

Межпородные различия гематологических показателей коров в Западной Сибири

✉ Себежко О.И.

Новосибирский государственный аграрный университет
Новосибирск, Россия

✉ e-mail: sebezhkoolga@yandex.ru

Представлены результаты анализа содержания и изменчивости показателей гематологического статуса у коров разных пород, разводимых на территории Западной Сибири. Продемонстрированы данные по оценке различий абсолютного количества лейкоцитов, эритроцитов, тромбоцитов, концентрации гемоглобина, относительного числа клеток лейкоцитарной формулы, индексов стресса и адаптации между животными голштинской, черно-пестрой, красной степной пород. Исследована периферическая кровь здоровых коров 2-й лактации. Измерение гематологических параметров проводили с помощью автоматического гематологического анализатора PCT 90Vet. Лейкоцитарную формулу подсчитывали в мазках крови, фиксированных в 95-градусном этаноле и окрашенных по Романовскому. Рассчитывали индексы адаптации и стресса. Использовали робастное статистическое оценивание и методы описательной статистики. Для сравнения групп использован критерий Краскела – Уоллиса. Апостериорные сравнения проводили методом Данна. В большинстве случаев распределение данных было отличным от нормального. Средние величины оцениваемых показателей гемограммы у всех коров варьировали в пределах физиологической нормы, общепринятой для крупного рогатого скота. Наиболее высоким адаптационным потенциалом характеризовались коровы голштинской породы: количество лейкоцитов составило $12,1 \times 10^9/\text{л}$, относительное число сегментоядерных нейтрофилов – 37,5%, индекс адаптации – 3,17, индекс стресса – 0,29. Выявлены межпородные различия по всем оцениваемым показателям, за исключением палочкоядерных нейтрофилов ($p < 0,05$). Наибольшая сила влияния фактора породы установлена для эозинофилов, эритроцитов и тромбоцитов; наименьшая – для моноцитов. Величина η^2 для данных показателей составила 0,43; 0,29; 0,29 и 0,44 соответственно. Полученные данные отражают дифференцированный вклад генетических факторов в разные гематологические показатели.

Ключевые слова: гематологический статус, крупный рогатый скот, порода, референсный интервал, лейкоцитарные индексы

Interbreeding differences in hematologic parameters of cows in Western Siberia

✉ Sebezhko O.I.

Novosibirsk State Agrarian University
Novosibirsk, Russia

✉ e-mail: sebezhkoolga@yandex.ru

The paper presents the results of the analysis of the content and variability of hematological status indicators in cows of different breeds bred in Western Siberia. Data on the assessment of differences in the absolute number of leukocytes, erythrocytes, platelets, hemoglobin concentration, relative number of leukocyte cells, stress and adaptation indices between animals of Holstein, Black-and-White, Red Steppe breeds are demonstrated. The peripheral blood of healthy cows of the 2nd lactation was examined. Hematological parameters were measured using the PCT 90Vet automatic hematology analyzer. The leukocyte formula was calculated in blood smears fixed in 95% ethanol and stained according to Romanovsky. Adaptation and stress indices were calculated. Robust statistical estimation and descriptive statistics methods were used. The Kruskal-Wallis criterion was used to compare the groups. Post hoc comparisons were carried out using the Dunn's method. In most cases, the data distribution was different from normal. The average values of the estimated hemogram parameters in all cows varied within the physiological norm generally accepted for cattle. Holstein cows were characterized by the highest adaptive potential: the number of leukocytes was $12.1 \times 10^9/\text{l}$, the relative number of

segmented neutrophils was 37.5%, the adaptation index was 3.17, the stress index was 0.29. Interbreed differences were revealed in all evaluated indicators with the exception of band neutrophils ($p < 0.05$). The greatest influence of the breed factor has been established for eosinophils, erythrocytes and platelets; the lowest for monocytes. The value of n^2 for these indicators was 0.43; 0.29; 0.29; 0.44, respectively. The data obtained reflect the differentiated contribution of genetic factors to different hematological parameters.

Keywords: hematological status, cattle, breed, reference interval, leukocytal index

Для цитирования: Себежско О.И. Межпородные различия гематологических показателей коров в Западной Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2025. Т. 55. № 3. С. 103–112. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2025-3-11>

For citation: Sebezsko O. I. Interbreeding differences in hematologic parameters of cows in Western Siberia. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2025, vol. 55, no. 3, pp. 103–112. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2025-3-11>

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Исследование гематологического профиля сельскохозяйственных животных имеет ключевое значение для характеристики их физиологического статуса, адаптационного потенциала, оценки благополучия и состояния здоровья. Эти исследования имеют значение для оптимизации кормления, выявления потенциальных проблем на различных репродуктивных стадиях, что в конечном итоге способствует эффективности производства^{1,2} [1–6].

Показатели крови, формируясь под влиянием множества генов, их взаимодействия и окружающей среды, характеризуются достаточно высокой фенотипической изменчивостью. Гематологический статус животных связан со множеством паратипических предикторов^{3,4} [7, 8].

При этом гомеостаз гематологических показателей, включая количество, объем клеток крови, биологическую активность, строго регулируется в физиологических границах,

а отклонения связаны с развитием патологий (анемия, эритроцитоз и др.) и негематологических заболеваний [9–11]. Такие вариации фенотипов обусловлены не только средовыми, но и генетическими факторами [12–15]. При изучении гематологических и биохимических параметров на крупных семьях было показано, что показатели крови в высокой степени наследуются. Генетические эффекты объясняли в среднем 40% различий по 38 показателям крови [16]. Еще в 1985 г. в близнецовых исследованиях продемонстрировано, что от 50 до 90% межиндивидуальных различий числа лейкоцитов, эритроцитов и тромбоцитов обусловлено генетической компонентой⁵.

В недавних исследованиях установлены генетические локусы, связанные со средними значениями лейкоцитов и тромбоцитов в разных этнических группах, что позволяет предположить генетическую основу различий [17, 18].

Изучение влияния генетических предикторов на показатели крови крупного рогатого скота (КРС) носят ограниченный характер. За

¹Себежско О.И. Гематологические показатели маралух Алтае-саянской породы в условиях Западной Сибири // Главный зоотехник. 2018. № 7. С. 52–60.

²Себежско О.И., Гарт В.В., Дементьев В.Н. Гематологический статус скороспелой мясной и крупной белой пород свиней в начальный постнатальный период онтогенеза // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 3. С. 53–55.

³Etim N.N., Williams M.E., Akpabio U., Offiong E.E. Haematological parameters and factors affecting their values // *Agricultural science*. 2014. Vol. 2. N. 1. P. 37–47.

⁴Себежско О.И., Короткевич О.С., Петухов В.Л. Влияние лазерного излучения низких интенсивностей на гематологический статус поросят раннего возраста // Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины. 2015. Т. 51. № 1–1. С. 136–140.

⁵Whitfield J.B., Martin N.G., Rao D.C. Genetic and environmental influences on the size and number of cells in the blood // *Genetic Epidemiology*. 1985. N 2 (2). P. 133–144. DOI: 10.1002/gepi.1370020204.

последнее время можно отметить исследования на мясном скоте, продемонстрировавшие различную наследственность и генетические корреляции параметров крови между стадами с разным состоянием здоровья [19], работы, посвященные сравнению гематологических и биохимических профилей брахманского и юнглинского скота [20], герфордских бычков разных генетических групп [21]. Поэтому изучение гематологических показателей различных пород КРС важно для понимания вклада генетических факторов в величину параметров крови.

Цель исследований – оценка содержания и изменчивости гематологических показателей коров разных пород, выращиваемых в Западной Сибири. Для этого необходимо в популяционных выборках коров черно-пестрой, голштинской и красной степной пород вычислить средние значения, изучить характер вариации и рассмотреть влияние фактора породы на гематологические профили.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены на коровах трех пород 2-й лактации, выращиваемых в условиях промышленных животноводческих комплексов Западной Сибири: голштинской (Кемеровская область), черно-пестрой (Новосибирская область) и красной степной (Алтайский край). Количество коров в выборках составляло 51, 57, 53 соответственно. В экспериментальные группы были включены здоровые животные, которые находились в условиях, соответствующих «Ветеринарным правилам содержания крупного рогатого скота в целях его воспроизводства, выращивания и реализации», определенным приказом № 622 МСХ РФ от 21.10. 20.

Взятие крови осуществлялось в утренние часы до кормления животных из хвостовой вены (*v. cossugea*), что является наименее стрессовым способом по сравнению со взятием из яремной вены. Забор крови осуществлялся в вакуумные пробирки с нанесенным в форме микрочастиц на стенки антикоагулянтном двукальциевой солью этилендиаминтетраацетата (К2ЭДТА) (с фиолетовой крышкой).

Прокол вены и окружающих ее мягких тканей осуществлялся в один прием стерильной одноразовой медицинской иглой, предназначенной для вакуумных систем взятия крови. Образцы крови доставлялись в лабораторию биохимии и экологической генетики кафедры ветеринарной генетики и биотехнологии в термобоксе с хладагентами при температуре +2...+4 °С, избегая повышенного механического воздействия на образцы. Измерение гематологических параметров проводили с помощью автоматического гематологического анализатора 3 dif на 18 параметров PCT 90Vet (США). Лейкоцитарную формулу подсчитывали в микроскопе при увеличении 10 × 90, в мазках крови, фиксированных в 95-градусном этаноле и окрашенных по Романовскому. Индекс стресса определялся по соотношению сегментоядерных нейтрофилов к лимфоцитам в лейкоцитарной формуле. Индекс адаптации рассчитывали как обратное соотношение лимфоцитов к сегментоядерным нейтрофилам.

Распределения полученных данных были проверены на нормальность тестами Андерсена – Дарлинга (AD) и/или Шапиро – Уилка (SW). При определении выбросов использовали метод Тьюки. Для представления данных использовали медиану, квартили, лимиты. Межгрупповые сравнения проводили с помощью критерия Краскела – Уоллиса, *post hoc* анализ – методом Данна с поправкой Холма. Для оценки величины эффекта применяли $\eta^2 = (H-k+1)/(n-k)$, где *H* – статистика Краскела – Уоллиса, *k* – количество групп сравнения.

Вычисления производили в программах Microsoft Office Excel 16.0 и R x 64 3.6.2.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Уровень всех изученных гематологических показателей у коров находился в пределах общепринятой физиологической нормы, что свидетельствует об отсутствии заболеваний в данной популяционной группе (см. табл. 1). Это также позволяет проводить сравнения между породами без опасений относительно влияния патологических про-

Табл. 1. Гематологические показатели коров разных пород Западной Сибири
Table 1. Hematological parameters of cows of different breeds in Western Siberia

Показатель	Me	Lim		Q1	Q3	IQR
1	2	3	4	5	6	7
<i>Голитинская порода</i>						
Абсолютное число лейкоцитов, $\times 10^9/\text{л}$	12,1	1,8–41,7		7,9	23,6	15,7
Абсолютное число эритроцитов, $\times 10^{12}/\text{л}$	5,45	3,82–7,5		5,02	6,05	1,03
Тромбоциты, $\times 10^9/\text{л}$	197,0	52–286,0		134,0	242,0	108,0
Гемоглобин, г/л	87,0	67–105,0		81,5	9,01	9,5
Лейкоцитарная формула						
Гранулоциты:						
эозинофилы, %	1,0	0,0–4,0		0,0	2,0	2,0
Нейтрофилы палочкоядерные, %	1,0	0,0–2,0		0,0	1,0	1,0
Нейтрофилы сегментоядерные, %	22,5	10,0–44		19,0	29,0	10,0
Агранулоциты:						
лимфоциты, %	73,5	47,0–84,0		64,5	76,0	11,5
моноциты, %	2,0	0,0–6,0		1,0	4,0	3,0
Лейкоцитарные индексы:						
адаптации	3,17	0,48–6,07		2,13	3,89	1,86
стресса	0,29	0,12–0,79		0,25	0,43	0,176
<i>Черно-пестрая порода</i>						
Абсолютное число лейкоцитов, $\times 10^9/\text{л}$	9,85	3,9–16,1		8,1	11,25	3,15
Абсолютное число эритроцитов, $\times 10^{12}/\text{л}$	6,68	5,27–7,86		6,24	7,09	0,85
Абсолютное число тромбоцитов, $\times 10^9/\text{л}$	328,5	94,0–596		257	397	140
Концентрация гемоглобина, г/л	91	70,0–109		85,5	96	10,5
Лейкоцитарная формула						
Гранулоциты:						
эозинофилы, %	10	0,0–27,0		7,0	15,0	9,0
Нейтрофилы палочкоядерные, %	0,0	0,0–2,0		0,0	1,0	1,0
Нейтрофилы сегментоядерные, %	22	5,0–64,0		15	36	21
Агранулоциты:						
лимфоциты, %	59,5	17,0–82,0		48	70	22
моноциты, %	1,0	0,0–6,0		1,0	3,0	2,0
Лейкоцитарные индексы:						
адаптации	2,71	0,09–8,75		1,26	4,26	3,0
стресса	0,34	0,06–1,59		0,23	0,7	0,47
<i>Красная степная порода</i>						
Абсолютное число лейкоцитов, $\times 10^9/\text{л}$	8,2	5–15,6		6,8	9,3	2,5
Абсолютное число эритроцитов, $\times 10^{12}/\text{л}$	5,91	3,37–7,49		1,98	6,78	1,34
Абсолютное число тромбоцитов, $\times 10^9/\text{л}$	360	341–574		353	372	19
Концентрация гемоглобина, г/л	98	73–129		90	107	17
Лейкоцитарная формула						
Гранулоциты:						
эозинофилы, %	3,0	0,0–11,0		1,0	4,0	3,0
Нейтрофилы палочкоядерные, %	1,0	0,0–5,0		0,0	2,0	2,0

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
Нейтрофилы сегментоядерные, %	30	5,0–55,0	22,5		40	17,5
Агранулоциты:						
лимфоциты, %	59	37,0–90,0	50		69,5	19,5
моноциты, %	2,0	0,0–7,0	1,0		4,0	3,0
Лейкоцитарные индексы:						
адаптации	2,14	0,7–5,27	1,25		2,85	1,64
стресса	0,47	0,06–1,45	0,32		0,79	0,46

Примечание. Me – медианное значение; Q1 – первая квартиль, Q3 – третья квартиль, IQR – межквартильный размах.

цессов на параметры крови. В большинстве случаев в качестве нормативных у крупного рогатого скота принимают уровни лейкоцитов – $5,0–16,0 \times 10^9/\text{л}$; эритроцитов – $5,5–8,5 \times 10^{12}/\text{л}$; тромбоцитов – $270,0–500,0 \times 10^9/\text{л}$; гемоглобина – $80–139 \text{ г/л}$; эозинофилов – $2–20\%$, палочкоядерных нейтрофилов – $1–4\%$, сегментоядерных нейтрофилов – $15–45\%$; лимфоцитов – $45–75\%$, моноцитов – $2–7\%$ ^{6,7} [3, 6].

Несмотря на то, что количество животных в породных группах было более 50, а также исключены выбросы, в ряде случаев распределения признаков не соответствовали нормальному ($AD \text{ } p\text{-value} < 0,05$, $SWp < 0,05$), поэтому данные представлены робастными статистиками.

Дополнительную информацию о состоянии организма, включая стрессовые состояния, нарушение адаптивных реакций и субклинические проявления заболеваний, могут дать интегральные лейкоцитарные индексы. Индексы адаптации и стресса, опирающиеся на соотношении нейтрофилов и лимфоцитов, отражают два аспекта иммунной системы: врожденный иммунный ответ, главным образом обеспечиваемый нейтрофилами, и адаптивный иммунитет, поддерживаемый лимфоцитами [9, 22].

Нейтрофильные лейкоциты выполняют ключевую роль в первичном иммунном ответе организма против инфекций, используя разнообразные молекулярные эффекты, та-

кие как фагоцитоз, хемотаксис и выделение активных форм кислорода. В качестве регуляторов врожденного иммунитета нейтрофилы активируют и координируют другие клетки иммунной системы, вырабатывая разнообразные цитокины и хемокины [23]. Поэтому новорожденные телята, в крови которых имеется наибольшее количество нейтрофилов, имеют наивысшие значения индекса стресса (см. сноску 7). В процессе онтогенеза кровь взрослых коров приобретает лимфоцитарный тип, индекс адаптации повышается. Лимфоциты, включая разнообразные популяции, отвечают за адаптивный иммунитет, обеспечивая антиген-специфический ответ, участвуют в реакции хозяина на вирусы и аллергены. Наибольшие значения индекса адаптации и наименьшие показатели индекса стресса установлены для голштинских коров, отражая высокий адаптационный потенциал данной породы.

Поскольку распределение показателей во многих случаях не было нормальным, а преобразование данных не давало эффекта, межпородные различия анализировали с помощью теста Краскела – Уоллиса (см. табл. 2). Для всех оцениваемых показателей гемограммы, кроме палочкоядерных нейтрофилов, установлено влияние фактора породы. Наибольшая сила влияния характерна для эозинофилов, эритроцитов и тром-

⁶Herman N., Trumel C., Geffré A., Braun J.P., Thibault M., Schelcher F., Bourgès-Abella N. Hematology reference intervals for adult cows in France using the Sysmex XT-2000iV analyzer // Journal of Veterinary Diagnostic Investigation. 2018. N 30(5). P. 678–687. DOI: 10.1177/1040638718790310.

⁷Panousis N., Siachos N., Kitkas G., Kalaitzakis E., Kritsepi-Konstantinou M., Valergakis G.E. Hematology reference intervals for neonatal Holstein calves // Research in veterinary science. 2018. Vol. 118. P. 1–10. DOI: 10.1016/j.rvsc.2018.01.002.

Табл. 2. Влияние фактора породы на уровень показателей гемограммы коров
Table 2. Influence of the breed factor on the level of cow hemogram parameters

Показатель	<i>H</i>	<i>p</i>	η^2
Абсолютное число лейкоцитов, $\times 10^9/\text{л}$	20,15	0,0000421*	0,098
Абсолютное число эритроцитов, $\times 10^{12}/\text{л}$	55,97	7,01e-13*	0,29
Абсолютное число тромбоцитов, $\times 10^9/\text{л}$	43,54	3,509e-10 *	0,29
Концентрация гемоглобина, г/л	20,37	0,00003769*	0,11
Эозинофилы, %	90,58	0,01e-13*	0,43
Нейтрофилы палочкоядерные, %	5,248	0,07248	0,016
Нейтрофилы сегментоядерные, %	17,9016	0,0001296*	0,079
Лимфоциты, %	27,4523	0,000001093*	0,13
Моноциты, %	10,6543	0,004858 *	0,044
Индекс адаптации	14,9015	0,000581*	0,065
Индекс стресса	17,5848	0,0001519*	0,079

Примечание. *df* = 2; η^2 – показатель величины эффекта.
 Здесь и в табл. 3. * *p* < 0,05 – статистически значимые различия между группами.

Табл. 3. Межпородные сравнения гематологических показателей коров
Table 3. Interbreeding comparisons of hematological parameters of cows

Показатель	Голштинская – черно-пестрая	Голштинская – красная степная	Черно-пестрая – красная степная
	<i>Лейкоциты, $\times 10^9/\text{л}$</i>		
<i>Z(p)</i>	1,9587 (0,8268)	4,4551 (0,000008385)*	2,8268 (0,004701) *
	<i>Эритроциты, $\times 10^{12}/\text{л}$</i>		
<i>Z(p)</i>	7,38 (1,537e-13)*	2,98 (0,0028)*	4,19 (0,00002733)*
	<i>Тромбоциты, $\times 10^9/\text{л}$</i>		
<i>Z(p)</i>	5,23 (1,688e-7)*	6,59 (4,212e-11)*	2,39 (0,01667)*
	<i>Гемоглобин, г/л</i>		
<i>Z(p)</i>	1,792 (0,07313)	3,9733 (0,00007087)*	3,4082 (0,000654)*
	<i>Эозинофилы, %</i>		
<i>Z(p)</i>	8,8952 (0,00 7e-13)*	2,1959 (0,0281)*	6,8713 (6,362e-12)*
	<i>Сегментоядерные нейтрофилы, %</i>		
<i>Z(p)</i>	0,1053 (0,9161)	3,4229 (0,0006197)*	3,8637 (0,0001117)*
	<i>Лимфоциты, %</i>		
<i>Z(p)</i>	4,8474(0,000001251)*	4,3933 (0,00001116)*	0,2725 (0,7853)
	<i>Моноциты, %</i>		
<i>Z(p)</i>	1,9986 (0,04565)*	1,0315 (0,3023)	3,1885 (0,00143)*
	<i>Индекс адаптации</i>		
<i>Z(p)</i>	1,2439 (0,2135)	3,7276 (0,0001933)*	2,7734 (0,005548)*
	<i>Индекс стресса</i>		
<i>Z(p)</i>	1,282 (0,1999)	4,006 (0,00006175)*	3,0482 (0,002302)*

боцитов; наименьшая – для моноцитов, что согласуется с литературными данными [17].

Использование теста Данна для попарных апостериорных сравнений позволяет выявить различия в гематологических показателях между разными породами коров (см. табл. 3).

Попарные сравнения показали, что коровы красной степной породы характеризовались более низким количеством лейкоцитов в сравнении с животными голштинской и черно-пестрой породой, в то же время они отличались более высоким уровнем тромбоцитов, гемоглобина, сегментоядерных нейтрофилов, (p -value < 0,05). У коров голштинской породы отмечен наиболее высокий уровень сегментоядерных нейтрофилов. По числу эритроцитов породы составили ранжированный ряд в порядке снижения: черно-пестрая – красная степная – голштинская (p < 0,05).

Гематологические характеристики сельскохозяйственных животных демонстрируют специфические для породы особенности, если учитывать влияние пола, возраста, физиологического статуса. Исследования по оценке межпородных различий гемограмм будут иметь значение для оценки вклада генетических факторов в фенотипическую дисперсию гематологических показателей и понимания особенностей формирования клеточного состава крови как в норме, так и при заболеваниях.

ВЫВОДЫ

1. Средние величины показателей гемограммы у коров голштинской, черно-пестрой и красной степной пород в возрасте 2-й лактации, выращиваемых в Западной Сибири, варьировали в пределах физиологической нормы. Наиболее высоким адаптационным потенциалом характеризовались коровы голштинской породы: количество лейкоцитов составило $12,1 \times 10^9$ /л, относительное число сегментоядерных нейтрофилов – 37,5%, индекс адаптации – 3,17, индекс стресса – 0,29.

2. Выявлены межпородные различия по количеству лейкоцитов, эритроцитов, тромбоцитов, концентрации гемоглобина, относительному числу клеток лейкоцитарной формулы, за исключением палочкоядерных

нейтрофилов, индексам стресса и адаптации. Наибольшая сила влияния фактора породы установлена для эозинофилов, эритроцитов и тромбоцитов; наименьшая – для моноцитов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Wrzecińska M., Kowalczyk A., Czerniawska-Piątkowska E., Kordan W., Araujo J.P.* Examination of the haematological profile of pregnant Polish Holstein-Friesian black-and-white cattle in the early stage // *Journal of Veterinary Research*. 2023. N 67 (3). P. 415–425. DOI: 10.2478/jvetres-2023-0043.
2. *Yang Y., Yang S., Tang J., Ren G., Shen J., Huang B., Lei C., Chen H., Qu K.* Comparisons of Hematological and Biochemical Profiles in Brahman and Yunling Cattle // *Animals (Basel)*. 2022. N 12 (14). P. 1813. DOI: 10.3390/ani12141813.
3. *Tsiamadis V., Kougioumtzis A., Siachos N., Panousis N., Kritsepi-Konstantinou M., Valergakis G.E.* Hematology reference intervals during the prepartum period, first week after calving, and peak lactation in clinically healthy Holstein cows // *Veterinary Clinical Pathology*. 2022. T. 51. N 1. P. 134–145. DOI: 10.1111/vcp.13069.
4. *Oliveira W.D.C.D., Silva T.P.D., Araújo M.J.D., Edvan R.L., Oliveira R.L., Bezerra L.R.* Changes in hematological biomarkers of Nellore cows at different reproductive stages // *Acta Scientiarum. Animal Sciences*. 2019. N 41. P. e45725. DOI: 10.4025/actascianimsci.v41i1.45725.
5. *Abramowicz B., Kurek Ł., Lutnicki K.* Haematology in the early diagnosis of cattle diseases—a review // *Veterinarski Arhiv*. 2019. N 89 (4). P. 579–590. DOI: 10.24099/vet.arhiv.0700.
6. *Loi F., Pilo G., Franzoni G., Re R., Fusi F., Bertocchi L., Santucci U., Lorenzi V., Rolesu S., Nicolussi P.* Welfare Assessment: Correspondence analysis of welfare score and hematological and biochemical profiles of dairy cows in Sardinia, Italy // *Animals (Basel)*. 2021. Vol. 11. N 3. P. 854. DOI: 10.3390/ani11030854.
7. *Кочнева М.Л., Зенкова А.И., Жучаев К.В., Вильгельми И.А., Кочнев Н.Н., Маренков В.Г., Желтиков А.И., Осинцева Л.А., Плахова А.А.* Вариабельность гематологических показателей у коров в зависимости от физиологического статуса // *Вестник Новосибирского государственного аграрного университета*. 2022. № 4. С. 122–131. DOI: 10.31677/2072-6724-2022-65-4-122-131.

8. *Alfaro G.F., Rodriguez-Zas S.L., Southey B.R., Muntifering R.B., Rodning S.P., Pacheco W.J., Moisés S.J.* Complete Blood Count Analysis on Beef Cattle Exposed to Fescue Toxicity and Rumen-Protected Niacin Supplementation // *Animals (Basel)*. 2021. N 11 (4). P. 988. DOI: 10.3390/ani11040988.
9. *Wang Y., Zhuang Y., Lin C., Hong H., Chen F., Ke J.* The neutrophil-to-lymphocyte ratio is associated with coronary heart disease risk in adults: A population-based study // *PLoS One*. 2024. N 19 (2). P. e0296838. DOI: 10.1371/journal.pone.0296838.
10. *Bi Y., Gao Y., Xie Y., Zhou M., Liu Z., Tian S., Sun C.* White blood cells and type 2 diabetes: A Mendelian randomization study // *PLoS One*. 2024. N 19 (3). P. e0296701. DOI: 10.1371/journal.pone.0296701.
11. *Bao E.L., Cheng A.N., Sankaran V.G.* The genetics of human hematopoiesis and its disruption in disease // *EMBO Molecular Medicine*. 2019. N 11 (8). P. e10316. DOI: 10.15252/emmm.201910316.
12. *Arzik Y., Kizilaslan M., White S.N., Piel L.M.W., Cinar M.U.* Estimates of genomic heritability and genome-wide association studies for blood parameters in Akkaraman sheep // *Scientific Reports*. 2022. N 12 (1). P. 18477. DOI: 10.1038/s41598-022-22966-8.
13. *Sun Y., Cheng Z., Guo Z., Dai G., Li Y., Chen Y., Xie R., Wang X., Cui M., Lu G., Wang A., Gao C.* Preliminary Study of Genome-Wide Association Identified Novel Susceptibility Genes for Hemorheological Indexes in a Chinese Population. // *Transfusion Medicine and Hemotherapy*. 2022. N 49 (6). P. 346–357. DOI: 10.1159/000524849.
14. *Momozawa Y., Merveille A.C, Battaille G., Wiberg M., Koch J., Willesen J.L., Proschowsky H.F., Gouni V., Chetboul V., Tired L., Fredholm M., Seppälä E.H., Lohi H., Georges M., Lequarré A.S.* Genome wide association study of 40 clinical measurements in eight dog breeds // *Scientific Reports*. 2020. N 10 (1). P. 6520. DOI: 10.1038/s41598-020-63457-y.
15. *Yang J., Han Y., Lee J.H., Yoo H.J.* Association of the MACROD2 rs6110695 A>G polymorphism with an increasing WBC count in a Korean population // *Immunity, inflammation and disease*. 2022. N 10 (7). P. e669. DOI: 10.1002/iid3.669.
16. *Pilia G., Chen W.M., Scuteri A., Orrú M., Albai G., Dei M., Schlessinger D., Pilia G., Chen W.-M., Scuteri A., Orrú M., Albai G., Dei M., Schlessinger D.* Heritability of Cardiovascular and Personality Traits in 6,148 Sardinians // *PLoS Genetics*. 2006. N 2 (8). P. e132. DOI: 10.1371/journal.pgen.0020132.
17. *Hu Y., Bien S.A., Nishimura K.K., Haessler J., Hodonsky C.J., Baldassari A.R., Highland H.M., Wang Z., Preuss M., Sitlani C.M., Wojcik G.L., Tao R., Graff M., Huckins L.M., Sun Q., Chen M.H., Mousas A., Auer P.L., Lettre G., Blood Cell Consortium, Tang W., Qi L., Thyagarajan B., Buyske S., Fornage M., Hindorf L.A., Li Y., Lin D., Reiner A.P., North K.E., Loos R.J.F., Raffield L.M., Peters U., Avery C.L., Kooperberg C.* Multi-ethnic genome-wide association analyses of white blood cell and platelet traits in the Population Architecture using Genomics and Epidemiology (PAGE) study // *BMC Genomics*. 2021. N 22 (1). P. 432. DOI: 10.1186/s12864-021-07745-5 .
18. *Yang W., He X., Yao Y., Lu H., Wang Y., Zhang Z., Wang Y., Wang L., He Y., Yuan D., Jin T.* Genome-Wide Association Study on the Hematological Phenotypic Characteristics of the Han Population from Northwest China // *Pharmgenomics Pers*. 2022. N 3 (15). P. 743–763. DOI: 10.2147/PGPM.S361809.
19. *Chinchilla-Vargas J., Kramer L.M., Tucker J.D., Hubbell D.S III, Powell J.G., Lester T.D., Backes E.A., Anschutz K., Decker J.E., Stalder K.J., Rothschild M.F., Koltes J.E.* Genetic Basis of Blood-Based Traits and Their Relationship With Performance and Environment in Beef Cattle at Weaning. *Front // Frontiers in Genetics*. 2020. Vol. 11. P. 53539111:717. DOI: 10.3389/fgene.2020.00717.
20. *Yang Y., Yang S., Tang J., Ren G., Shen J., Huang B., Lei C., Chen H., Qu K.* Comparisons of Hematological and Biochemical Profiles in Brahman and Yunling Cattle // *Animals (Basel)*. 2022. N 12 (14). P. 1813. DOI: 10.3390/ani12141813.
21. *Сафронова А.А., Джуламанов К.М., Герасимов Н.П., Дубовскова М.П.* Гематологические параметры и гормональный профиль герефордских бычков разных генетических групп // *Животноводство и кормопроизводство*. 2023. Т. 106. № 2. С. 43–51. DOI: 10.33284/2658-3135-106-2-43.
22. *Buonacera A., Stancanelli B., Colaci M., Malatino L.* Neutrophil to Lymphocyte Ratio: An Emerging Marker of the Relationships between the Immune System and Diseases // *International Journal of Molecular Sciences*. 2022. N 23. P. 3636. DOI: 10.3390/ijms23073636.

23. Li W., Hou M., Ding Z., Liu X., Shao Y., Li X. Prognostic Value of Neutrophil-to-Lymphocyte Ratio in Stroke: A Systematic Review and Meta-Analysis // *Frontiers in Neurology*. 2021. Vol. 12. P. 686–983. DOI: 10.3389/fneur.2021.686983.

REFERENCES

1. Wrzecińska M., Kowalczyk A., Czerniawska-Piątkowska E., Kordan W., Araujo J.P. Examination of the haematological profile of pregnant Polish Holstein-Friesian black-and-white cattle in the early stage. *Journal of Veterinary Research*, 2023, vol. 67, no. 3, pp. 415–425. DOI: 10.2478/jvetres-2023-0043.
2. Yang Y., Yang S., Tang J., Ren G., Shen J., Huang B., Lei C., Chen H., Qu K. Comparisons of Hematological and Biochemical Profiles in Brahman and Yunling Cattle. *Animals (Basel)*, 2022., vol. 14, p. 1813. DOI: 10.3390/ani12141813.
3. Tsiamadis, V., Kougioumtzis, A., Siachos, N., Panousis, N., Kritsepi-Konstantinou, M., & Valergakis, G. E. Hematology reference intervals during the prepartum period, first week after calving, and peak lactation in clinically healthy Holstein cows. *Veterinary Clinical Pathology*, 2022, vol. 51, no. 1, pp. 134–145. DOI: 10.1111/vcp.13069.
4. Oliveira W.D.C.D., Silva T.P.D., Araújo, M.J.D., Edvan R.L., Oliveira R.L., Bezerra L.R. Changes in hematological biomarkers of Nellore cows at different reproductive stages. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 2019, vol. 41, p. e45725. DOI: 10.4025/actascianimsci.v41i1.45725.
5. Abramowicz B., Kurek L., Lutnicki K. Haematology in the early diagnosis of cattle diseases—a review. *Veterinarski Arhiv*, 2019, vol. 89, no. 4, pp. 579–590. DOI: 10.24099/vet.arhiv.0700.
6. Loi F., Pilo G., Franzoni G., Re R., Fusi F., Bertocchi L., Santucci U., Lorenzi V., Rolesu S., Nicolussi P. Welfare Assessment: Correspondence analysis of welfare score and hematological and biochemical profiles of dairy cows in Sardinia, Italy. *Animals (Basel)*, 2021, vol. 11, no. 3, p. 854. DOI: 10.3390/ani11030854.
7. Kochneva M.L., Zenkova A.I., Zhuchaev K.V., Vil'gel'mi I.A., Kochnev N.N., Marenkov V.G., Zheltikov A.I., Osintseva L.A., Plakhova A.A. Variability of hematological parameters in cows depending on their physiological status. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of NSAU*, 2022, no. 4, pp. 122–131. (In Russian). DOI: 10.31677/2072-6724-2022-65-4-122-131.
8. Alfaro G.F., Rodriguez-Zas S.L., Southey B.R., Muntifering R.B., Rodning S.P., Pacheco W.J., Moisés S.J. Complete Blood Count Analysis on Beef Cattle Exposed to Fescue Toxicity and Rumens-Protected Niacin Supplementation. *Animals (Basel)*, 2021, vol. 11, no. 4, p. 988. DOI: 10.3390/ani11040988.
9. Wang Y., Zhuang Y., Lin C., Hong H., Chen F., Ke J. The neutrophil-to-lymphocyte ratio is associated with coronary heart disease risk in adults: A population-based study. *PLoS One*, 2024, vol. 19, no. 2, p. e0296838. DOI: 10.1371/journal.pone.029683815.
10. Bi Y., Gao Y., Xie Y., Zhou M., Liu Z., Tian S., Sun C. White blood cells and type 2 diabetes: A Mendelian randomization study. *PLoS One*, 2024, vol. 19, no. 3, p. e0296701. DOI: 10.1371/journal.pone.0296701.
11. Bao E.L., Cheng A.N., Sankaran V.G. The genetics of human hematopoiesis and its disruption in disease. *EMBO Molecular Medicine*, 2019, vol. 11, no. 8, p. e10316. DOI: 10.15252/emmm.201910316.
12. Arzik Y., Kizilaslan M., White S.N., Piel L.M.W., Cinar M.U. Estimates of genomic heritability and genome-wide association studies for blood parameters in Akkaraman Sheep. *Scientific Reports*, 2022, vol. 12, no. 1, pp. 18477. DOI: 10.1038/s41598-022-22966-8.
13. Sun Y., Cheng Z., Guo Z., Dai G., Li Y., Chen Y., Xie R., Wang X., Cui M., Lu G., Wang A., Gao C. Preliminary Study of Genome-Wide Association Identified Novel Susceptibility Genes for Hemorrhological Indexes in a Chinese Population. *Transfus Med Hemother*, 2022, vol. 49, no. 6, pp. 346–357. DOI: 10.1159/000524849.
14. Momozawa Y., Merveille A.C., Battaille G., Wiberg M., Koch J., Willesen J.L., Proschowsky H.F., Gouni V., Chetboul V., Tired L., Fredholm M., Seppälä E.H., Lohi H., Georges M., Lequarré A.S. Genome wide association study of 40 clinical measurements in eight dog breeds. *Scientific Reports*, 2020, vol. 10, no. 1, pp. 6520. DOI: 10.1038/s41598-020-63457-y.
15. Yang J., Han Y., Lee J.H., Yoo H.J. Association of the MACROD2 rs6110695 A>G polymorphism with an increasing WBC count in a Korean population. *Immunity, inflammation and disease*, 2022, vol.10, no. 7, p. 669. DOI: 10.1002/iid3.669.

16. Pilia G., Chen W.M., Scuteri A., Orrú M., Albai G., Dei M., Schlessinger D., Pilia G., Chen W.-M., Scuteri A., Orrú M., Albai G., Dei M., Schlessinger D. Heritability of Cardiovascular and Personality Traits in 6,148 Sardinians. *PLoS Genetics*, 2006, vol. 2, no. 8, p. e132. DOI: 10.1371/journal.pgen.0020132.
17. Hu Y., Bien S.A., Nishimura K.K., Haessler J., Hodonsky C.J., Baldassari A.R., Highland H.M., Wang Z., Preuss M., Sitlani C.M., Wojcik G.L., Tao R., Graff M., Huckins L.M., Sun Q., Chen M.H., Mousas A., Auer P.L., Lettre G., Blood Cell Consortium, Tang W., Qi L., Thyagarajan B., Buyske S., Fornage M., Hindorf L.A., Li Y., Lin D., Reiner A.P., North K.E., Loos R.J.F., Raffield L.M., Peters U., Avery C.L., Kooperberg C. Multi-ethnic genome-wide association analyses of white blood cell and platelet traits in the Population Architecture using Genomics and Epidemiology (PAGE) study. *BMC Genomics*, 2021, vol. 22, no. 1, pp. 432. DOI: 10.1186/s12864-021-07745-5.
18. Yang W., He X., Yao Y., Lu H., Wang Y., Zhang Z., Wang Y., Wang L., He Y., Yuan D., Jin T. Genome-Wide Association Study on the Hematological Phenotypic Characteristics of the Han Population from Northwest China. *Pharmgenomics Pers*, 2022, vol. 3, no. 15, pp. 743–763. DOI: 10.2147/PGPM.S361809.
19. Chinchilla-Vargas J., Kramer L.M., Tucker J.D., Hubbell D.S III, Powell J.G., Lester T.D., Backes E.A., Anschutz K., Decker J.E., Stalder K.J., Rothschild M.F., Koltes J.E. Genetic Basis of Blood-Based Traits and Their Relationship with Performance and Environment in Beef Cattle at Weaning. *Front. Frontiers in Genetics*, 2020, vol. 11, p. 717. DOI: 10.3389/fgene.2020.00717.
20. Yang Y., Yang S., Tang J., Ren G., Shen J., Huang B., Lei C., Chen H., Qu K. Comparisons of Hematological and Biochemical Profiles in Brahman and Yunling Cattle. *Animals (Basel)*, 2022, vol. 12, no. 14, pp. 1813. DOI: 10.3390/ani12141813.
21. Safronova A.A., Dzhulamanov K.M., Gerasimov N.P., Dubovskova M.P. Hematological parameters and hormonal profile in Hereford bull-calves of different genetic groups. *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo = Animal Husbandry and Fodder Production*, 2023, vol. 106, no. 2, pp. 43–51. (In Russian). DOI: 10.33284/2658-3135-106-2-43.
22. Buonacera A., Stancanelli B., Colaci M., Malatino L. Neutrophil to Lymphocyte Ratio: An Emerging Marker of the Relationships between the Immune System and Diseases. *International Journal of Molecular Sciences*, 2022, vol. 23, p. 3636. DOI: 10.3390/ijms23073636.
23. Li W., Hou M., Ding Z., Liu X., Shao Y., Li X. Prognostic Value of Neutrophil-to-Lymphocyte Ratio in Stroke: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Neurology*, 2021, vol. 12, pp. 686–983. DOI: 10.3389/fneur.2021.686983.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

✉ Себежко О.И. доцент кафедры, кандидат биологических наук, доцент; ORCID 0000-0003-0976-8166, SPIN-код 7105-9906; **адрес для переписки:** Россия, 630039, Новосибирск, ул. Добролюбова, 60; e-mail: sebezhkoolga@yandex.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Olga I. Sebezhko**, Assistant Professor, Candidate of Science in Biology, Associate Professor; ORCID 0000-0003-0976-8166, SPIN-code 7105-9906; **address:** 60, Dobrolyubova, Novosibirsk, 630039, Russia; e-mail: sebezhkoolga@yandex.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 28.10.2024
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 24.12.2024
Дата публикации / Published 15.04.2025