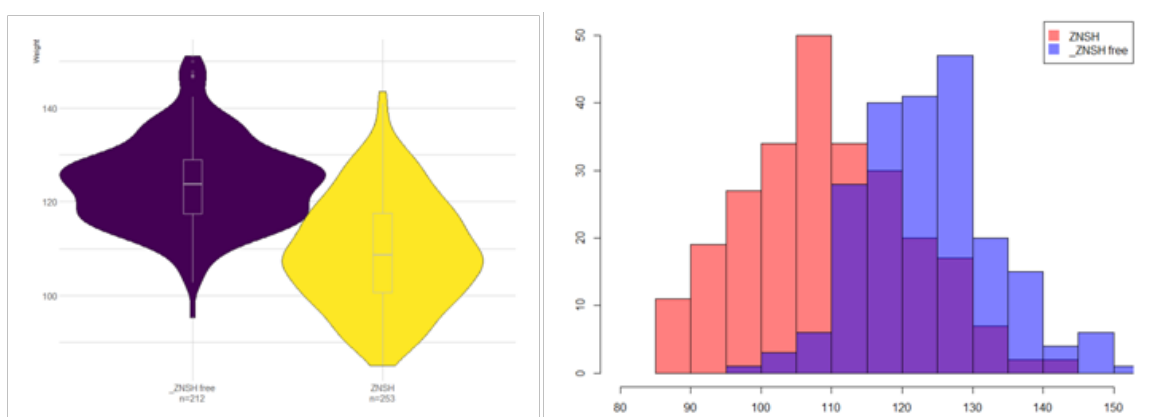


Fig. 4. Graphical analysis of the distribution of the live weight trait in two groups

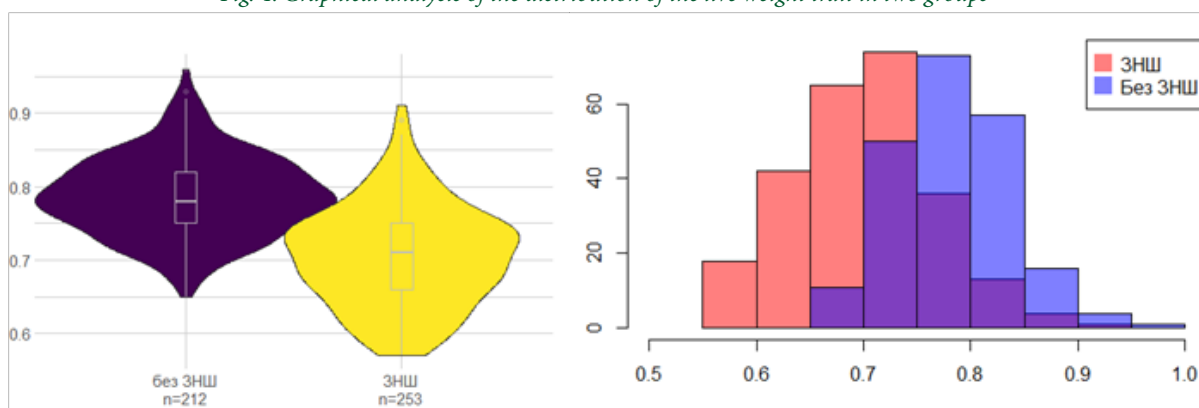


Рис. 5. Графический анализ распределения признака «среднесуточный прирост» в двух группах

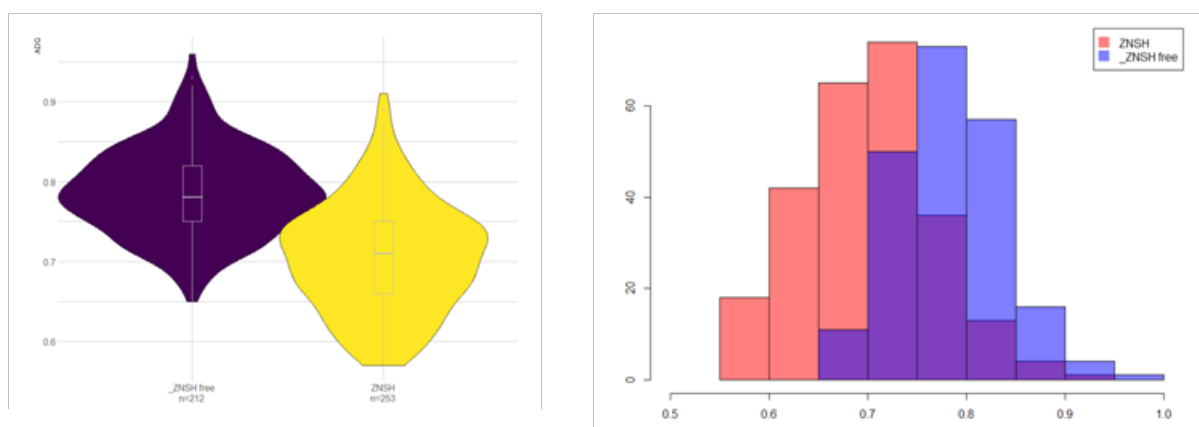


Fig. 5. Graphical analysis of the distribution of the average daily gain trait in two groups

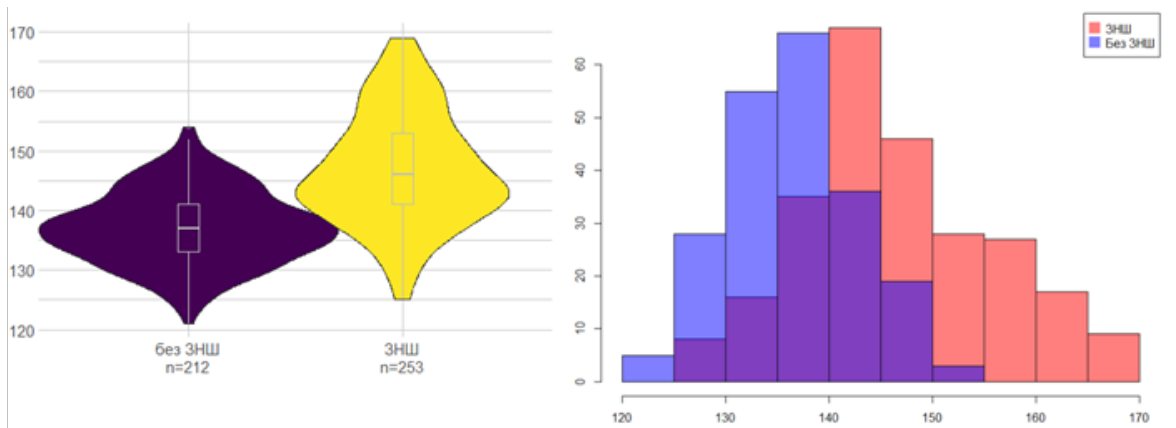


Рис. 6. Графический анализ распределения признака «скороспелость» (возраста достижения живой массы 100 кг) в двух группах

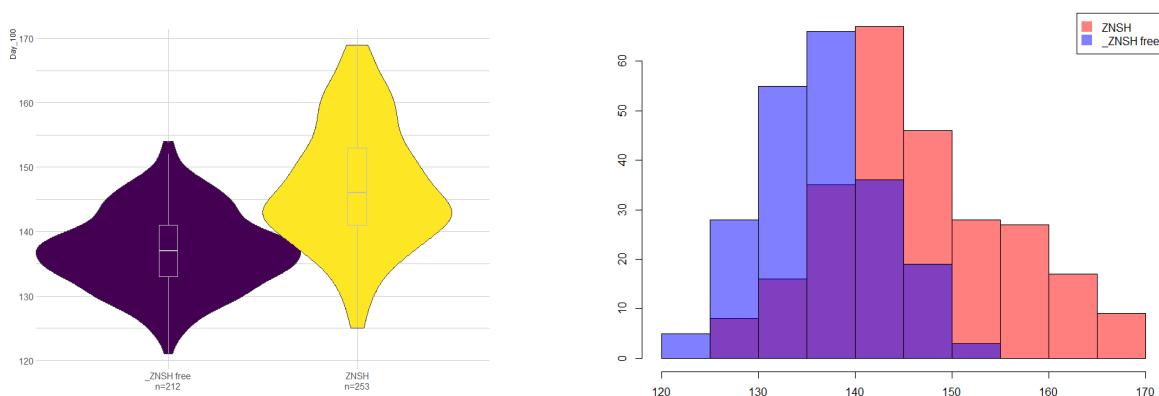


Fig. 6. Graphical analysis of the distribution of precocity trait (age of reaching a live weight of 100 kg) in two groups

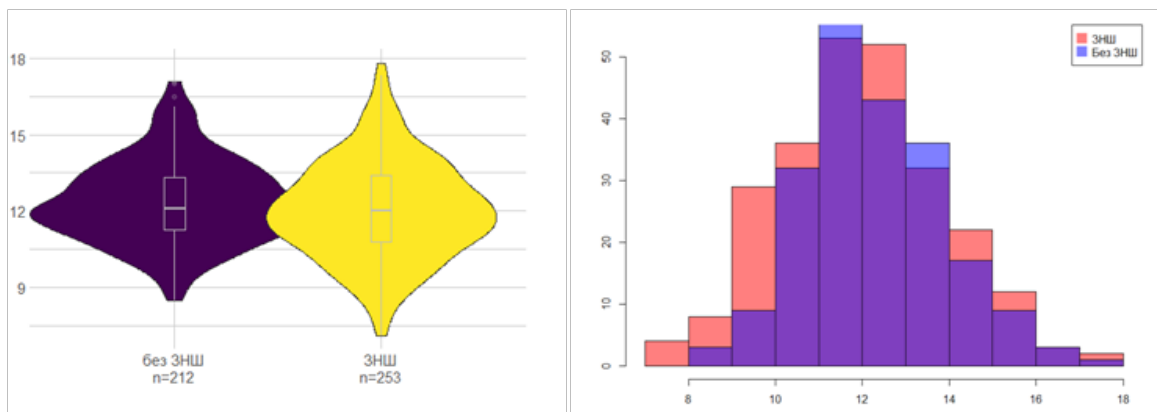


Рис. 7. Графический анализ распределения признака «толщина шпика» в двух группах

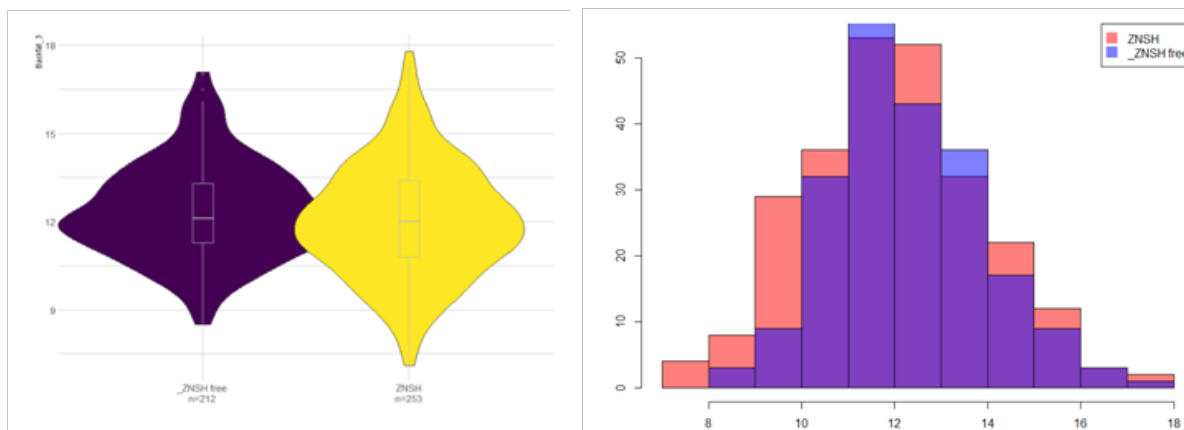


Fig. 7. Graphical analysis of the distribution of the fat thickness trait in two groups

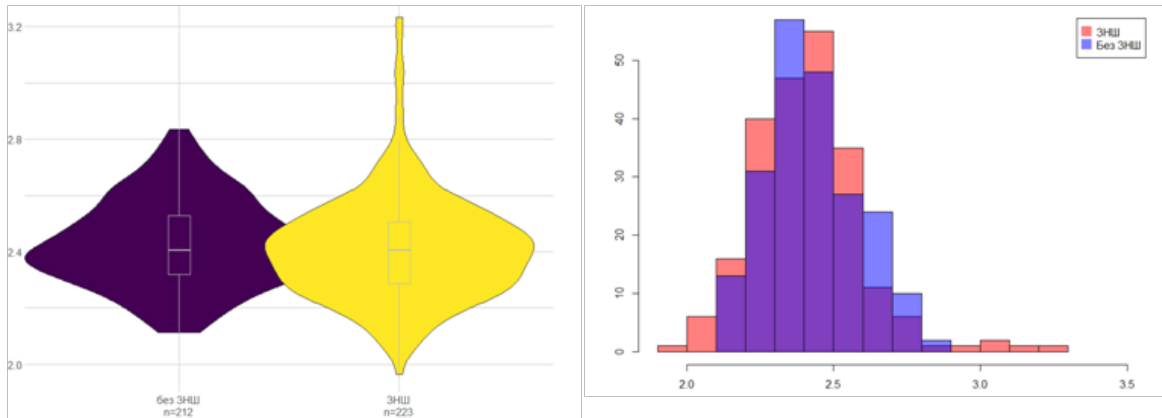


Рис. 8. Графический анализ распределения признака «конверсия корма» в двух группах

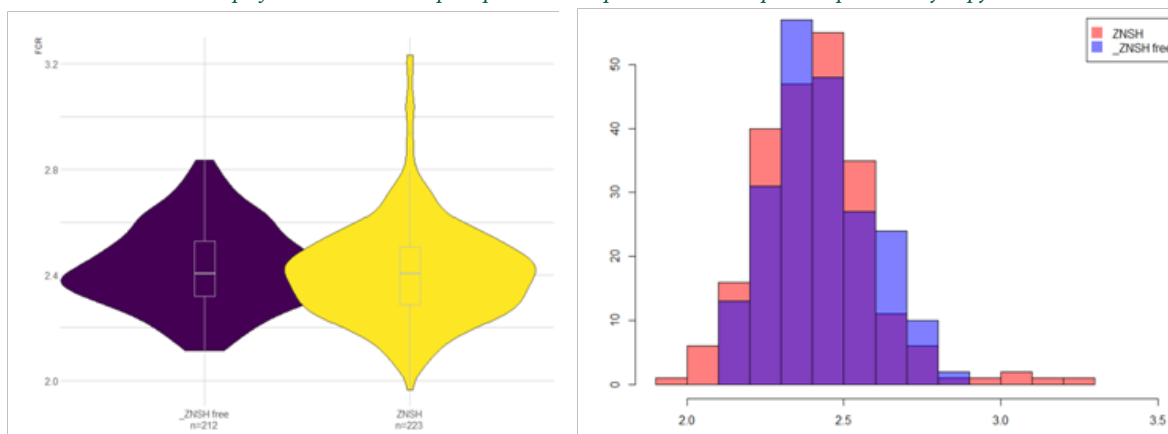


Fig. 8. Graphical analysis of the distribution of the feed conversion ratio trait in two groups

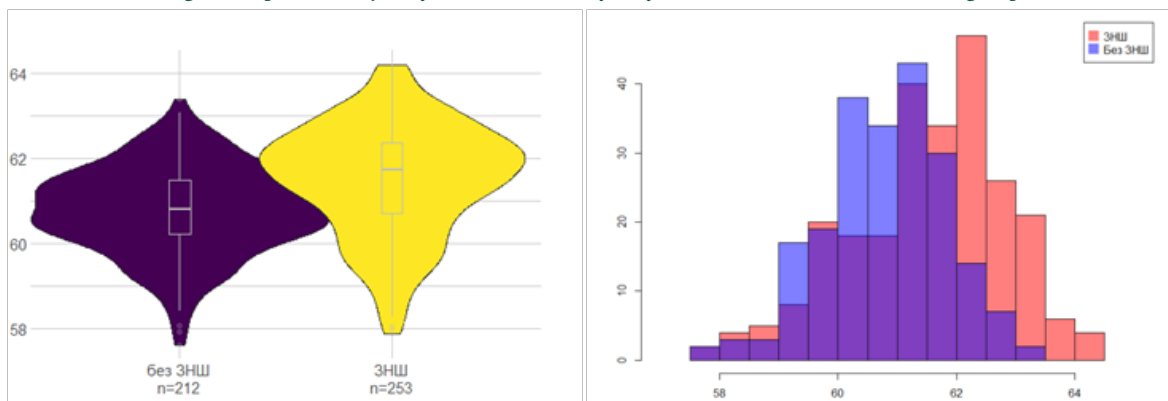


Рис. 9. Графический анализ распределения признака «выход постного мяса» в двух группах

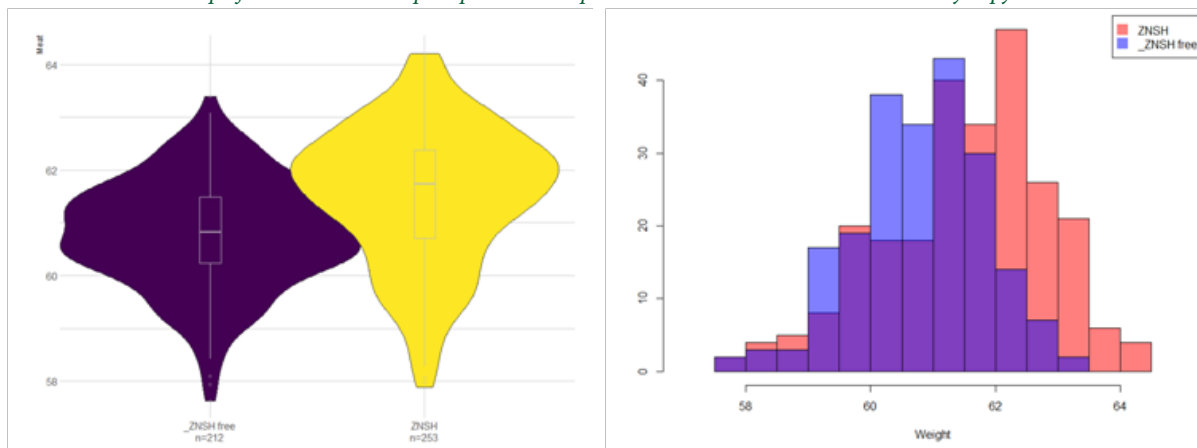


Fig. 9. Graphical analysis of the distribution of the lean meat yield feature in two groups

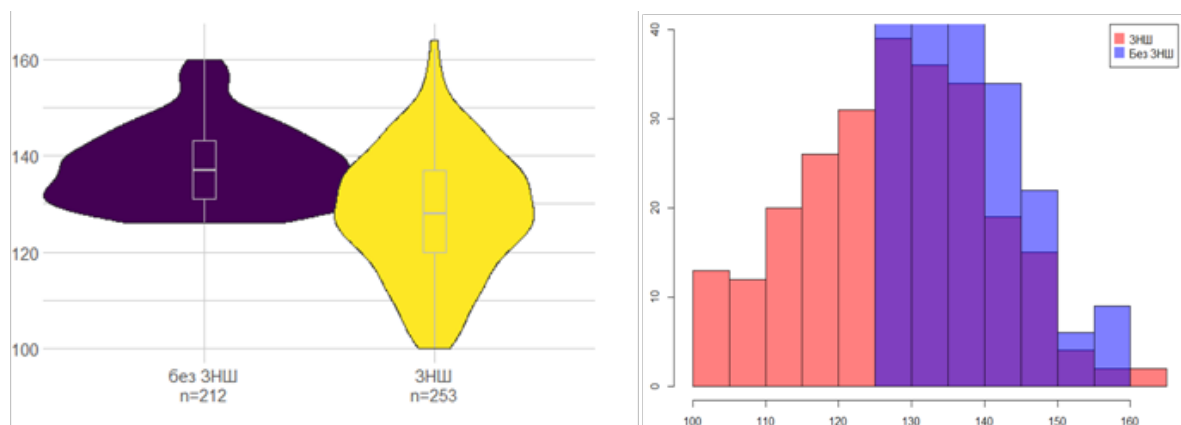


Рис. 10. Графический анализ распределения признака «терминальный индекс» в двух группах

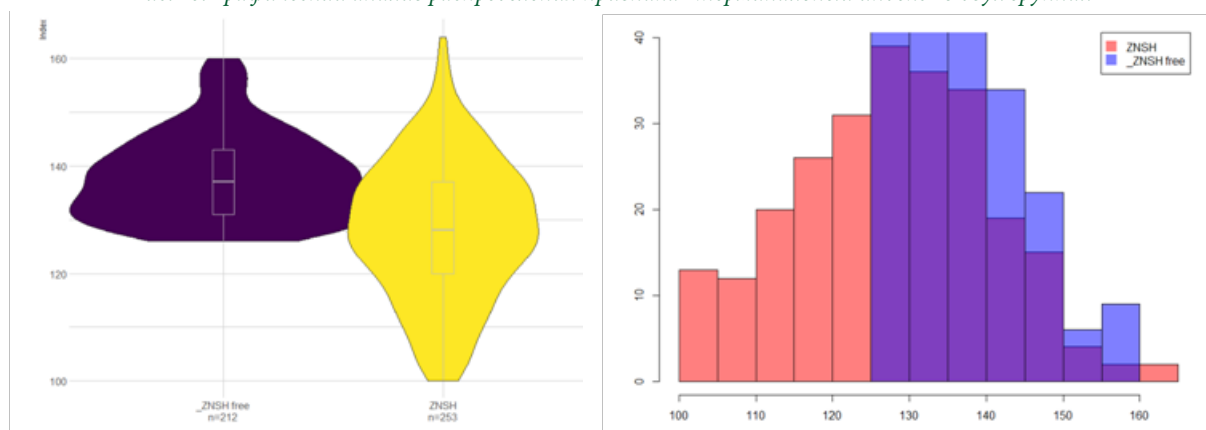


Fig. 10. Graphical analysis of the distribution of the terminal index trait in two groups

Распределения толщины шпика в обеих группах относительно симметричны и весьма близки с точки зрения мер центральной тенденции, хотя группа ЗНШ имеет более значительную изменчивость (рис. 7).

Показатели конверсии корма в обеих группах имеют достаточно схожие значения центральных моментов распределений (рис. 8). При этом в группе животных с ЗНШ несколько животных имеют показатели, которые заметно отклоняются от имеющихся тенденций как в общей совокупности, так и в пределах своей группы. Проявление столь значительных показателей следовало бы ожидать и в других признаках, однако они не наблюдаются, что, в свою очередь, дает основание исключить эти значения из рассмотрения при анализе данного признака.

Показатель выхода постного мяса является единственным, где группа с ЗНШ проявляет превосходство над аналогами из альтернативной группы (рис. 9). Здесь, так же как и в случае с признаками живой массы, среднесуточного прироста и скороспелости, наблюдается выраженная асимметрия распределения, но в отличие от указанных признаков значения, наоборот, сконцентрированы, преимущественно в предпочтительной (верхней) части.

В распределении показателей терминального индекса в обеих группах проявляются те же тенденции, что и по признаку длины туловища (рис. 10).

В частности, группа ЗНШ имеет более высокую изменчивость и асимметрию в область низких значений, но при этом сохраняет форму, близкую к нормальному распределению. В группе животных без ЗНШ наблюдается на порядок меньшая изменчивость и консолидация индекса в области значений центральных моментов распределения. При этом форма распределения значительно отличается от нормальной.

В целом сравнительный графический анализ распределений признаков в двух группах позволяет предполагать наличие связи между наличием/отсутствием дефектов задних конечностей и параметрами распределения. В частности, показатели рассматриваемых признаков у животных без ЗНШ более консолидированы, в то время как у животных с ЗНШ отмечается более выраженная изменчивость, а во многих случаях и асимметрия. Также по многим признакам животные без ЗНШ имеют более предпочтительные значения с точки зрения хозяйственного использования животных. Это относится к показателям длины туловища, живой массы, среднесуточного прироста, скороспелости и терминального индекса. По признакам толщины шпика и конверсии корма обе группы имеют весьма схожие распределения как по форме, так и по мерам центральной тенденции. По показателю выхода постного мяса животные с ЗНШ имеют бо-

лее желательную форму распределения и более высокие показатели центральных моментов. В целях подтверждения обозначенных различий были проведены параметрические тесты средних значений и дисперсий признаков между двумя рассматриваемыми группами. Результаты тестов представлены в таблице 4. Полученные данные свидетельствуют о том, что по всем признакам, кроме выхода пост-

ного мяса, статистически значимое превосходство отмечается в группе животных, не имеющих дефектов конечностей. Значимость различий по признаку толщины шпика не подтверждена. По всем признакам также отвергается нулевая гипотеза о равенстве дисперсий, т. е. можно говорить, что во всех случаях дисперсия в группе ЗНШ отличается от дисперсии в группе без ЗНШ.

Таблица 4  
Сравнительный анализ средних значений признаков свиней крупной белой породы здоровых и с ЗНШ

Признак	ЗНШ	Среднее значение	p-значение (t-test)	$\sigma^2$	p-значение (f-test)
Длина туловища, см	Нет	127,41	< 0,0001	9,18	< 0,0001
	Да	121,18		23,45	
Живая масса, кг	Нет	123,87	< 0,0001	88,34	0,001
	Да	110,25		137,11	
Среднесуточный прирост, кг	Нет	0,79	< 0,0001	0,003	< 0,0001
	Да	0,71		0,004	
Скороспелость, дн.	Нет	137,07	< 0,0001	37,69	< 0,0001
	Да	146,30		87,17	
Толщина шпика, мм	Нет	12,35	< 0,21	2,64	0,01
	Да	12,14		3,75	
Выход постного мяса, %	Нет	60,80	< 0,0001	1,07	< 0,001
	Да	61,42		1,76	
Конверсия корма, кг	Нет	2,43	0,06	64,80	0,3
	Да	2,4		176,24	
Терминальный индекс	Нет	137,79	< 0,0001	0,024	< 0,0001
	Да	128,75		0,03	

Table 4  
Comparative analysis of average values of traits of healthy Large White pigs and those with hind limb defects (ZNSH)

Trait	ZNSH	Mean	p-value (t-test)	$\sigma^2$	p-value (f-test)
Lenth of body, cm	Yes	127.41	< 0.0001	9.18	<0.0001
	No	121.18		23.45	
Live weight, kg	No	123.87	< 0.0001	88.34	0.001
	Yes	110.25		137.11	
Average daily gain, g	No	0.79	< 0.0001	0.01	< 0.0001
	Yes	0.71		0.01	
Precocity, day	No	137.07	< 0.0001	37.69	< 0.0001
	Yes	146.30		87.17	
Back fat, mm	No	12.35	< 0.21	2.64	0.01
	Yes	12.14		3.75	
Lean meat yield, %	No	60.80	< 0.0001	1.07	< 0.001
	Yes	61.42		1.76	
Feed conversion, kg	No	2.43	0.06	64.80	0.3
	Yes	2.4		176.24	
Terminal index	No	137.79	< 0.0001	0.024	< 0.0001
	Yes	128.75		0.03	



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

В рамках данных исследований мы рассмотрели популяцию чистопородных свиней крупной белой породы одного из племенных хозяйств РФ. Анализ распределения и корреляционных связей признаков в исследуемой выборке показал, что для нее не характерны какие-либо специфические особенности и она соответствует основным закономерностям, установленным для подобных популяций. В то же время внутри популяции животные, имеющие дефекты ЗНШ, отличаются по средним и вариационным параметрам от своих аналогов, не имеющих дефектов. Причем в большинстве случаев животные без ЗНШ имеют значительное преимущество

по ряду признаков. Исключением в данной тенденции стал показатель выхода постного мяса.

Таким образом, на основе полученных результатов можно утверждать, что наличие ЗНШ влияет на изменчивость признаков продуктивности, а также характеризуется худшими уровнями признаков. Дальнейшие исследования по данному вопросу должны быть направлены на установление биологических механизмов формирования дефектов конечностей свиней. Это позволит разрабатывать селекционные программы, направленные на снижение распространенности дефектов в популяциях либо на нивелирование их влияния.

**Библиографический список**

1. Getmantseva L., Kolosova M., Bakoev F., Zimina A., Bakoev S. Genomic Regions and Candidate Genes Linked to Capped Hock in Pig // *Life (Basel)*. 2021. Vol. 11, No. 6. Pp. 510–518. DOI: 10.3390/life11060510.
2. Bakoev S., Getmantseva L., Kolosova M., Kostyunina O., Chartier D. R., Tatarinova T. V. PigLeg: Prediction of swine phenotype using machine learning // *PeerJ*. 2020. Vol. 8. Article number e8764. DOI: 10.7717/peerj.8764.
3. Романец Е. А., Бакоев С. Ю., Гетманцева Л. В., Колосова М. А., Романец Т. С., Максимов Н. А. Поиск генетических факторов, связанных с дефектами конечностей у свиней // *Свиноводство*. 2023. № 4. С. 43–46. DOI: 10.37925/0039-713X-2023-4-43-46.
4. Boudon A., Karhapää M., Siljander-Rasi H., Cantaloube E., Brossard L., Le Floc'h N., Meunier-Salaün M. C. Effect of moderate forced physical activity on behaviour, lameness and osteochondrosis in growing pigs from two divergent lines selected for feed efficiency // *Animal – Open Space*. 2022. Vol. 1, No. 1. Article number 100010. DOI: 10.1016/j.anopes.2022.100010.
5. Ostner F., Hergt T., Klein S., Patzkéwitsch D., Reese S., Brühschwein A., Meyer-Lindenberg A., Schade B., Böhm B., Eisenreich R., et al. Technopathien der Gliedmaßen bei Mastschweinen: Ursachen, Entstehung, Tierschutzrelevanz // *Tierarztl Prax Ausg G Grosstiere Nutztiere*. 2018. Vol. 46, No. 05. Pp. 307–315. DOI: 10.15653/TPG-170861.
6. Ekman S., Carlson C. S. The pathophysiology of osteochondrosis // *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 1998. Vol. 28, No. 1. Pp. 17–32. DOI: 10.1016/s0195-5616(98)50002-2.
7. Jørgensen B., Andersen S. Genetic parameters for osteochondrosis in Danish Landrace and Yorkshire boars and correlations with leg weakness and production traits // *Animal Science*. 2000. Vol. 71, No. 3. Pp. 427–434. DOI: 10.1017/S1357729800055442.
8. Bakoev S., Traspov A., Getmantseva L., Belous A., Karpushkina T., Kostyunina O., Usatov A., Tatarinova T. V. Detection of genomic regions associated malformations in newborn piglets: a machine-learning approach [Электронный ресурс] // *PeerJ*. 2021. Vol. 22. Article number 9:e11580. DOI: 10.7717/peerj.11580.
9. Getmantseva L., Kolosova M., Fede K., Korobeinikova A., Kolosov A., Romanets E., Bakoev F., Romanets T., Yudin V., Keskinov A., Bakoev S. Finding Predictors of Leg Defects in Pigs Using CNV-GWAS // *Genes (Basel)*. 2023. Vol. 14, No. 11. Pp. 2054–2065. DOI: 10.3390/genes14112054.
10. Hergt T., Ostner F., Klein S., Zöls S., Erhard M., Reese S., Ritzmann M., Patzkéwitsch D. Technopathien der Gliedmaßen bei Mastschweinen: Ursachen, Entstehung und Tierschutzrelevanz // *Tierärztliche Praxis Ausgabe G: Grosstiere – Nutztiere*. 2018. Vol. 46, No. 5. Pp. 368–377.
11. Poklukar K., Čandek-Potokar M., Lukač N.B., Tomažin U., Škrlep M. Lipid Deposition and Metabolism in Local and Modern Pig Breeds: A Review // *Animal (Basel)*. 2020. Vol. 10, No. 3. Article number 424. DOI: 10.3390/ani10030424.
12. Quander-Stoll N., Früh B, Bautze D., Zollitsch W., Leiber F., Scheeder M. R. L. Sire-feed interactions for fattening performance and meat quality traits in growing-finishing pigs under a conventional and an organic feeding regimen // *Meat Science*. 2021. Vol. 179. Article number 108555. DOI: 10.1016/j.meatsci.2021.108555.
13. Guan R., Wu J., Wang Y., et al. Comparative analysis of productive performance and fattening efficiency of commercial pigs in China for two consecutive years // *Scientific Reports*. 2023. Vol. 13, No. 1. Pp. 8154–8164. DOI: 10.1038/s41598-023-35430-y.
14. Зинченко А. П., Романцева Ю. Н. Статистика сельского хозяйства: статистическое наблюдение: учебное пособие для вузов. Москва: Юрайт, 2020. 162 с.

15. Дунина В. А. Коррелятивная взаимосвязь воспроизводительных признаков у свиноматок разных генотипов при использовании хряков различных пород // *Сельскохозяйственный журнал*. 2022. № 4 (15). С. 84–89. DOI: 10.25930/2687-1254/009.4.15.2022.

#### Об авторах:

**Мария Анатольевна Колосова**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры разведения сельскохозяйственных животных, частной зоотехнии и зоогигиены имени академика П. Е. Ладана, Донской государственной аграрный университет, п. Персиановский, Ростовская область, Россия; ORCID 0000-0003-2979-7108, AuthorID 695089. *E-mail: m.leonovaa@mail.ru*

**Анатолий Юрьевич Колосов**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории оценки племенных качеств быков, Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела, п. Лесные Поляны, Московская область, Россия; ORCID 0000-0002-6583-8942, AuthorID 644806. *E-mail: kolosov777@gmail.com*

**Александр Сергеевич Чернышков**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры разведения сельскохозяйственных животных, частной зоотехнии и зоогигиены имени академика П. Е. Ладана, Донской государственной аграрный университет. п. Персиановский, Ростовская область, Россия; ORCID 0000-0001-7116-1897, AuthorID 726540. *E-mail: donchene@mail.ru*

#### References

1. Getmantseva L., Kolosova M., Bakoev F., Zimina A., Bakoev S. Genomic Regions and Candidate Genes Linked to Capped Hock in Pig. *Life (Basel)*. 2021; 11 (6): 510–518. DOI: 10.3390/life11060510.
2. Bakoev S., Getmantseva L., Kolosova M., Kostyunina O., Chartier D. R., Tatarinova T. V. PigLeg: Prediction of swine phenotype using machine learning. *PeerJ* [Internet]. 2020 [cited 2024 Sep 28]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7098386>.
3. Romanets E. A., Bakoev S. Yu., Getmantseva L. V., Kolosova M. A., Romanets T. S., Maksimov N. A. Search for genetic factors associated with limb defects in pigs. *Pigbreeding*. 2023; 4: 43–46. DOI: 10.37925/0039-713X-2023-4-43-46. (In Russ.)
4. Boudon A., Karhapää M., Siljander-Rasi H., Cantaloube E., Brossard L., Le Floc'h N., Meunier-Salaün M. C. Effect of moderate forced physical activity on behaviour, lameness and osteochondrosis in growing pigs from two divergent lines selected for feed efficiency. *Animal – Open Space*. 2022; 1 (1): 100010. DOI: 10.1016/j.anopes.2022.100010.
5. Ostner F., Hergt T., Klein S., Patzkéwitsch D., Reese S., Brühschwein A., Meyer-Lindenberg A., Schade B., Böhm B., Eisenreich R., et al. Technopathien der Gliedmaßen bei Mastschweinen: Ursachen, Entstehung, Tierschutzrelevanz. *Tierarztl Prax Ausg G Grosstiere Nutztiere*. 2018; 46 (05): 307–315. DOI: 10.15653/TPG-170861. (In German.)
6. Ekman S., Carlson C. S. The pathophysiology of osteochondrosis. Review. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 1998; 28 (1): 17–32. DOI: 10.1016/s0195-5616(98)50002-2.
7. Jørgensen B., Andersen S. Genetic parameters for osteochondrosis in Danish Landrace and Yorkshire boars and correlations with leg weakness and production traits. *Animal Science*. 2000; 71 (3): 427–434. DOI: 10.1017/S1357729800055442.
8. Bakoev S., Traspov A., Getmantseva L., Belous A., Karpushkina T., Kostyunina O., Usatov A., Tatarinova T. V. Detection of genomic regions associated malformations in newborn piglets: a machine-learning approach. *PeerJ* [Internet]. 2021 [cited 2024 Sep 28]. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34327051>.
9. Getmantseva L., Kolosova M., Fede K., Korobeinikova A., Kolosov A., Romanets E., Bakoev F., Romanets T., Yudin V., Keskinov A., Bakoev S. Finding Predictors of Leg Defects in Pigs Using CNV-GWAS. *Genes (Basel)*. 2023; 14 (11): 2054–2065. DOI: 10.3390/genes14112054.
10. Hergt T., Ostner F., Klein S., Zöls S., Erhard M., Reese S., Ritzmann M., Patzkéwitsch D. Technopathien der Gliedmaßen bei Mastschweinen: Ursachen, Entstehung und Tierschutzrelevanz. *Tierärztliche Praxis Ausgabe G: Grosstiere – Nutztiere*. 2018; 46 (5): 368–377. (In German.)
11. Poklukar K., Čandek-Potokar M., Lukač N. B., Tomažin U., Škrlep M. Lipid Deposition and Metabolism in Local and Modern Pig Breeds: A Review *Animal (Basel)* [Internet]. 2020 [cited 2024 Sep 28]. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32138208>.
12. Quander-Stoll N., Früh B., Bautze D., Zollitsch W., Leiber F., Scheeder M. R. L. Sire-feed interactions for fattening performance and meat quality traits in growing-finishing pigs under a conventional and an organic feeding regimen. *Meat Science* [Internet]. 2021 [cited 2024 Sep 28]. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34023676>.

13. Guan R., Wu J., Wang Y., et al. Comparative analysis of productive performance and fattening efficiency of commercial pigs in China for two consecutive years. *Scientific Reports*. 2023; 13 (1): 8154–8164. DOI: 10.1038/s41598-023-35430-y.

14. Zinchenko A. P., Romantseva Yu. N. Agricultural statistics: statistical observation: a textbook for universities. Moscow: Yurayt, 2020. 162 p. (In Russ.)

15. Dunina V. A. Correlative relationship of reproductive traits in sows of different genotypes using boars of different breeds. *Agricultural Journal*. 2022; 4 (15): 84–89. DOI: 10.25930/2687-1254/009.4.15.2022. (In Russ.)

#### ***Authors' information:***

**Mariya A. Kolosova**, candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of agricultural breeding animals, private zootechnics and animal hygiene named after academician P. E. Ladan, Don State Agrarian University, Persianovskiy settlement, Rostov region, Russia; ORCID 0000-0003-2979-7108, AuthorID 695089. *E-mail: m.leonovaa@mail.ru*

**Anatoliy Yu. Kolosov**, candidate of agricultural sciences. sciences, leading researcher of the laboratory for assessing breeding qualities of bulls, All-Russian Research Institute of Breeding, Lesnye Polyany settlement, Moscow region, Russia; ORCID 0000-0002-6583-8942, AuthorID 644806. *E-mail: kolosov777@gmail.com*

**Aleksandr S. Chernyshkov**, candidate of agricultural sciences. sciences, associate professor of the department of breeding agricultural animals, private zootechnics and zoohygiene named after academician P. E. Ladan, Don State Agrarian University, Persianovskiy settlement, Rostov region, Russia; ORCID 0000-0001-7116-1897, AuthorID 726540. *E-mail: donchene@mail.ru*