

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ
ANIMALS AND VETERINARY SCIENCE

**ЧАСТНАЯ ЗООТЕХНИЯ, КОРМЛЕНИЕ, ТЕХНОЛОГИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОРМОВ
И ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ ЖИВОТНОВОДСТВА
(СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)**

Научная статья

УДК 636.2.053.09

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕФЛЕКТОРНЫХ МЕТОДОВ
РЕГУЛЯЦИИ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ КОРОВ**

Павел Владимирович Быков, Андрей Валентинович Мамаев,

Наталья Дмитриевна Родина, Екатерина Юрьевна Сергеева

ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, Орёл, Россия

Аннотация. В работе представлены результаты сравнительного исследования трёх методов воздействия на поверхностно локализованные биологически активные центры (ПЛБАЦ) коров: фармакопунктуры, электропунктуры и криопунктуры, анатомически связанных с нейрорегуляцией деятельности вымени. Целью исследования было выявление наиболее эффективных акупунктурных методов регулирования молочной продуктивности коров. Электропунктурное воздействие переменным током 50–100 Гц позволило активировать нервно-трофические процессы, повысить биоэлектрические потенциалы ПЛБАЦ, улучшить состав крови коров при одновременном повышении массовой доли жира, белка и лактозы в молоке. Метод показал наибольшую эффективность и выраженное системное воздействие на организм лактирующих животных. Фармакопунктурное воздействие модулировало биоэлектрическую активность ПЛБАЦ коров и позволило выявить корреляционные взаимосвязи между величиной биоэлектрических потенциалов, химическим составом молока. Наиболее ярко проявилась взаимосвязь биоэлектрической активности ПЛБАЦ с уровнем лактозы в молоке опытных животных. Разработан способ определения процентного содержания лактозы в молоке коров. Метод продемонстрировал возможность целенаправленного регуляторного влияния на метаболические процессы в молочной железе. Криопунктурное воздействие позволило активировать компенсаторно-приспособительные реакции животного организма, что выразилось в изменении биоэлектрической активности ПЛБАЦ и позитивном изменении состава молока коров. Установлено, что криопунктурное воздействие является минимально инвазивным и перспективным для модуляции физиологических функций. Все три изученных метода воздействия позитивно повлияли на организм коров и улучшили показатели молочной продуктивности. Электропунктура показала наибольшую эффективность по совокупности показателей. Полученные данные позволяют рассматривать применение воздействий на ПЛБАЦ как эффективный инструмент повышения удоя и улучшения качества молока.

Ключевые слова: коровы, фармакопунктура, электропунктура, криопунктура, компонентный состав молока, удой, поверхностью локализованные биологически активные центры, биоэлектрический потенциал, нейрорегуляция.

Для цитирования: Быков П.В., Мамаев А.В., Родина Н.Д., Сергеева Е.Ю. Сравнительная эффективность рефлекторных методов регуляции молочной продуктивности коров // Вестник Брянской ГСХА. 2025. № 5 (111). С. 29-34.

Original article

**COMPARATIVE EFFECTIVENESS OF REFLECTIVE METHODS
REGULATION OF DAIRY PRODUCTIVITY OF COWS**

Pavel V. Bykov, Andrey V. Mamaev, Natal'ya D. Rodina, Ekaterina Yu. Sergeeva

Orel State Agrarian University, Orel, Russia

Abstract. The results of a comparative research of three methods of influencing the superficially localized biologically active centers (SLBAC) of cows: pharmacopuncture, electropuncture and cryopuncture, anatomically related to the neuroregulation of the udder activity are presented in the paper. The aim of the research was to identify the most effective acupuncture methods for regulating dairy productivity of cows. The electropuncture impact to alternating current of 50-100 Hz made it possible to activate neuro-trophic processes, increase the bioelectric potentials of SLBAC, and improve the composition of cow blood while increasing the mass fraction of fat, protein, and lactose in milk. The method showed the greatest effectiveness and pronounced systemic impact on the body of lactating animals. The pharmacopuncture impact modulated the bioelectric activity SLBAC of the cows and allowed us to identify correlations between the magni-

tude of bioelectric potentials and the chemical composition of milk. The relationship between the bioelectric activity of the SLBAC and the level of lactose in the milk of experimental animals was most clearly manifested. A method for determining the percentage of lactose in cow's milk has been developed. The method demonstrated the possibility of a targeted regulatory effect on metabolic processes in the mammary gland. The cryopuncture impact made it possible to activate the compensatory and adaptive reactions of the animal body, which resulted in a change in the bioelectric activity of the SLBAC and a positive change in the composition of cow's milk. It has been established that cryopuncture impact is minimally invasive and promising for the modulation of physiological functions. All three studied methods of impact had a positive effect on the body of cows and improved milk productivity. The electropuncture showed the greatest effectiveness in terms of a set of indicators. The data obtained make it possible to consider the use of effects on SLBAC as an effective tool for increasing milk yields and improving milk quality.

Keywords: cows, pharmacopuncture, electropuncture, cryopuncture, milk component composition, milk yield, superficially localized biologically active centers, bioelectric potential, neuroregulation.

For citation: Bykov P.V., Mamaev A.V., Rodina N.D., Sergeeva E.Y. Comparative effectiveness of reflex methods of regulation of dairy productivity of cows // Vestnik of the Bryansk Agricultural Academy. 2025. № 5 (111). Pp. 29-34.

Введение. Современное молочное скотоводство решает большой комплекс взаимосвязанных задач: повышение продуктивности коров, улучшение качества молока, обеспечение его безопасности для потребителей и минимизация негативного воздействия животноводческих хозяйств на окружающую среду [1]. Традиционные подходы к увеличению удоев — расширение поголовья, использование концентрированных кормов и кормовых добавок, а также применение антибиотиков при лечении заболеваний доказали свою эффективность, но сопряжены с рядом негативных последствий. Интенсивное использование пастбищ ведёт к деградации почв, а химическая нагрузка и частое применение лекарственных средств могут приводить к накоплению нежелательных остатков в молочной продукции, что противоречит современным требованиям рынка к «чистым» и функциональным продуктам [2,3]. В условиях усиливающегося внимания к вопросам устойчивого развития и снижения экологического следа, важным становится внедрение инновационных методов, обеспечивающих повышение продуктивности и качества молока с минимальными побочными эффектами. Одним из таких методов является воздействие на поверхностно локализованные биологически активные центры (ПЛБАЦ) животных, в форме фармакопунктуры, электропунктуры и криопунктуры. Эти методы базируются на активации компенсаторно-приспособительных механизмов через воздействие на ПЛБАЦ, расположенных в проекциях нервных стволов, иннервирующих молочную железу [4].

Фармакопунктура реализуется с помощью специальных перцевых пластырей, содержащих экстракты растительных компонентов, которые стимулируют ПЛБАЦ химическими веществами, раздражающими и проникающими в кожу. Электропунктура — малотравматический метод низкочастотной электрической стимуляции ПЛБАЦ с помощью портативного импульсного генератора. Это воздействие активирует сложные нейроэндокринные и иммунные механизмы в местах расположения ПЛБАЦ без нарушения целостности кожного покрова. Криопунктура основана на кратковременном поверхностном охлаждении ПЛБАЦ жидким азотом, вызывает местную нейрогуморальную реакцию без повреждения тканей животного [5].

Современные исследования подтверждают, что изменения в физиологическом состоянии животных организмов отражаются на биоэлектрических потенциалах ПЛБАЦ. Воздействие на ПЛБАЦ способствует снижению воспалительных процессов в молочной железе, уменьшению необходимости в антибиотикотерапии, улучшению метаболизма жиров и белков, а также повышению устойчивости животных к стрессам, что положительно сказывается на качестве и безопасности молока [6,7].

Материалы и методы. Эксперимент проводился на базе ООО «Дружба» (Железногорский район, деревня Снецкое). Для реализации цели исследования были отобраны и сформированы методом аналогов опытные группы из коров третьей лактации черно-пестрой голштинизированной породы по пять голов в каждой. Контрольной группой служили животные, не подвергавшиеся воздействиям. Фармакопунктура, электропунктура и криопунктура осуществлялись на ПЛБАЦ № 38, 39, 44 и 49, расположенные в проекциях нервных стволов, иннервирующих молочную железу [8,9]. Все процедуры проводились ежедневно, в утренние часы до кормления и доения в течение семи дней. Для измерения биоэлектрических потенциалов ПЛБАЦ использовали прибор «Биотест» [10]. Регистрация потенциалов проводилась по методу Р. Фолля, с прикладыванием электрода к безволосой коже в области ПЛБАЦ, измерения проводились до начала и после завершения курса воздействия. Для проведения фармакопунктуры применялись перцевые пластиры с экстрактами стручкового перца (8%), белладонны (6%) и арники (6%), которые закрепляли на коже на 24 часа и меняли ежеднев-

но. Электропунктура выполнялась с помощью портативного генератора низкочастотных импульсов (частота 70–80 Гц), электрод диаметром около 5 мм прижимали к обработанной этанолом коже в течение 1–2 минут, что обеспечивало нейрорефлекторную стимуляцию без повреждения тканей. Криопунктура осуществлялась поверхностным охлаждением с помощью металлического стержня, охлажденного жидким азотом (-196°C), который прижимали к ПЛБАЦ на 2-3 секунды после обработки кожи 70% этанолом. Во всех опытных группах животных отбор средней пробы молока проводился в утренние часы до кормления и доения, состав молока определяли на приборе «Эксперт-Профи». Полученные данные подвергались вариационному статистическому анализу с расчетом средних значений, стандартных отклонений и корреляций между изучаемыми показателями.

Результаты и их обсуждение. Рабочая гипотеза исследования заключалась в том, что точечное воздействие на ПЛБАЦ, функционально связанные с выменем коров, способно запускать нейрогуморальные регуляторные механизмы, влияющие на молочную продуктивность животных. Для проверки гипотезы применялись три метода воздействия на ПЛБАЦ: фармакопунктура, электропунктура и криопунктура. Каждая методика продемонстрировала достоверные позитивные изменения в продуктивных характеристиках коров опытных групп относительно контрольных животных, однако выраженность обнаруженных эффектов значительно варьировалась в зависимости от способа стимуляции.

Таблица 1 - Влияние фармакопунктуры на количественные характеристики молока опытных коров, $M\pm m$

№ группы	Средний Б.П. ПЛБАЦ до воздействия, мкА	Средний Б.П. ПЛБАЦ на 7-й день, мкА	Удой до воздействия, кг/сутки	Удой на 7-й день после воздействия, кг/сутки	Удой за 305 дней после воздействия, кг	Количество жира за 305 дней, после воздействия, кг	Количество белка за 305 дней, после воздействия, кг
1(к)	78,30 $\pm 0,32$	79,36 $\pm 0,17$	22,8 $\pm 0,18$	23,1 $\pm 0,15$	6735 $\pm 1,48$	231,7 $\pm 0,65$	217 $\pm 0,26$
2	79,57 $\pm 0,13$	105,57 $\pm 0,2*$	22,9 $\pm 0,15$	25,9 $\pm 0,23**$	7215 $\pm 1,13*$	273,2 $\pm 0,45*$	255,7 $\pm 0,35*$
3	77,48 $\pm 0,34$	93,38 $\pm 0,34*$	22,8 $\pm 0,13$	25,3 $\pm 0,12*$	7086 $\pm 1,20*$	258,5 $\pm 0,62$	240,2 $\pm 0,33*$

Примечание: разница статистически достоверна по сравнению с контролем: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

Таблица 2 - Влияние электропунктуры на количественные характеристики молока опытных коров, $M\pm m$

№ группы	Средний Б.П. ПЛБАЦ, мкА до воздействия	Средний Б.П. ПЛБАЦ, мкА 7-й день,	Удой до воздействия, кг/сутки	Удой на 7-й день, После воздействия, кг/сутки	Удой за 305 дней, кг	Количество жира/кг после воздействия за 305 дней, кг	Количество белка /кг после воздействия за 305 дней, кг
1(к)	65,20 $\pm 0,22$	66,3 $\pm 0,15$	22,7 $\pm 0,18$	22,9 $\pm 0,15$	6675 $\pm 1,33$	227,3 $\pm 0,31$	211 $\pm 0,23$
2	65,47 $\pm 0,13*$	89,5 $\pm 0,2*$	22,9 $\pm 0,15*$	25,4 $\pm 0,23*$	7092 $\pm 1,13*$	258,2 $\pm 0,25**$	244,3 $\pm 0,21**$
3	66,48 $\pm 0,34*$	83,7 $\pm 0,2*$	22,8 $\pm 0,13*$	25,2 $\pm 0,12*$	6923 $\pm 1,03*$	251,4 $\pm 0,32*$	240,2 $\pm 0,35*$

Примечание: разница статистически достоверна по сравнению с контролем: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

После проведения курса фармакопунктуры средний биоэлектрический потенциал ПЛБАЦ у коров второй опытной группы возрос на 32,7 % ($p < 0,05$), а у животных третьей — на 20,5 % ($p < 0,05$) по сравнению с исходным уровнем. Среднесуточный удой у коров второй и третьей групп, на 7-й день после воздействия увеличился на 12,1 % и 9,6 % по отношению к контрольной группе, соответственно. Удои за 305 дней лактации у коров второй группы превысили контрольных животных на 7,1 %, а третьей группы — на 5,2 %. Количество дополнительно полученного молочного жира возросло на 17,9 % и 11,6 % в молоке коров второй и третьей опытных групп коров, а дополнительное количество белка — на 17,9 % и 10,7 % относительно контрольной группы, соответственно. Это указывает

на существенную активацию обменных процессов в молочной железе под влиянием фармакопунктурной стимуляции.

Таблица 3 - Влияние криопунктуры на количественные характеристики молока опытных коров $M \pm m$

№ группы	Средний Б.П. ПЛБАЦ, мкА до воздействия	Средний Б.П. ПЛБАЦ, мкА 7-й день,	Удой до воздействия, кг/сутки	Удой на 7-й день, После воздействия кг/сутки	Удой за 305 дней после воздействия, кг	Количество жира/кг после воздействия за 305 дней, кг	Количество белка /кг после воздействия за 305 дней, кг
1(к)	64.45 ± 0.12	65.30 ± 0.82	22.7 ± 0.18	22.9 ± 0.15	6765 ± 1.37	228.7 ± 0.55	223.5 ± 0.31
2	63.35 $\pm 0.13^*$	84.37 $\pm 0.14^{**}$	22.8 $\pm 0.14^*$	25.4 $\pm 0.23^*$	7065 $\pm 1.21^*$	243.2 $\pm 0.38^{**}$	237.8 $\pm 0.51^*$
3	62.53 $\pm 0.34^*$	74.44 $\pm 0.14^*$	22.8 $\pm 0.14^*$	25.0 $\pm 0.12^*$	6955 $\pm 1.17^*$	240.5 $\pm 0.62^*$	229.7 $\pm 0.32^*$

Примечание: разница статистически достоверна по сравнению с контролем: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

Электропунктура также оказала значительное влияние на функциональную активность ПЛБАЦ и молочную продуктивность опытных животных. На 7-й день воздействия, биоэлектрический потенциал центров повысился на 36,6 % у коров второй группы и на 25,9 % - третьей, относительно контрольных животных. Суточный удой во второй и третьей группе увеличился на 10,9 % и 10,0 %, соответственно, а за 305 дней лактации продуктивность коров второй группы была выше на 6,2 %, третьей — на 3,7 %, относительно контроля. Прирост суммарного жира в молоке опытных коров составил 13,6 % и 10,6 %, белка — 15,8 % и 13,8 % во второй и третьей группах, соответственно. Эти результаты указывают на высокую чувствительность ПЛБАЦ к электрическому воздействию и подтверждают гипотезу о наличии регулирующей связи между их функциональной активностью и обменными процессами в молочной железе.

Криопунктура продемонстрировала сопоставимые, но несколько менее выраженные результаты. Достоверное повышение биоэлектрического потенциала ПЛБАЦ на 7-й день после воздействия составило 32,8 % во второй группе и 19,1 % в третьей ($p < 0,01$). Суточный удой опытных коров вырос на 10,9 % и 9,2 %, тогда как по удою за 305 дней, коровы второй и третьей группы превзошли контрольных на 4,4 % и 2,8 %, соответственно. Количество молочного жира увеличилось на 6,3 % и 5,2 %, а содержание белка — на 6,4 % и 2,8 %, соответственно у животных второй и третьей опытных групп. Эти данные подтверждают эффективность криопунктурного воздействия, однако меньший рост значений, по-видимому, отражает более умеренную степень возбуждения рецепторных структур ПЛБАЦ при локальном охлаждении по сравнению с электрической или фармакологической стимуляцией.

Сравнительный анализ показывает, что максимальный физиологический отклик был достигнут при применении фармакопунктуры, особенно у животных второй опытной группы. Электропунктура продемонстрировала сопоставимый эффект, уступая лишь по удою за лактационный период, тогда как криопунктура оказалась менее выраженным, но достоверным стимулятором молочной продуктивности. Общая тенденция к росту биоэлектрического потенциала ПЛБАЦ, сопровождающаяся увеличением удоев и улучшением химического состава молока, что позволяет рассматривать ПЛБАЦ как перспективную мишень для регуляторных вмешательств с целью повышения эффективности молочного скотоводства.

Выводы. На основании проведённых исследований по фармакопунктуре, электропунктуре и криопунктуре лактирующих коров установлено, что все три метода оказывают значительное позитивное влияние на их молочную продуктивность и биоэлектрическую активность ПЛБАЦ. При этом каждый из методов отличается по механизму действия и выраженности эффекта, что позволяет рассматривать их как взаимодополняющие подходы для повышения эффективности молочного производства без применения фармакологических препаратов.

Фармакопунктура, основанная на применении экстрактов природных веществ через перцовые пластыри, стимулирует местные нейрорецепторы и запускает каскад нейрогуморальных реакций. Во второй опытной группе при применении фармакопунктуры среднесуточный удой увеличился на 11,25 % по сравнению с контролем, что является существенным повышением молочной продуктивности. При этом биоэлектрический потенциал ПЛБАЦ вырос на 31,52 %, что свидетельствует об активизации

нейродинамических процессов. Состав молока также улучшился: содержание жира возросло на 16,54 %, белка – на 11,83 %, лактозы – на 16,12 %. Это свидетельствует о положительном влиянии метода на обменные процессы в молочной железе и повышении биологической ценности молочного сыра.

Электропунктура показала наиболее выраженный и комплексный эффект. Воздействие низкочастотным током на ПЛБАЦ № 38, 39, 44 и 49 активирует периферические и центральные нервные структуры, стимулирует нейрогуморальные пути и усиливает адаптационные реакции организма. Вторая опытная группа при электростимуляции показала прирост среднесуточного удоя на 13,87 %, а ПЛБАЦ увеличился на 34,97 %, что указывает на высокую мобилизацию биоэлектрической активности. В молоке увеличилось содержание жира на 13,41 %, белка на 12,01 %, лактозы на 17,44 %. Третий опытный состав также продемонстрировал положительную динамику, хотя и менее выраженную, что может быть связано с индивидуальными особенностями биоэлектрического потенциала животных. Данный метод отличается тем, что стимулирует одновременно несколько физиологических систем — кроветворение, иммунитет, обмен веществ, обеспечивая всестороннее улучшение общее состояние организма животных и их продуктивность.

Криопунктура, основанная на воздействии металлическим стержнем охлажденным жидким азотом, оказывает преимущественно сосудисто-метаболическое и противовоспалительное действие. Холодовое воздействие приводит к улучшению микроциркуляции, снижению воспалительных процессов и активации местных регенеративных механизмов. Увеличение удоя во второй группе коров составило 9,78 %, а биоэлектрического потенциала ПЛБАЦ - на 29,27 %, относительно контроля. Улучшение качества молока проявилось в росте количества жира на 10,58 %, белка - на 9,36 %, и лактозы - на 14,29 %. Хотя данный метод продемонстрировал менее выраженный эффект по сравнению с электропунктурой и фармакопунктурой, он отличается минимальной травматичностью и высокой безопасностью для животных, что делает его привлекательным в производственных условиях или требующих щадящего воздействия.

Сравнительный анализ показал, что электропунктура обеспечивает наиболее значимый и комплексный эффект, активируя рефлекторные механизмы. Фармакопунктура оказывает выраженное влияние, повышая обменные процессы и ферментативную активность, что также положительно сказывается на молочной продуктивности и качестве. Криопунктура проявляет более мягкое, но при этом эффективное воздействие за счёт улучшения кровообращения и уменьшения воспаления. Все три метода способствуют повышению адаптационного потенциала коров без использования химических средств, что особенно важно с точки зрения экологичности и безопасности молочного производства.

Список источников

1. Молочная продуктивность коров и факторы ее обуславливающие / И.М. Дунин, К.К. Аджибеков, А.Г. Козанков [и др.] // Зоотехния. 2022. № 11. С. 2-4.
2. Влияние скрещивания скота разного направления продуктивности на интенсивность роста помесных бычков / В.И. Косилов, Н.К. Комарова, И.В. Миронова и др. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 6 (86). С. 266-270.
3. Морозова Н.И. Молочная продуктивность и качество молока // Зоотехния. 2012. № 2. С. 18.
4. Тарадайник Т.Е., Тарадайник Н.П., Сингина Г.Н. Фундаментальные и прикладные аспекты ветеринарной акупунктуры как способа коррекции физиологического состояния животных // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51, № 2.
5. Рябуха В.А., Рябуха А.В. Ветеринарная медицина и изучение биологически активных точек на современном этапе // Дальневосточный аграрный вестник. 2007. № 1. С. 98.
6. Способ определения процентного содержания лактозы в молоке коров: пат. 2827918 Рос. Федерация: С1 / Mamaev A.B., Masalov V.N., Bykov P.V., Mamaeva O.A. M.; заявл. 27.12.2023; опубл. 03.10.2024.
7. Самусенко Л.Д., Mamaev A.B. Биоэнергетический потенциал ПЛБАЦ коров с разной концентрацией соматических клеток в молоке // Вестник аграрной науки. 2024. № 4 (109). С. 57-61.
8. Лебедев С.В., Коваленко В.В. Руководство по ветеринарной рефлексотерапии. М.: Аквариум, 2000. 32 с.
9. Казеев Г.В. Ветеринарная акупунктура: научно - практическое руководство. М.: РИО РГА-ЗУ, 2014. 398 с.
10. Электропунктура прибором Биотест [Электронный ресурс]. - Режим доступа: URL: <https://biotest.tmweb.ru/index.php/pribory/biotest>.

Информация об авторах:

П.В. Быков - аспирант кафедры технологии производства и переработки продукции животноводства имени профессора А.М. Гуськова, ФГБОУ ВО Орловский ГАУ им. Н.В. Парахина.

А.В. Мамаев - доктор биологических наук, профессор кафедры технологии производства и переработки продукции животноводства имени профессора А.М. Гуськова, ФГБОУ ВО Орловский ГАУ им. Н.В. Паракина.

Н.Д. Родина - кандидат биологических наук, доцент кафедры технологии производства и переработки продукции животноводства имени профессора А.М. Гуськова, ФГБОУ ВО Орловский ГАУ им. Н.В. Паракина.

Е.Ю. Сергеева - кандидат технических наук, доцент кафедры технологии производства и переработки продукции животноводства имени профессора А.М. Гуськова, ФГБОУ ВО Орловский ГАУ им. Н.В. Паракина.

Information about the authors:

P.V. Bykov - Postgraduate student at the Department of Technology of Production and Processing of Livestock Products named after Professor A.M. Guskov, Oryol State Agrarian University named after N.V. Parakin.

A.V. Mamaev - Doctor of Biological Sciences, Professor at the Department of Technology of Production and Processing of Livestock Products named after Professor A.M. Guskov, Oryol State Agrarian University N.V. Parakin.

N.D. Rodina - Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Technology of Production and Processing of Livestock Products named after Professor A.M. Guskov, Orlov State Agrarian University named after N.V. Parakin.

Ye.Yu. Sergeeva - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technology of Production and Processing of Livestock Products named after Professor A.M. Guskov, Orlov State Agrarian University named after N.V. Parakin.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 18.08.2025, одобрена после рецензирования 02.09.2025, принята к публикации 22.09.2025.

The article was submitted 18.08.2025, approved after reviewing 02.09.2025, accepted for publication 22.09.2025.

© Быков П.В., Мамаев А.В., Родина Н.Д., Сергеева Е.Ю.