

## АДАПТАЦИОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КРОВИ КОРОВ ПРИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ СТРЕССЕ\*

Анна Вячеславовна Дерюгина<sup>1</sup>, доктор биологических наук  
 Марина Николаевна Иващенко<sup>2</sup>, кандидат биологических наук  
 Мария Николаевна Таламанова<sup>1</sup>, кандидат биологических наук  
 Андрей Александрович Белов<sup>2</sup>, аспирант  
 Владимир Александрович Петров<sup>2</sup>, аспирант  
 Александра Андреевна Кустова<sup>1</sup>, аспирант  
 Дарья Александровна Еробкина<sup>1</sup>, аспирант

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет имени Н.И. Лобачевского», г. Нижний Новгород, Россия

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия»  
 Министерства науки и образования, г. Нижний Новгород, Россия

E-mail: kafedra2577@mail.ru

**Аннотация.** Создание животноводческих комплексов с внедрением новых способов организации и технологий привело к широкому проявлению технологических стрессов у крупного рогатого скота. Стресс снижает естественную резистентность и уровень гуморального иммунитета, в результате создаются условия для активизации условно-патогенной микрофлоры, что приводит к расстройству пищеварения, респираторным заболеваниям, снижению продуктивности, повышению заболеваемости и летальности животных. Поэтому анализ адапционных реакций крови у коров при технологическом стрессе позволит оценить состояние организма и своевременно разработать меры профилактики возникающих нарушений. Маркером общего адапционного процесса служит система крови. В работе проведено исследование содержания лейкоцитов, эритроцитов, АТФ в эритроцитах, электрофоретической подвижности эритроцитов (ЭФПЭ) крови крупного рогатого скота при технологическом стрессе. Показано, что у животных после технологического стресса достоверно увеличивается число лейкоцитов на 3–14 сутки исследования по сравнению с контрольной группой животных, отмечено развитие нейтрофилии, моноцитоза и лимфопении. Число эритроцитов, концентрация гемоглобина, ЭФПЭ и содержание АТФ после технологического стресса были ниже по сравнению с контрольной группой в течение трех суток. Для коррекции технологического стресса у коров необходимы средства повышающие общие адапционные возможности организма животных.

**Ключевые слова:** крупный рогатый скот, эритроциты, лейкоциты, лейкоцитарная формула, электрофоретическая подвижность эритроцитов, АТФ, лейкоцитарные индексы

## ADAPTIVE CHANGES OF COWS BLOOD UNDER TECHNOLOGICAL STRESS

A.V. Deryugina<sup>1</sup>, *Grand PhD in Biological Sciences*  
 M.N. Ivashchenko<sup>2</sup>, *PhD in Biological Sciences*  
 M.N. Talamanova<sup>1</sup>, *PhD in Biological Sciences*  
 A.A. Belov<sup>2</sup>, *PhD Student*  
 V.A. Petrov<sup>2</sup>, *PhD Student*  
 A.A. Kustova<sup>1</sup>, *PhD Student*  
 D.A. Erobkina<sup>1</sup>, *PhD Student*

<sup>1</sup>National Research Nizhny Novgorod State University named after N.I. Lobachevsky, Nizhny Novgorod, Russia

<sup>2</sup>“Nizhny Novgorod State Agricultural Academy” of the Ministry of Science  
 and Education of the Russian Federation, Nizhny Novgorod, Russia

E-mail: kafedra2577@mail.ru

**Abstract.** The creation of livestock complexes with the introduction of new methods of organization and technologies has led to a wide manifestation of technological stresses in cattle. Stress reduces the natural resistance and the level of humoral immunity, as a result of which conditions are created for the activation of conditionally pathogenic microflora, which leads to digestive disorders, respiratory diseases, decreased productivity, increased morbidity and mortality of animals. Therefore, the analysis of adaptive reactions of blood in cows under technological stress will allow us to assess the state of the body and timely develop measures to prevent emerging disorders. The marker of the general adaptation process is the blood system. The study of the content of leukocytes, erythrocytes, ATP in erythrocytes, electrophoretic mobility of erythrocytes (EFPE) of cattle blood under technological stress. It was shown that in animals after technological stress there was a significant increase in the number of leukocytes on the 3<sup>rd</sup>–14<sup>th</sup> day of the study compared with the control group of animals, the development of neutrophilosis, monocytosis and lymphopenia was noted. The number of red blood cells, hemoglobin concentration, EFPE and ATP content after technological stress were lower compared to the control group for 3 days. Thus, to correct technological stress in cows, means are needed that increase the overall adaptive capabilities of the animal organism.

**Keywords:** cattle, erythrocytes, leukocytes, leukocyte formula, electrophoretic mobility of erythrocytes, ATP, leukocyte indices

\* Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ в рамках научного проекта № 22-26-00311 / The study was carried out with the financial support of the Russian Academy of Sciences in the framework of scientific project No. 22-26-00311.

Развитие животноводства – перспективное направление развития мясного комплекса России. Создание крупных животноводческих комплексов с внедрением новых способов организации и технологий привело к широкому проявлению технологических стрессов у сельскохозяйственных животных. Стресс снижает естественную резистентность и уровень гуморального иммунитета, в результате создаются условия для активизации условно-патогенной микрофлоры, что приводит к расстройству пищеварения, респираторным заболеваниям, снижению продуктивности, повышению заболеваемости и летальности животных. [2]

Высокопродуктивные коровы, обладая интенсивным метаболизмом, под действием стрессоров более склонны к нарушениям гомеостаза, восстановление которого сопровождается напряжением компенсаторных механизмов. [3, 9] С помощью анализа адаптационных реакций крови у коров при технологическом стрессе возможно оценить состояние организма, своевременно разработать меры профилактики возникающих нарушений и избежать снижения эффективности производства продукции.

Система крови служит маркером общего адаптационного процесса и играет важную роль в поддержании гомеостаза. [1] Клеточный состав крови отражает нейроэндокринные, иммунные и метаболические изменения, происходящие в организме при адаптации. Эритроциты и лейкоциты – важнейшие носители информации о процессах, протекающих на уровне тканевых структур организма, и индикаторы изменений нормального хода физиологических, биохимических и биофизических процессов в организме. [4]

Исследование структурно-функциональной организации эритроцитов и лейкоцитов при стрессе

может иметь не только теоретическое, но диагностическое и прогностическое значение.

Цель работы – исследование воздействия технологического стресса на гематологические показатели крови коров.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект изучения – цельная кровь физиологически здоровых коров *черно-пестрой* породы, перенесших технологический стресс (опытная группа) и нестрессированных животных (контрольная). Технологический стресс был вызван перегруппировкой животных и взвешиванием.

Группы формировали по принципу групп-аналогов по полу, возрасту, средней живой массе и фенотипическим признакам (по 10 голов). Кровь подопытных животных исследовали на гематологические показатели, электрофоретическую подвижность эритроцитов (ЭФПЭ), концентрацию АТФ в эритроцитах.

Для оценки ЭФПЭ готовили взвесь отмытых эритроцитов трехкратным центрифугированием при 1500 об./мин. в течение 10 мин. с 0,9%-м раствором хлористого натрия. Суспензию клеток разводили в 10 мМ трис HCl буфере (pH = 7,4) и измеряли ЭФПЭ методом микроэлектрофореза с использованием цитоферометра в нашей модификации. [11] Концентрацию АТФ в эритроцитах определяли в ТХУ фильтрате гемолизированных эритроцитов неэнзиматическим методом по содержанию неорганического фосфата. [5] Гематологические показатели исследовали на анализаторе Гемалайт 1270 (Dixon, Россия).

Математико-статистическую обработку полученных данных проводили в программе BIOSTAT. Рассчитывали среднюю арифметическую и ее ошибку ( $M \pm m$ ), достоверность разницы ( $p$ ) по критерию Стьюдента.

Таблица 1.

Гематологические показатели крови коров исследуемых групп животных, ( $M \pm m$ )

Показатель крови	Группа	Время после технологического стресса, сутки			
		1	3	14	30
Лейкоциты, $\cdot 10^9$ /л	Контрольная	6,72±0,79	6,73±0,82	6,67±0,75	6,69±0,81
	Опытная	6,96±1,09	9,88±1,41*	9,33±0,65*	6,98±0,47
Нейтрофилы, %	Контрольная	34,82±1,75	34,44±1,68	35,72±2,06	34,59±1,93
	Опытная	34,67±0,88	42,33±3,76*	37,00±2,08*	33,33±1,76
Эозинофилы, %	Контрольная	4,65±1,18	5,14±1,15	5,14±1,21	5,09±1,19
	Опытная	4,67±1,76	4,98±1,00	3,00±1,00	5,33±0,33
Базофилы, %	Контрольная	1,63±0,73	1,62±0,89	1,60±0,81	1,61±0,79
	Опытная	1,67±0,33	1,69±0,78	2,33±0,33	1,00±0,58
Лимфоциты, %	Контрольная	52,53±3,71	53,43±4,74	52,25±4,75	53,39±4,73
	Опытная	52,67±3,28	42,00±3,51*	49,67±0,88	56,00±2,01
Моноциты, %	Контрольная	6,37±1,73	5,37±1,74	5,29±1,65	5,32±1,71
	Опытная	6,32±0,67	9,00±0,58*	8,00±0,58*	4,33±0,67
Эритроциты, $\cdot 10^{12}$ /л	Контрольная	7,43±0,46	7,42±0,31	7,38±0,39	7,41±0,42
	Опытная	5,33±0,58*	5,42±0,52*	6,43±0,74	7,33±0,65
Гемоглобин, г/л	Контрольная	121±3,41	123±2,27	126±2,18	121±2,18
	Опытная	99±4,74*	115±3,68*	127±3,01	120±2,31

Примечание. Среднее  $\pm$  SEM, \* – статистически значимые различия относительно значений интактной группы животных,  $p \leq 0,05$ . То же в табл. 2 и 3.

**Таблица 2.**  
**Изменение электрокинетических и метаболических показателей эритроцитов крови коров,  $M \pm m$**

Показатель крови	Группа	Время после технологического стресса, сутки			
		1	3	14	30
ЭФПЭ, (мкМ см В <sup>-1</sup> с <sup>-1</sup> )	Контрольная	0,92±0,02	0,94±0,07	0,92±0,06	0,93±0,04
	Опытная	0,87±0,02*	0,85±0,03*	0,88±0,03	0,90±0,05
АТФ, (мкмоль/мл)	Контрольная	1,98±0,38	1,95±0,27	1,96±0,29	2,01±0,31
	Опытная	1,29±0,16*	1,34±0,19*	1,86±0,28	1,99±0,23

**Таблица 3.**  
**Лейкоцитарные индексы коров,  $M \pm m$**

Показатель крови	Группа	Время после технологического стресса, сутки			
		1	3	14	30
ИСЛК	Контрольная	0,69±0,13	0,7±0,12	0,74±0,14	0,7±0,21
	Опытная	0,69±0,14	0,96±0,13*	0,72±0,15	0,66±0,18
иК	Контрольная	0,66±0,23	0,64±0,17	0,68±0,25	0,64±0,19
	Опытная	0,66±0,19	1,01±0,13*	0,74±0,18	0,59±0,22

## РЕЗУЛЬТАТЫ

После технологического стресса у животных опытной группы отмечено достоверное увеличение числа лейкоцитов на 3...14 сутки исследования по сравнению с животными контрольной группы (табл. 1).

Выявлено развитие умеренного лейкоцитоза, так как при сравнении числа лейкоцитов крови коров после технологического стресса с нормативными величинами их значения находились в пределах верхней границы нормы. [8]

Количество эритроцитов в опытной группе животных было ниже по сравнению с контрольной в течение первых и третьих суток на 28,26 и 26,96% соответственно. При этом уменьшалась концентрация гемоглобина, что свидетельствует о снижении кислородтранспортных возможностей крови при стрессе.

Общие закономерности изменения гомеостаза организма, морфофункциональное состояние мембран клеток и электрокинетический потенциал можно определить по электрофоретической подвижности эритроцитов (ЭФПЭ). [7] Анализ уровня ЭФПЭ показал, что при технологическом стрессе у животных ЭФПЭ уменьшалась в первые и третьи сутки на 5,44 и 9,58% соответственно с последующим восстановлением исследуемого показателя до уровня контрольной группы животных (табл. 2).

Форма эритроцитов, способность к деформации тесно связаны с энергетическим метаболизмом. Главный источник энергии в эритроцитах – АТФ, которая участвует не только в поддержании формы, объема клеток, но и регуляции их функций, контролирует передачу рецепторного сигнала и изменяет метаболизм эритроцитов. [12, 13] По концентрации АТФ определили, что показатели в опытной группе снизились в среднем на 33% в течение трех суток

после стресса относительно показателей животных контрольной группы.

Важный источник информации о характере протекания адапционных реакций в организме – данные лейкоцитарной формулы крови. После стресса отмечено перераспределение в процентном соотношении клеток в лейкограмме.

Анализ лейкоцитарной формулы выявил развитие нейтрофилии, моноцитоза и лимфопении на 3 и 14 сутки после технологического стресса. [6] На третьи сутки количество нейтрофилов увеличилось на 22,91%, моноцитов – 67,60, доля лимфоцитов уменьшилась на 21,39% по сравнению с величинами контрольной группы.

Через 14 суток тенденции в перераспределении процентного содержания нейтрофилов, моноцитов в лейкограмме по сравнению со значениями контрольной группы сохранились. Содержание нейтрофилов увеличилось на 3,58%, моноцитов – 51,23. При изучении процентного содержания эозинофилов, базофилов в лейкоцитарной формуле коров при технологическом стрессе на протяжении всего периода исследований достоверных отличий не обнаружено.

Выявленные изменения в лейкоцитарной формуле коров опытной группы указывают на быстрое развитие стресс-реакции. Уже непосредственно после воздействия в крови животных обнаружены признаки, характерные для общего адаптационного синдрома.

Наиболее точно оценить степень напряжения функциональных приспособительных механизмов позволяет расчет лейкоцитарных индексов: сдвига лейкоцитов крови (ИСЛК) и индекс Кребса (иК) (табл. 3).

ИСЛК – маркер реактивности организма при различных его состояниях. [10] В наших исследованиях ИСЛК на третьи сутки после стресса превышал значение контрольной группы на 37,14%.

Индекс Кребса характеризует напряженность стресс-реакции организма, активность фагоцитарных реакций и факторов специфического иммунитета, их участие в поддержании общей реактивности организма. При уменьшении тяжести и продолжительности воздействия на организм коров неблагоприятных факторов происходит снижение показателя.

Таким образом, технологический стресс вызывает изменение гематологических и метаболических показателей крови. Можно считать, что первые и третьи сутки наиболее критические для течения патологического процесса.

Установлено, что при технологическом стрессе в крови крупного рогатого скота появляются классические признаки стресс-реакции, к которым относятся нейтрофилия, моноцитоз и лимфопения. Достоверно изменяются лейкоцитарные индексы крови, а также метаболические показатели эритроцитов (ЭФПЭ, содержание АТФ), свидетельствующие о газотранспортной функции крови и метаболических процессах в организме.

Для сохранения здоровья и повышения продуктивности животных в условиях промышленного комплекса требуется постоянный анализ показателей метаболизма коров, чтобы своевременно принять меры по его коррекции. Необходимы средства

с широким спектром защитно-восстановительной активности, повышающие общие адаптационные возможности организма животных.

**СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. М.: Медицина, 1997. 222 с.
2. Бантикова Т.Н., Тухфатова Р.Ф. Влияние антиоксидантного препарата на биохимические показатели сыворотки крови при профилактике технологического стресса поросят // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2016. № 6. С. 90–93.
3. Беляев А.И., Горлов И.Ф. Ресурсосберегающие технологии производства говядины // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2010. № 3. С. 10–14.
4. Бусловская Л.К., Ковтуненко А.Ю., Рыжкова Ю.П. Адаптационные реакции у коров при технологических операциях // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. 2019. № 2 (12). С. 3–9.
5. Виноградова И.Л., Багрянцева С.Ю., Дервиз Г.В. Метод одновременного определения 2,3 ДФГ и АТФ в эритроцитах // Лабораторное дело. 1980. № 7. С. 424–426.
6. Горизонтов П.Д., Белоусова О.И., Федотова М.И. Стресс и система крови. М.: Медицина, 1983. 240 с.
7. Дерюгина А.В., Шабалин М.А., Грачева Е.А. Электрофоретическая подвижность эритроцитов в качестве маркера адаптационных реакции организма. Нижний Новгород: Издательство Нижегородского госуниверситета, 2020. 21 с.
8. Дерюгина А.В., Ивашенко М.Н., Игнатъев П.С. и др. Морфофункциональные показатели эритроцитов крупного рогатого скота при стрессе и его коррекции низкоинтенсивным лазерным излучением // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2021. № 1. С. 67–71.
9. Ермакова Н.В. Изучение сезонной динамики физиолого-биохимического гомеостаза крови коров в условиях технологического стресса // Аграрная наука. 2009. № 4. С. 28–29.
10. Сперанский И.И., Самойленко Г.Е., Лобачева М.В. Общий анализ крови – все ли его возможности исчерпаны? Интегральные индексы интоксикации как критерии оценки тяжести течения эндогенной интоксикации, ее осложнений и эффективности проводимого лечения // Острые и неотложные состояния в практике врача. 2009. № 6 (19). С. 92–99.
11. Deryugina A.V., Shumilova A.V., Filippenko E.S. et al. Functional and biochemical parameters of erythrocytes during mexicor treatment in posttraumatic period after experimental blood loss and combined traumatic brain injury // Bulletin of experimental biology and medicine. 2017. Vol. 164. № 1. P. 26–29.
12. González-Alonso J. ATP as a mediator of erythrocyte-dependent regulation of skeletal muscle blood flow and oxygen delivery in humans: Erythrocytes contribute to the regulation of muscle oxygen supply // The Journal of Physiology. 2012. Vol. 590. P. 5001–5013.
13. Puchulu-Campanella E., Chu H., Anstee D.J. Identification of the Components of a Glycolytic Enzyme Metabo-

lon on the Human Red Blood Cell Membrane // Journal of Biological Chemistry. 2013. Vol. 288. № 2. P. 848–858.

**REFERENCES**

1. Baevskij R.M., Berseneva A.P. Ocenka adaptacionnyh vozmozhnostej organizma i risk razvitiya zabojevanij. M.: Medicina, 1997. 222 s.
2. Bantikova T.N., Tuhfatova R.F. Vliyanie antioksidantnogo preparata na biokhimicheskie pokazateli syvorotki krovi pri profilaktike tekhnologicheskogo stressa porosyat // Veterinariya, zootekhnija i biotekhnologija. 2016. № 6. S. 90–93.
3. Belyaev A.I., Gorlov I.F. Resursosberegayushchie tekhnologii proizvodstva govyadiny // Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2010. № 3. S. 10–14.
4. Buslovskaya L.K., Kovtunenکو A.Yu., Ryzhkova Yu.P. Adaptacionnye reakcii u korov pri tekhnologicheskikh operacijah // Aktual'nye voprosy sel'skohozyajstvennoj biologii. 2019. № 2 (12). S. 3–9.
5. Vinogradova I.L., Bagryanceva S.Yu., Derviz G.V. Metod odnovremennogo opredeleniya 2,3 DFG i ATF v eritrocitah // Laboratornoe delo. 1980. № 7. S. 424–426.
6. Gorizontov P.D., Belousova O.I., Fedotova M.I. Stress i sistema krovi. M.: Medicina, 1983. 240 s.
7. Deryugina A.V., Shabalin M.A., Gracheva E.A. Elektroforeticheskaya podvizhnost' eritrocitov v kachestve markera adaptacionnyh reakcii organizma. Nizhnij Novgorod: Izdatel'stvo Nizhegorodskogo gosuniversiteta, 2020. 21 s.
8. Deryugina A.V., Ivashchenko M.N., Ignat'ev P.S. i dr. Morfofunkcional'nye pokazateli eritrocitov krupnogo rogatogo skota pri stresse i ego korrekcii nizkointensivnym lazernym izlucheniem // Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2021. № 1. S. 67–71.
9. Ermakova N.V. Izuchenie sezonnoj dinamiki fiziologobiohimicheskogo gomeostaza krovi korov v usloviyah tekhnologicheskogo stressa // Agrarnaya nauka. 2009. № 4. S. 28–29.
10. Speranskij I.I., Samojlenko G.E., Lobacheva M.V. Obshchij analiz krovi – vse li ego vozmozhnosti ischerpany? Integral'nye indeksy intoksikacii kak kriterii ocenki tyazhesti techeniya endogennoj intoksikacii, ee oslozhnenij i effektivnosti provodimogo lecheniya // Ostrye i neotlozhnye sostoyaniya v praktike vracha. 2009. № 6 (19). S. 92–99.
11. Deryugina A.V., Shumilova A.V., Filippenko E.S. et al. Functional and biochemical parameters of erythrocytes during mexicor treatment in posttraumatic period after experimental blood loss and combined traumatic brain injury // Bulletin of experimental biology and medicine. 2017. Vol. 164. № 1. P. 26–29.
12. González-Alonso J. ATP as a mediator of erythrocyte-dependent regulation of skeletal muscle blood flow and oxygen delivery in humans: Erythrocytes contribute to the regulation of muscle oxygen supply // The Journal of Physiology. 2012. Vol. 590. P. 5001–5013.
13. Puchulu-Campanella E., Chu H., Anstee D.J. Identification of the Components of a Glycolytic Enzyme Metabolon on the Human Red Blood Cell Membrane // Journal of Biological Chemistry. 2013. Vol. 288. № 2. P. 848–858.

*Поступила в редакцию 07.12.2022  
Принята к публикации 23.12.2022*