

УДК: 636.2.034+636.08

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.4.227

## ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭРИТРОПОЭЗА У СВИНОМАТОК В РАЗЛИЧНЫЕ ПЕРИОДЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЦИКЛА

Воронина О. А.\* – канд. биол.наук, ст. науч. сотр. гр. аналитической биохимии (ORCID 0000-0002-6774-4288); Зайцев С. Ю. – д-р хим. наук, д-р биол. наук, вед. науч. сотр., руководитель группы аналитической биохимии (ORCID 0000-0003-1533-8680)

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Федеральный исследовательский центр животноводства - ВИЖ  
имени академика Л.К. Эрнста»

\*voroninaok-senia@inbox.ru

**Ключевые слова:** свиноматки, лабораторная диагностика, гематология, эритроциты, ретикулоциты

**Key words:** sows, laboratory diagnostics, hematology, erythrocytes, reticulocytes

**Финансирование:** Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, грант №20-16-00032-II (соглашение №20-16-00032-II от 15.05.2023 г) <https://rscf.ru/project/20-16-00032/>.

Поступила: 20.10.2023

Принята к публикации: 17.11.2023

Опубликована онлайн: 08.12.2023



### РЕФЕРАТ

Тактика периодического контроля гематологии свиноматок позволяет своевременно принимать меры по профилактике состояния анемии, которое неизбежно возникает, поскольку направленный отбор и селекция промышленных пород нацелены на многоплодие, что повышает риски возникновения анемии в период супоросности и подсосного периода. При периодическом и регулярном контроле, возможно выведение индивидуальных референтных интервалов гематологических показателей для конкретного животного и контроля отклика на компенсаторные мероприятия от чего напрямую зависит выход жизнеспособных поросят и их выживаемость. Целью данного исследования стало изучение числа эритроцитов, уровня гемоглобина, гематокрита, среднего объема эритроцитов и эритроцитарных индексов в зависимости от производственного цикла свиноматки. Группы были сформированы из свиноматок на 80 день супоросности (1 группа, n=5), после опороса (2 группа, n=5) и перед отъемом поросят (3 группа, n=5). Анализатор Vet АВСТМ (Horiba Medical Польша) был использован. Подсчет ретикулоцитов методом «суправитальной окраски» раствором «бриллиантового крезилового синего». Статистическая обработка в программе «Microsoft Excel» (пакет «Анализ данных»), оценка достоверности различий на базе U критерия Манна—Уитни. В результате установлено, что средний объем эритроцита увеличивается со снижением их числа и концентрации гемоглобина, что вполне закономерно и свидетельствует о регенераторном ответе с появлением в крови ретикулоцитов. Коэффициент корреляции между эритроцитами и средним объемом эритроцита составил  $r=-0.53$  ( $r^2=0.28$ ,  $p=0.01$ ), между средним объемом эритроцита и ретикулоцитами  $r=-0.50$  ( $r^2=0.25$ ,  $p=0.05$ ). Достоверных различий среди групп по ретикулоцитам и среднему объему эритроцита не выявлено. Динамика и интенсивность регенерации умеренная во всех трех группах.

## ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Гематологические референтные интервалы являются статистическим показателем, который ограничивает центральный 95% диапазон референтных значений [1]. Это значит, что уровень индивидуальности для таких интервалов достаточно низкий [1,2] поэтому установление референтных интервалов не только внутри конкретных лабораторий, но и внутри конкретных свиноводческих хозяйств, будет полезно производству. Особенно актуальна такая тактика для оценки здоровья и продуктивного долголетия свиноматок. Поскольку экономический потенциал свиноводства, как правило, повышается за счет увеличения размера помета и его внутриутробной выживаемости, что сопряжено с риском развития анемии, как у свиноматок, так и у потомства [3]. В большей степени это связано с физиологией эритропоэза, скорость которого ниже скорости потерь гемоглобина, связанных с супоросностью, опоросом и периодом выкармливания поросят [4,5,6]. По данным [7] примерно у 18% свиноматок на производстве установлена анемия, которая сказывается на выходе жизнеспособных поросят. В эксперименте [8] легкая и тяжелая железодефицитная анемия свиноматок приводила к снижению запасов тканевого железа, в том числе и у поросят [8]. Простой и своевременный мониторинг таких гематологических показателей, как: эритроциты (RBC), гемоглобин (HGB), гематокрит (HCT), средний объем эритроцита (MCV), среднее содержание гемоглобина в эритроците (MCH), ширина распределения эритроцитов (RDW) и ретикулоциты (RTC) дает возможность вовремя принять необходимые меры по компенсации состояния анемии, если оно установлено [9]. Для качественного проведения диспансеризации маточных свиней и профилактики анемии рекомендуется адаптировать и актуализировать референтные интервалы гематологических показателей и установленные ранее нормативные значения [10] для супоросных свиноматок в условиях конкретных хозяйств [11]. Помимо перечислен-

ных причин это связано с тенденцией к получению в свиноводстве межпородных гибридов [3,12]. В промышленных комбинациях часто используют двух и трех породное скрещивание самых разных мясных пород [12]. К примеру, высоким показателем многоплодия отличается сочетание гибридных свиноматок крупной белой (КБ) породы и породы ландрас (Л). Многоплодие двухпородных гибридных маток с хряками отцовской формы дюрок (Д) составляет в среднем 12,5 голов [13]. Свиноматки (КБ×Л) ×Д показывают самое высокое многоплодие – 12,9 голов [13]. При этом мало внимания уделяется контролю гематологических показателей полученных гибридов. В некоторых работах [14] внимание уделяется отдельным показателям – RBC и HGB, которые могут быть ложнозавышены при условии ограниченного доступа к воде, стрессе, физической нагрузке, возбуждении нервной системы [10,11]. С целью исключить ложное завышение, стоит оценивать полученные данные в комплексе с информацией о HCT, чтобы исключить обезвоживание и MCV, и чтобы оценить размер эритроцитов и рассчитать остальные эритроцитарные коэффициенты [15]. Поскольку макроцитоз эритроцитов скорее всего связан с появлением их юных форм – ретикулоцитов, а на развитие микроцитарной анемии требуется больше времени, что связано с причинами, скрытыми в регуляции процесса эритропоэза. Это может быть полезно в целях диагностики и выборе мер профилактики или лечения. К примеру, микроцитарная анемия, чаще, связана с дефицитом железа, реже меди или избытком в рационе цинка [11], хроническими воспалительными процессами, применением ингибиторов синтеза гема и т.д. Тактика компенсации установленного состояния с подробными данными гематологического исследования становится более ясной [2,16]. Кроме того, анемия супоросных свиноматок, чаще всего становится причиной нормохромной микроцитарной анемии у поросят [11,17], что сказывается на их выживаемости. Данные по исследованиям

гематологи свиноматок представлены в ряде литературных источников [15,18,19,20], что ещё раз подтверждает актуальность рассматриваемой тематики. Отсутствие возможности провести полноценное исследование всего поголовья в конкретном хозяйстве не должно служить препятствием к исследованию, так как ряд методов статистики позволяет исследовать малые выборки и получать достоверные статистически и клинически значимые результаты.

Целью данного исследования стало изучение числа эритроцитов, уровня гемоглобина, гематокрита, среднего объема эритроцитов и эритроцитарных индексов в зависимости от производственного цикла свиноматки.

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Исследования выполнены в 2021 году в свиноводческом комплексе, расположенном в с. Тропарево Можайского городского округа Московской области (ЗАО «Тропарево»). Группы были сформированы из свиноматок F1 (крупная белая×ландрас), в возрасте двух лет, на 80 день супоросности (1 группа, n=5), после опороса – начало лактации (2 группа, n=5), и перед отъемом поросят – 42 день лактации (3 группа, n=5). Отбор крови осуществляли из ушной вены в вакуумные пробирки [21]. Общий клинический анализ крови выполнен на автоматическом гематологическом анализаторе Vet АВСТМ (Horiba Medical Польша). Подсчет ретикулоцитов осуществлялся микроскопическим методом после суправитальной окраски раствором бриллиантового крезилового синего (рисунок 2 и 3). Статистическая обработка выполнена в программе «Microsoft Excel» (пакет «Анализ данных»), оценка достоверности различий между группами выполнена на базе U критерия Манна—Уитни. При условии, что  $U_{\text{эсп}} \leq U_{\text{эмп}}$  (4 для n=5) то установленные различия считались статистически значимыми [22]. Оценка коэффициентов корреляции проводилась методом квадратов Пирсона [23].

#### РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

В результате проделанной работы, установлены средние значения эритроцитарных переменных для каждой группы (таблица 1). Достоверные различия между группами есть по таким показателям, как количество эритроцитов, гемоглобин и гематокрит. Для эритроцитов, гемоглобина и гематокрита получены сильные положительные корреляции (в расчет брали результаты по всем свиноматкам). Между эритроцитами и гемоглобином  $r=0.87$  ( $r^2=0.76$ ,  $p=0.001$ ), эритроцитами и гематокритом  $r=0.91$  ( $r^2=0.83$ ,  $p=0.001$ ), гемоглобином и гематокритом  $r=0.98$  ( $r^2=0.96$ ,  $p=0.001$ ). Остальные параметры достаточно стабильны и не различаются достоверно.

Средний объем эритроцита во второй и третьей группе увеличивается на 5,2% (3,4 фл) и 4,6% (3,0 фл) соответственно. Число эритроцитов уменьшается на 13,3% ( $1,2 \cdot 10^{12}/л$ ) во второй группе и на 20% ( $1,8 \cdot 10^{12}/л$ ) в третьей группе относительно первой. Гемоглобин снижается на 7,1% (7,5 г/л) во второй группе и на 17,8% (17 г/л) во второй группе по отношению к первой. Вероятно, это связано с умеренным регенераторным ответом и выбросом в кровоток ретикулоцитов, которые обладают большим объемом и содержат меньше гемоглобина, поскольку содержат рибосомы, продолжающие синтез и накопление белка. Чтобы оценить силу и направление взаимосвязи между числом эритроцитов и их средним объемом рассчитали коэффициент корреляции (для всех данных, без деления на группы), который составил  $r=-0.53$  ( $r^2=0.28$ ,  $p=0.01$ ), между средним объемом эритроцита и ретикулоцитами  $r=-0.50$  ( $r^2=0.25$ ,  $p=0.05$ ). Достоверных различий среди групп по ретикулоцитам и среднему объему эритроцита не выявлено. Динамика и интенсивность регенерации, умеренная во всех трех группах.

На рисунке 1, отмечен уровень гемоглобина, который установлен для каждой свиноматки (5 свиноматок в каждой группе, соответствуют 5 точкам на графике в каждой из трех групп). Критические точ-

ки снижения уровня гемоглобина связаны в первую очередь с опоросом (и непосредственной потерей крови) и подсосным периодом, который требует перераспределения макро- и микронутриентов на синтез молока.

При оценке препаратов на малом увеличении агглютинатов эритроцитов, агрегатов лейкоцитов или аномальных клеток

не обнаружено (рисунок 2 и рисунок 3). Морфология эритроцитов нормальная. В трех препаратах второй группы обнаружен анизоцитоз «++», еще в двух анизоцитоз «+». Во всех 5 препаратах третьей группы анизоцитоз «+». В препаратах первой группы анизоцитоза не обнаружено.

Таблица 1 – Средние значения эритроцитарных переменных крови свиноматок

Показатели	1 группа	2 группа	3 группа
RBC, $10^{12}$ ед/л	$9,0 \pm 0,2$	$7,8 \pm 0,2^{U=0}$	$7,2 \pm 0,2^{U=0}$
HGB, г/л	$104,9 \pm 2,4$	$97,4 \pm 2,3^{U=2}$	$87,1 \pm 3,8^{U=0}$
HCT, %	$55,9 \pm 1,2$	$51,2 \pm 1,0^{U=2}$	$47,1 \pm 1,6^{U=0}$
MCV, фл	$62,6 \pm 0,4$	$66,0 \pm 1,4$	$65,6 \pm 1,4$
MCH, пг	$11,7 \pm 0,1$	$12,5 \pm 0,3$	$12,2 \pm 0,4$
RDW, %	$17,1 \pm 0,4$	$17,7 \pm 0,6$	$16,9 \pm 0,7$
RTC, $10^9$ ед/л	$267,7 \pm 77,1$	$165,2 \pm 56,3$	$289,0 \pm 73,9$

Примечание: достоверность различий установлена для второй и третьей группы относительно первой.

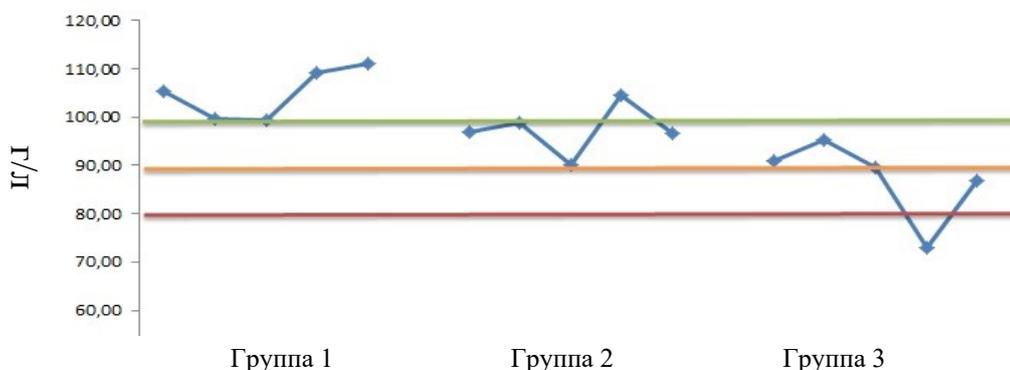


Рисунок 1 – Содержание гемоглобина в крови свиней: Верхняя линия содержания гемоглобина соответствует референтным интервалам характерным для нормы, средняя линия легкая степень анемии, нижняя линия анемия средней тяжести

Продолжительность жизни эритроцитов в период супоросности физиологически уменьшается в ответ на повышенный уровень эритропоэтина [18]. Его присутствие ускоряет вступление рубрибластов в первый митоз, стимулируя появление в крови ретикулоцитов сдвига. Эффект эритропоэтина связан с переключением пути апоптоза в предшественниках эритроцитов на путь активации пролиферации и созревания в костном мозге. В его при-

сутствии гормоны щитовидной железы и гормоны роста усиливают рост эритроидных предшественников. Однако скорость образования эритроцитов идет параллельно с сокращением времени их жизни [18, 24]. В исследовании [8], показано, что свиноматки достаточно устойчивы к удалению крови, и для достижения стабильного уровня гемоглобина около 80 г/л требовалось несколько раз проводить забор крови.

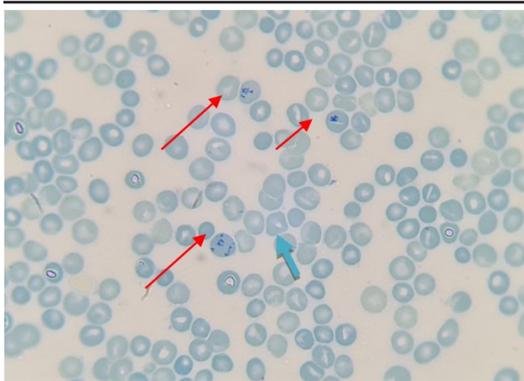


Рисунок 2 – Клетки крови свиноматки из группы 2. Суправитальная окраска пробирочным методом раствором бриллиантового крезолового синего. Иммерсионная микроскопия объектив  $\times 100$ . Агрегатные ретикулоциты в препарате указаны красными стрелками, пунктатные синими.

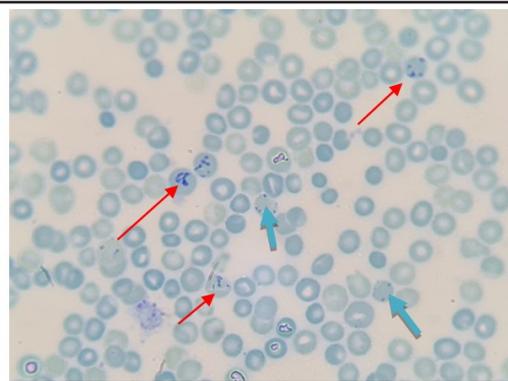


Рисунок 3 – Клетки крови свиноматки из группы 3. Суправитальная окраска пробирочным методом раствором бриллиантового крезолового синего. Иммерсионная микроскопия объектив  $\times 100$ . Агрегатные ретикулоциты в препарате указаны красными стрелками, пунктатные синими.

Наблюдаемое нами в исследовании снижение уровня эритроцитов, гемоглобина и гематокрита тесно связано с физиологией супоросности и подсосным периодом. После родов прекращается усиление выработки эритропоэтина под действием плацентарного лактогена [18].

По оценке уровня ретикулоцитов можно заключить, что умеренный регенераторный ответ компенсирует последствия потери крови, которые связаны с опоросом и позволяет поддерживать количество эритроцитов на уровне  $7,2 \pm 0,2 \cdot 10^{12}/л$  в конце подсосного периода. При этом содержание гемоглобина в подсосный период падает в среднем еще на 10,3 г/л. Это связано с сокращением срока циркуляции эритроцитов, физиологией их удаления, сложным метаболизмом железа и приоритетом заботы о потомстве, который ведет к поддержанию физиологии свиноматки по остаточному принципу. В работе [20] указано, что примерно за две недели до родов количество эритроцитов у свиноматок снижается и продолжает снижаться до конца лактации, что сопоставимо с нашими результатами.

Поэтому так важно вести контроль гематологических показателей свиноматок и принимать своевременные меры по

профилактике анемии. Поскольку обеспечение адекватного уровня эритроцитов, гемоглобина и гематокрита в период супоросности обеспечивает должный уровень развития поросят в пренатальный период, напрямую сказывается на их выживаемости и развитии в постнатальный период.

#### ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Снижение уровня эритроцитов, гемоглобина, гематокрита и других гематологических показателей тесно связано с физиологией гормональной регуляции во время супоросности, последующим опоросом и лактационным периодом. Контроль таких гематологических показателей, как число эритроцитов, количество гемоглобина и гематокрит наиболее эффективно при общем клиническом анализе крови для выявления состояния анемии. Поскольку средний объем эритроцита не изменялся достоверно от 80 дня супоросности до 42 дня подсосного периода и отъема поросят, рекомендуется оценивать степень регенераторного ответа при микроскопии. При этом стоит оценивать морфологию эритроцитов, выраженность анизоцитоза и количество ретикулоцитов.

## CHARACTERISTICS OF ERYTHROPOIESIS IN SOWS IN DIFFERENT PERIODS OF THE PRODUCTION CYCLE

**Voronina O.A.\*** – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of the Analytical Biochemistry Group (ORCID 0000-0002-6774-4288); **Zaitsev S.Yu.** – Doctor of Chemical Sciences, Doctor of Biological Sciences, leading researcher, Head of the Analytical Biochemistry Group (ORCID 0000-0003-1533-8680)

Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst

\*voroninaok-senia@inbox.ru

**Financing:** *The studies were supported by the Russian Science Foundation, grant No. 20-16-00032-P (agreement No. 20-16-00032-P dated May 15, 2023) <https://rscf.ru/project/20-16-00032/>.*

### ABSTRACT

The tactics of periodic monitoring of the hematology of sows allows timely measures to prevent anemia, which inevitably occurs, since the targeted screening and selection of industrial breeds are aimed at multiple births, which increases the risks of anemia during pregnancy and suckling period. With periodic and constant monitoring, it is possible to deduce individual reference intervals of hematological indicators for a particular animal and control the response to compensatory measures that directly affects the yield of viable piglets and their survival rate. The purpose of this study was to study the number of red blood cells, hemoglobin level, hematocrit, average volume of red blood cells and erythrocyte indices depending on the production cycle of the sow. The groups were formed from sows on the 80th day of pregnancy (group 1, n=5), after farrowing (group 2, n=5) and before weaning piglets (group 3, n=5). The Vet ABCTM analyzer (Horiba Medical Poland) was used. Counting of reticulocytes by “supravital staining” with a solution of “brilliant cresyl blue”. Statistical processing in the Microsoft Excel program (Data Analysis package), evaluation of the reliability of differences based on the

Mann—Whitney U criterion. As a result, it was found that the average volume of red blood cells increases with a decrease in their number and hemoglobin concentration, which is quite natural and indicates a regenerative response with the appearance of reticulocytes in the blood. The correlation coefficient between erythrocytes and the average volume of erythrocytes was  $r=-0.53$  ( $r^2=0.28$ ,  $p=0.01$ ), between the average volume of erythrocytes and reticulocytes  $r=-0.50$  ( $r^2=0.25$ ,  $p=0.05$ ). There were no significant differences among the groups in reticulocytes and the average volume of erythrocytes. The dynamics and intensity of regeneration are moderate in all three groups.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Евгина С.А., Савельев Л.И. Современные теория и практика референтных интервалов // Лабораторная служба. 2019. Т. 8, №. 2. С. 36-44. <https://doi.org/10.17116/labs2019802136>.
2. Zhang S., Yu B., Liu Q., Zhang Y., Zhu M., Shi L., Chen H. Assessment of Hematologic and Biochemical Parameters for Healthy Commercial Pigs in China // Animals. 2022. Т. 12, №. 18. С. 2464. <https://doi.org/10.3390/ani12182464>.
3. Freking B.A., Lents C.A., Vallet J.L. Selection for uterine capacity improves lifetime productivity of sows // Animal reproduction science. 2016. Т. 167, С. 16-21. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2016.01.018>.
4. Kühl T., Imhof D. Regulatory feii/iii heme: The reconstruction of a molecule's biography // ChemBioChem. 2014. Т. 15, №. 14. С. 2024-2035. <https://doi.org/10.1002/cbic.201402218>.
5. Стрижиков В.К., Сытько В.В. Морфо и гистохимические аспекты адаптации эритроцитов в крови свиной в ранние фазы постнатального периода онтогенеза // Известия ОГАУ. 2014. Т. 49, №. 5. С. 98-101.
6. Липунова Е.А., Скоркина М.Ю. Система красной крови: Сравнительная физиология: Монография. Белгород: Изд-во БелГУ, 2004. – 216 с.
7. Bhattarai S., Framstad T., Nielsen J. P. Stillbirths in relation to sow hematological

- parameters at farrowing: A cohort study // *J. Swine Health Prod.* 2018. Т. 4, № 26. С. 215–222.
8. Rydal M.P., Bhattarai S., Nielsen J.P. An experimental model for iron deficiency anemia in sows and offspring induced by blood removal during gestation // *Animals.* 2021. Т. 10, № 11. С. 2848. <https://doi.org/10.3390/ani11102848>.
9. Bhattarai S., Framstad T., Nielsen J. P. Iron treatment of pregnant sows in a Danish herd without iron deficiency anemia did not improve sow and piglet hematology or stillbirth rate // *Acta Veterinaria Scandinavica.* 2019. Т. 1, № 61. С. 1-9. <https://doi.org/10.1186/s13028-019-0497-6>.
10. Siest G, Henny J, Gräsbeck R, Wilding P, Petitclerc C, Queraltó J, Petersen P. The theory of reference values: an unfinished symphony // *CCLM.* 2013. Т. 1, № 51. С. 47–64. <https://doi.org/10.1515/cclm-2012-0682>.
11. Bhattarai, S., Framstad, T., Nielsen, J. P. Hematologic reference intervals of Danish sows at mid-gestation // *Acta Veterinaria Scandinavica.* 2019. Т. 61, С. 1-5. <https://doi.org/10.1186/s13028-019-0451-7>.
12. Zaitsev S.Y., Belous A.A., Voronina O.A., Rykov R.A., Bogolyubova N.V. Correlations between antioxidant and biochemical parameters of blood serum of duroc breed pigs // *Animals.* 2021. Т. 11, № 8. С. 2400. <https://doi.org/10.3390/ani11082400>.
13. Казанцева Н.П., Краснова О.А., Васильева М.И., Хардина Е.В. Воспроизводительные качества гибридных свиноматок при скрещивании с хряками породы дюрок // *Аграрный вестник Урала.* 2020. Т. 199, № 08. С. 43–50. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2020-199-8-43-50>.
14. Чернев И.Ф. Влияние генотипа хряков на гематологические и биохимические показатели крови у гибридных свиной // *Разведение и генетика тварин.* 2021. № 61. С. 186–191. <https://doi.org/10.31073/abg.61.21>
15. Thorn C.E., Bowman A.S., Eckersall D. Hematology of Pigs. Schalm's veterinary hematology. 2022. С. 1019-1025.
16. Lillie R.J., Frobish L.T. Effect of copper and iron supplement on performance and hematology of confined sows and their progeny through four reproductive cycles // *Journal of Animal Science.* 1978. Т. 46, №. 3. С. 678-685. <https://doi.org/10.2527/jas1978.463678x>.
17. Talbot R.B., Swenson M.J. Normochromic, microcytic anemia of baby pigs. *American Journal of Veterinary Research.* 1963. Т. 24. С. 39-41.
18. Сашнина Л. Ю. Шахов А.Г., Владимирова Ю.Ю., Тараканова К.В., Моргунова В.И. Изменения гематологических и биохимических показателей у свиноматок в период супоросности // *Ученые записки учреждения образования витебская орденна знак почета государственная академия ветеринарной медицины.* 2022. Т. 58, № 3. С. 142-145. <https://doi.org/10.52368/2078-0109-2022-58-3-142-145>.
19. Friendship R., Lumsden J.H., McMillan I., Wilson M.R. Hematology and biochemistry reference values for Ontario swine // *Canadian journal of comparative medicine.* 1984. Т. 48, №. 4. – С. 390.
20. Boulbria G., Costa C.T., Normand V. et al. Haematological reference intervals of sows at end gestation in ten French herds, the impact of parity on haematological parameters and the consequences on reproductive performance // *Porc Health Manag.* 2021. Т. 7, №. 1. С. 1-8. <https://doi.org/10.1186/s40813-021-00227-w>.
21. Черных В. О., Мищенко А. В. Сравнительная оценка методов взятия крови от свиной // *Ветеринария Кубани.* 2013. №. 2. С. 10-11.
22. Фадейкина О.В., Волкова Р.А., Карпова Е.В. Статистическая обработка результатов аттестации биологических стандартных образцов: применение критерия Манна—Уитни // *Химико-фармацевтический журнал.* 2019. №. 53 (7). С. 54-58. <https://doi.org/10.30906/0023-1134-2019-53-7-54-58>.
23. Саадалов Т., Мырзаibraимов Р., Абдуллаева Ж.Д. Методика расчета коэффициента корреляции Фехнера и Пирсона, и их области применения // *Бюллетень науки и практики.* 2021. Т. 7, № 10. С. 270–276. <https://doi.org/10.33619/2414->

2948/71/31.

24. Lurie S., Mamet, Y. Red blood cell survival and kinetics during pregnancy // *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology*. 2000. T. 93, № 2. C. 185-192. [https://doi.org/10.1016/S0301-2115\(00\)00290-6](https://doi.org/10.1016/S0301-2115(00)00290-6).

## REFERENCES

1. Evgina SA, Saveliev LI. Current theory and practice of reference interval. *Laboratory Service*. 2019;2(8):36-44. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/labs2019802136>
2. Zhang S., Yu B., Liu Q., Zhang Y., Zhu M., Shi L., Chen H. Assessment of Hematologic and Biochemical Parameters for Healthy Commercial Pigs in China. *Animals*. 2022;18(12):2464. <https://doi.org/10.3390/ani12182464>.
3. Freking B.A., Lents C.A., Vallet J.L. Selection for uterine capacity improves lifetime productivity of sows. *Animal reproduction science*. 2016; 167:16-21. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2016.01.018>.
4. Kühn T., Imhof D. Regulatory feii/iii heme: The reconstruction of a mole-cule's biography. *ChemBioChem*. 2014;14(15):2024-2035. <https://doi.org/10.1002/cbic.201402218>.
5. Strizhnikov V.K., Syt'ko V.V. Morphological and histochemical aspects of erythrocytes adaptation in pigs blood at the early stages of postnatal ontogenesis. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2014;5(49):98-101.
6. Lipunova E.A., Skorkina M.Yu. The red blood system: Comparative physiology: Monograph. Belgorod: BelSU Publishing House, 2004. – 216 p.
7. Bhattarai S., Framstad T., Nielsen J. P. Stillbirths in relation to sow hematological parameters at farrowing: A cohort study. *J. Swine Health Prod*. 2018;26(4): 215–222.
8. Rydal M.P., Bhattarai S., Nielsen J.P. An experimental model for iron deficiency anemia in sows and offspring induced by blood removal during gestation. *Animals*. 2021;11(10):2848. <https://doi.org/10.3390/ani11102848>.
9. Bhattarai S., Framstad T., Nielsen J. P. Iron treatment of pregnant sows in a Danish herd without iron deficiency anemia did not improve sow and piglet hematology or still-birth rate. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 2019;61(1):1-9. <https://doi.org/10.1186/s13028-019-0497-6>.
10. Siest G, Henny J, Gräsbeck R, Wilding P, Petitclerc C, Queraltó J, Petersen P. The theory of reference values: an unfinished symphony. *CCLM*. 2013;51(1): 47-64. <https://doi.org/10.1515/cclm-2012-0682>.
11. Bhattarai, S., Framstad, T., Nielsen, J. P. Hematologic reference intervals of Danish sows at mid-gestation. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 2019; 61:1-5. <https://doi.org/10.1186/s13028-019-0451-7>.
12. Zaitsev S.Y., Belous A.A., Voronina O.A., Rykov R.A., Bogolyubova N.V. Correlations between antioxidant and biochemical parameters of blood serum of duroc breed pigs. *Animals*. 2021;8(11):2400. <https://doi.org/10.3390/ani11082400>.
13. Kazantseva N.P., Krasnova O.A., Vasiliieva M.I., Khardina E.V. Reproductive qualities of hybrid sows at crossing with Duroc boars. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2020;8(199): 43–50. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2020-199-8-43-50>.
14. Chernev I.F. Influence of boor genotype on hematological and biochemical indicators of blood in hybrid pigs. *Animal breeding and genetics*. 2021; 61:186-191. <https://doi.org/10.31073/abg.61.21>.
15. Thorn C.E., Bowman A.S., Eckersall D. Hematology of Pigs. *Schalm's veterinary hematology*. 2022:1019-1025.
16. Lillie R.J., Frobish L.T. Effect of copper and iron supplement on performance and hematology of confined sows and their progeny through four reproductive cycles. *Journal of Animal Science*. 1978;3(46):678-685. <https://doi.org/10.2527/jas1978.463678x>.
17. Talbot R.B., Swenson M.J. Normochromic, microcytic anemia of baby pigs. *American Journal of Veterinary Research*. 1963; 24:39-41.
18. Sashnina L.Yu., Shakhov A.G., Vladimirova Yu.Yu., Tarakanova K.V., Morgunova V.I. Changes in hematological and biochemical indicators in sows during gestation. *Scientific notes of the educational institution*

- Vitebsk Order Badge of Honor State Academy of Veterinary Medicine. 2022;58,3 (58):142-145. <https://doi.org/10.52368/2078-0109-2022-58-3-142-145>.
19. Friendship R., Lumsden J.H., McMillan I., Wilson M.R. Hematology and biochemistry reference values for Ontario swine. Canadian journal of comparative medicine. 1984;4(48):390.
20. Boulbria G., Costa C.T., Normand V. et al. Haematological reference intervals of sows at end gestation in ten French herds, the impact of parity on haematological parameters and the consequences on reproductive performance. Porc Health Manag. 2021;1(7):1-8. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40813-021-00227-w>
21. Mishchenko A.V., Chernykh V.O. Comparative estimation of blood sampling methods in pigs. Veterinary Kuban. 2013; 2:10-11.
22. Fadeikina O.V., Volkova R.A., Karpova E.V. Statistical processing of the results of certification of biological standard samples: application of the Mann – Whitney criterion. Pharmaceutical Chemistry Journal. 2019;53 (7):54-58. <https://doi.org/10.30906/0023-1134-2019-53-7-54-58>.
23. Saadalov T., Myrzaibraimov R., Abdullaeva Zh. Calculating Procedure for the Correlation Coefficient of Fechner and Pearson and Their Application Areas. Bulletin of Science and Practice. 2021;10(7):270-276. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/71/31>.
24. Lurie S., Mamet, Y. Red blood cell survival and kinetics during pregnancy. European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology. 2000;2(93):185-192. [https://doi.org/10.1016/S0301-2115\(00\)00290-6](https://doi.org/10.1016/S0301-2115(00)00290-6)