

Научная статья

УДК 615.015.8:579.842.11:618.19-002:636.2

doi: 10.48612/vch/gbre-h2dz-te1g

АНАЛИЗ РЕЗИСТЕНТНОСТИ К АНТИМИКРОБНЫМ ПРЕПАРАТАМ БАКТЕРИЙ *ESCHERICHIA COLI*, ВЫДЕЛЕННЫХ ПРИ КЛИНИЧЕСКОМ МАСТИТЕ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

Светлана Анатольевна Макавчик, Хайтембу Рауна Нашикуке, Александра Андреевна Жинжикова

Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины
196084, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Аннотация. *Escherichia coli* является частым возбудителем мастита крупного рогатого скота. В настоящее время наблюдается рост резистентности к антимикробным препаратам. Цель исследования: анализ резистентности к антимикробным препаратам бактерий *Escherichia coli*, выделенных при клиническом мастите крупного рогатого скота. Материалом для исследования послужили пробы молока ($n = 20$) от коров с маститом из двух хозяйств Ленинградской области. Проведено бактериологическое исследование данных проб, а также определение чувствительности к антимикробным препаратам с помощью коммерческой панели IST Card DL-96E (Zhuhai DL Biotech, Китай). Результаты интерпретировали в соответствии с рекомендациями производителя, а значения минимальной подавляющей концентрации оценивали с использованием пограничных значений EUCAST 15.0. Среди выделенных нами изолятов *Escherichia coli* наблюдалась внутривидовая вариабельность профиля резистентности. При этом выявлены изоляты ($n = 2$), обладающие устойчивостью к трем классам антибактериальных препаратов: пенициллинам (ампициллин), фторхинолонам (ципрофлоксацин), сульфаниламидам (триметоприм-сульфаметоксазол). Установлено, что 100 % изолятов ($n = 4$) устойчивы к ципрофлоксацину. Чувствительность к пенициллинам носила вариабельный характер: 50 % изолятов ($n = 2$) резистентны к ампициллину, при этом 100 % изолятов ($n = 4$) чувствительны к ампициллину-сульбактаму и амоксициллину-клавулановой кислоте. Также наблюдалась 50 % ($n = 2$) чувствительность к триметоприму-сульфаметоксазолу. Чувствительность к гентамицину составила 100 % ($n = 4$). Полученные данные свидетельствуют об эффективности применения гентамицина, а также комбинированных пенициллинов с ингибиторами β -лактамаз при инфекционном мастите. Применение ципрофлоксацина нецелесообразно. Таким образом, необходимо проводить мониторинг профилей чувствительности *Escherichia coli* к антимикробным препаратам для рациональной и своевременной терапии.

Ключевые слова: антибиотикорезистентность, мастит, *Escherichia coli*, множественная лекарственная устойчивость, полирезистентность.

Для цитирования: Макавчик С. А., Нашикуке Х. Р., Жинжикова А. А. Анализ резистентности к антимикробным препаратам бактерий *Escherichia coli*, выделенных при клиническом мастите крупного рогатого скота // Вестник Чувашского государственного аграрного университета. 2026 №2(37). С. 110-114.

doi: 10.48612/vch/gbre-h2dz-te1g

Original article

ANALYSIS OF ANTIMICROBIAL RESISTANCE OF *ESCHERICHIA COLI* BACTERIA ISOLATED FROM CLINICAL MASTITIS IN CATTLE

Svetlana A. Makavchik, Khaytembu R. Nashikuke, Aleksandra A. Zhinzhikova

Saint-Petersburg State University of Veterinary Medicine
196084, Saint-Petersburg, Russian Federation

Abstract. *Escherichia coli* is a common causative agent of mastitis in cattle. Currently, there is an increasing resistance to antimicrobial drugs. The aim of the study is to analyze the resistance to antimicrobial drugs of *Escherichia coli* bacteria isolated from clinical mastitis in cattle. The study used milk samples ($n = 20$) from cows with mastitis from 2 farms in the Leningrad region. A bacteriological study of the samples was conducted, as well as the determination of susceptibility to antimicrobial drugs using the commercial panel IST Card DL-96E (Zhuhai DL Biotech, China). The results were interpreted in accordance with the manufacturer's recommendations, and the values of the minimum inhibitory concentration were evaluated using EUCAST 15.0 boundary values. Intraspecific variability of the resistance profile was observed among the isolated *Escherichia coli* isolates. Isolates ($n = 2$) were found to be resistant to three classes of antibacterial drugs: penicillins (ampicillin), fluoroquinolones (ciprofloxacin) and sulfonamides (trimethoprim-sulfamethoxazole). It was found that 100 % of isolates ($n = 4$) are resistant to ciprofloxacin. Penicillin sensitivity was variable: 50 % of isolates ($n = 2$) were resistant to ampicillin, while 100 % of isolates ($n = 4$) were sensitive to ampicillin-sulbactam and amoxicillin-clavulanic acid. There was also a 50 % ($n = 2$) sensitivity to trimethoprim-sulfamethoxazole. Sensitivity to gentamicin was 100 % ($n = 4$). The data obtained indicate the effectiveness of the use of gentamicin, as well as combined penicillins with beta-lactamase inhibitors in infectious mastitis. The use of ciprofloxacin is not recommended. Therefore, it is necessary to monitor the susceptibility profiles of *Escherichia coli* to antimicrobial drugs for rational and timely therapy.

Keywords: antibiotic resistance, mastitis, *Escherichia coli*, multiple drug resistance, polyresistance

For citation: Makavchik S. A., Nashikuke Kh. R., Zhinzhikova A. A. Analysis of antimicrobial resistance of *Escherichia coli* bacteria isolated from clinical mastitis in cattle // Vestnik Chuvash State Agrarian University. 2026 No. 2(37). Pp. 110-114.

doi: 10.48612/vch/gbre-h2dz-te1g

Введение.

Представители семейства Enterobacteriaceae являются одними из возбудителей инфекционного мастита крупного рогатого скота, среди которых часто встречается *Escherichia coli*.

Антимикробные препараты являются наиболее широко используемыми в терапии мастита крупного рогатого скота. Несоблюдение правил антибиотикотерапии приводит к формированию устойчивости микроорганизмов к данным препаратам. Резистентность возбудителей к антибиотикам является глобальной проблемой для терапии животных с инфекционным маститом в ветеринарной практике [3, 5].

В настоящее время наблюдается повышение резистентности микроорганизмов *Escherichia coli* к отдельным антимикробным препаратам. Так, во многих странах отмечается тенденция роста резистентности *Escherichia coli* к цефалоспорином, ампициллину, амоксициллину, амоксициллин-клавулановой кислоте, тетрациклину, эритромицину и др. препаратам [3, 4, 7].

Появление множественной лекарственной устойчивости значительно затрудняет подбор антибиотиков для терапии инфекционного мастита, что обуславливает необходимость мониторинга профилей чувствительности *Escherichia coli* к антимикробным препаратам.

Целью исследования является анализ резистентности к антимикробным препаратам бактерий *Escherichia coli*, выделенных при клиническом мастите крупного рогатого скота.

Материалы и методы.

От коров с визуально выраженным клиническим маститом из двух хозяйств Ленинградской области были получены пробы молока ($n = 20$). Все пробы дали положительный результат теста на повышенное содержание соматических клеток, значения которого превышали 500 000 клеток/см³.

Был произведен посев молока на среды: Эндо, МакКонки и кровяной агар с 5 % дефибрированной кровью барана. Все чашки инкубировали в аэробных условиях при 37 °С в течение 24 часов. Для морфологической характеристики провели окрашивание по Граму. Для предварительной биохимической идентификации провели стандартные тесты, включая посев на трехсахарный железный агар (TSI), цитратный агар Симмонса. Для комплексной реидентификации использовали коммерческую панель IST Card DL-96E (Zhuhai DL Biotech, Китай) в соответствии с инструкцией.

Чувствительность к антимикробным препаратам для каждого изолята определяли с помощью коммерческой панели IST Card DL-96E (Zhuhai DL

Biotech, Китай) в соответствии с инструкцией. Результаты интерпретировали в соответствии с рекомендациями производителя, а значения минимальной подавляющей концентрации (МПК) оценивали с использованием пограничных значений EUCAST 15.0.

Результаты исследования и их обсуждение.

В пробах молока ($n = 20$) от коров с инфекционным маститом выявлено 26 патогенных микроорганизмов. Среди них грамотрицательные бактерии, а именно *Escherichia coli* ($n = 4$), были установлены в 15,4 % случаев (рис. 1).



Рис. 1. Спектр возбудителей маститов крупного рогатого скота в хозяйствах Ленинградской области

Fig. 1. Spectrum of pathogens of bovine mastitis in farms of the Leningrad Region

Результаты определения МПК антибактериальных препаратов в отношении выделенных изолятов *Escherichia coli* представлены в таблице 1.

Результаты изучения антибиотикорезистентности клинических изолятов *Escherichia coli* показали, что у выделенных штаммов разный профиль чувствительности, при этом один из них обладает множественной лекарственной устойчивостью (табл. 2).

При интерпретации антибиотикограммы выявлено, что изоляты *Escherichia coli* резистентны к ампициллину ($n = 2$), ципрофлоксацину ($n = 4$), триметоприм-сульфаметоксазолу ($n = 2$), а также чувствительны к ампициллин-сульбактаму ($n = 4$), амоксициллин-клавулановой кислоте ($n = 4$), гентамицину ($n = 4$) (рис. 2).

Результаты нашего исследования совпадают с результатами многих отечественных и зарубежных авторов.

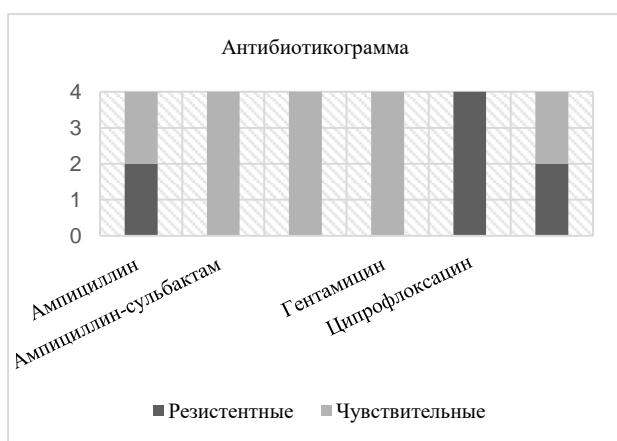
Таблица 1. Результаты определения МПК антибактериальных препаратов в отношении *Escherichia coli*
Table 1. Results of determining the minimum inhibitory concentration of antibacterial drugs against *Escherichia coli*

Название антибактериального препарата	Концентрация препарата (мг/л) (Панель IST Card DL-96E) (Zhuhai DL Biotech China)	Пороговые значения МПК (мг/л) EUCAST 15.0		МПК (мг/л)	
		S≤	R>	<i>E.coli</i> 1 (n = 2)	<i>E. coli</i> 2 (n = 2)
Пенициллины					
Ампициллин (AMP)	8	8	8	8	>8
Ампициллин-сульбактам (AMS)	8/4; 4/4	8	8	4/4	4/4
Амоксициллин-клавулановая кислота (AMC)	32/2; 16/2; 8/2	8	8	8/2	8/2
Аминогликозиды					
Гентамицин (GEN)	4; 2; 1	2	2	1	1
Фторхинолоны					
Ципрофлоксацин (CIP)	1; 0,5; 0,25; 0,06; 0,016	0,25	0,5	>1	>1
Различные вещества					
Триметоприм-сульфаметоксазол (SXT)	4/76; 2/38; 0,5/9,5	2	4	2/38	>4/76

Таблица 2. Профили чувствительности *Escherichia coli* к антибактериальным препаратам
Table 2. Sensitivity profiles of *Escherichia coli* to antibacterial drugs

Название антибактериального препарата	Ампициллин	Ампициллин-сульбактам	Амоксициллин-клавулановая кислота	Гентамицин	Ципрофлоксацин	Триметоприм-сульфаметоксазол
<i>E. coli</i> 1 (n = 2)	S	S	S	S	R	S
<i>E. coli</i> 2 (n = 2)	R	S	S	S	R	R

Примечание: R – резистентный, S – чувствительный.

**Рис. 2.** Антибиотограмма *Escherichia coli* (n = 4)
Fig. 2. Antibiogram of *Escherichia coli* (n = 4)

Среди выделенных нами изолятов *Escherichia coli* наблюдается внутривидовая вариабельность профиля резистентности. При этом выявлены изоляты (n = 2), обладающие устойчивостью к трем классам антибактериальных препаратов: пенициллинам (ампициллин), фторхинолонам (ципрофлоксацин), сульфаниламидам (триметоприм-сульфаметоксазол). Это сопоставимо с результатами авторов (A. Moradi и др.) в Иране (2025 г.), где множественная лекарственная устойчивость установлена у 45,86 % изолятов *Escherichia coli* [9],

что подтверждает тенденцию к росту полирезистентных штаммов.

В ходе наших исследований обнаружено, что резистентность к триметоприму-сульфаметоксазолу и ампициллину наблюдается в 50 % случаев выделения. Схожие данные представлены у авторов (A. E. Rana и др.) в Бангладеше (2022 г.), где устойчивость *Escherichia coli* к триметоприму-сульфаметоксазолу установлена в 61,76 %, к ампициллину – в 58,82 % случаев выделения [10]. Эти данные подтверждают низкую эффективность данного препарата при терапии мастита крупного рогатого скота.

Нами установлено, что у изолятов *Escherichia coli* сохранена чувствительность к ампициллину-сульбактаму и амоксициллину-клавулановой кислоте. Подобные данные приводятся авторами (A. Guaita и др.) (2025 г.) в Италии, где у данного патогена наблюдалась устойчивость к амоксициллину-клавулановой кислоте в 0 % [6]. В исследовании авторов (H. A. Безбородова и др.) (2025 г.) в Свердловской области резистентность *Escherichia coli* к β-лактамам была установлена в 5 % случаев [1]. Это подтверждает эффективность применения комбинированных препаратов пенициллинов с ингибиторами β-лактамаз.

Нами обнаружено, что резистентность *Escherichia coli* к ципрофлоксацину наблюдается в 100 % исследуемых случаев. Авторы (Z. Maksimović и др.) (2022

г.) указывают, что фторхинолоны (включая ципрофлоксацин) являются критически важными для человека, а также есть риск передачи устойчивости к ним от животных людям, поэтому их нельзя использовать как средство первого выбора терапии животных [8]. Полученные результаты свидетельствуют о нецелесообразности использования ципрофлоксацина для лечения мастита в исследуемом хозяйстве.

В нашем исследовании установлено, что чувствительность *Escherichia coli* к гентамицину наблюдается в 100 % случаев. В исследовании авторов (Л. Б. Бесембаева и др.) (2025 г.) в Казахстане также наблюдалась 100 % чувствительность [2]. Это свидетельствует об эффективности данного антимикробного препарата.

Выводы.

В результате анализа резистентности к антимикробным препаратам бактерий *Escherichia coli*, выделенных при клиническом мастите крупного рогатого скота установлено, что 100 % изолятов (n = 4) устой-

чивы к ципрофлоксацину, что указывает на нецелесообразность назначения данного препарата для терапии. Чувствительность к пенициллинам носила варибельный характер: 50 % изолятов (n = 2) резистентны к ампициллину, при этом 100 % изолятов (n = 4) чувствительны к ампициллину-сульбактаму и амоксициллину-клавулановой кислоте, что свидетельствует об эффективности применения комбинированных пенициллинов с ингибиторами β-лактамаз. Также наблюдалась 50 % (n = 2) чувствительность к триметоприму-сульфаметоксазолу. Чувствительность к гентамицину составила 100 % (n = 4), что означает возможность его применения для терапии инфекционно-го мастита.

Таким образом, необходимо проводить мониторинг профилей чувствительности *Escherichia coli* к антимикробным препаратам для рациональной и своевременной терапии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антибиотикорезистентность бактериальных патогенов, циркулирующих на молочнотоварном предприятии Свердловской области / Н. А. Безбородова, М. Н. Исакова, О. В. Соколова [и др.] // Ветеринария сегодня. – 2025. – № 4. – С. 410-417.
2. Выявление антибиотикорезистентности и способности к биопленкообразованию возбудителей субклинического мастита коров / Л. Б. Бесембаева, Ж. С. Киркимбаева, Д.А. Сарыбаева, А. [и др.] // Ğylym žāne bilim. – 2025. – № 1. – С. 265-276.
3. Макавчик, С. А. Распространение на животноводческих фермах *Escherichia coli*, синтезирующих бета-лактамазы расширенного спектра / С. А. Макавчик, Н. В. Полищук // Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. – 2022. – № 2. – С. 44-48.
4. Плешакова, В. И. Фено-генотипические детерминанты антибиотикорезистентности и вирулентности у бактерий *Escherichia coli*, выделенных из молока коров с субклиническим маститом / В. И. Плешакова, Н. А. Лещева, Т. И. Лоренгель // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. – 2024. – № 5. – С. 96-109.
5. Устойчивость к противомикробным препаратам возбудителей маститов крупного рогатого скота / Г. Н. Фирсов, А.А. Ряднов, Т.А. Ряднова [и др.] // Вестник РУДН. Серия: Агрономия и животноводство. – 2024. – №1. – С. 51-60.
6. Guaita A. Ten-Year Monitoring of Bovine Mastitis-Causing Bacteria in Northern Italy and Evaluation of Antimicrobial Resistance in Raw Milk / A. Guaita, F. Paterlini, A. Posante, M. Boldini, C. Rolfi, P. Daminelli // Microorganisms. – 2025. – №1. DOI: 10.3390/microorganisms14010046
7. Jessberger N. Development of long-term antimicrobial resistance patterns of bovine mastitis pathogens in north-western Germany from 2005 to 2023 / N. Jessberger, T. Büthe, B. Schneider, A. Kirse, L. Kreienbrock, M. Plötz // Veterinary Research Communications. – 2026. – №50. DOI: 10.1007/s11259-026-11142-2
8. Maksimović Z. Antimicrobial Resistance of Cattle Mastitis-Causing Bacteria: How to Treat? / Z. Maksimović, B. Čengić, A. Čutuk, A. Maksimović // Veterinary Medicine and Science. – 2023. DOI: 10.5772/intechopen.112977
9. Moradi A. Trends in Antimicrobial Resistance of Major Mastitis-Causing Pathogens: A Nine-Year Study / A. Moradi, B. Bidarian, F. Mohammadian, F. Akbarian, H. K. Rahmani, N. Tashakkori, B. Khoramian // Veterinary Medicine and Science. – 2023. – №4. DOI:10.1002/vms3.70417
10. Rana E. A. Frequently used therapeutic antimicrobials and their resistance patterns on *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* in mastitis affected lactating cows / E. A. Rana, M. A. Fazal, M. A. Alim // International Journal of Veterinary Science & Medicine. – 2022. – №1. – P. 1-10.

REFERENCES

1. Antibiotikorezistentnost' bakterial'nyh patogenov, cirkuliruyushchih na molochnotovarnom predpriyatii Sverdlovskoj oblasti / N. A. Bezborodova, M. N. Isakova, O. V. Sokolova [i dr.] // Veterinariya segodnya. – 2025. – № 4. – S. 410-417.
2. Vyyavlenie antibiotikorezistentnosti i sposobnosti k bioplenkoobrazovaniyu vozбудitelej subklinicheskogo mastita korov / L. B. Besembaeva, ZH. S. Kirkimbaeva, D.A. Sarybaeva, A. [i dr.] // Ğylym žāne bilim. – 2025. – № 1. – S. 265-276.
3. Makavchik, S. A. Rasprostranenie na zhivotnovodcheskih fermah *Escherichia coli*, sinteziruyushchih beta-laktamazy rasshirennogo spektra / S. A. Makavchik, N. V. Polishchuk // Normativno-pravovoe regulirovanie v veterinarii. – 2022. – № 2. – S. 44-48.

4. Pleshakova, V. I. Fenogentipicheskie determinanty antibiotikorezistentnosti i virulentnosti u bakterij *Escherichia coli*, vydelennyh iz moloka korov s subklinicheskim mastitom / V. I. Pleshakova, N. A. Leshcheva, T. I. Lorengel' // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. – 2024. – № 5. – С. 96-109.
5. Ustojchivost' k protivomikrobnym preparatam vzbuditelej mastitov krupnogo rogatogo skota / G. N. Firsov, A.A. Ryadnov, T.A. Ryadnova [i dr.] // *Vestnik RUDN. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo*. – 2024. – №1. – С. 51-60.
6. Guaita A. Ten-Year Monitoring of Bovine Mastitis-Causing Bacteria in Northern Italy and Evaluation of Antimicrobial Resistance in Raw Milk / A. Guaita, F. Paterlini, A. Posante, M. Boldini, C. Rolfi, P. Daminelli // *Microorganisms*. – 2025. – №1. DOI: 10.3390/microorganisms14010046
7. Jessberger N. Development of long-term antimicrobial resistance patterns of bovine mastitis pathogens in north-western Germany from 2005 to 2023 / N. Jessberger, T. Bütthe, B. Schneider, A. Kirse, L. Kreienbrock, M. Plötz // *Veterinary Research Communications*. – 2026. – №50. DOI: 10.1007/s11259-026-11142-2
8. Maksimović Z. Antimicrobial Resistance of Cattle Mastitis-Causing Bacteria: How to Treat? / Z. Maksimović, B. Čengić, A. Ćutuk, A. Maksimović // *Veterinary Medicine and Science*. – 2023. DOI: 10.5772/intechopen.112977
9. Moradi A. Trends in Antimicrobial Resistance of Major Mastitis-Causing Pathogens: A Nine-Year Study / A. Moradi, B. Bidarian, F. Mohammadian, F. Akbarian, H. K. Rahmani, N. Tashakkori, V. Khoramian // *Veterinary Medicine and Science*. – 2023. – №4. DOI:10.1002/vms3.70417
10. Rana E. A. Frequently used therapeutic antimicrobials and their resistance patterns on *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* in mastitis affected lactating cows / E. A. Rana, M. A. Fazal, M. A. Alim // *International Journal of Veterinary Science & Medicine*. – 2022. – №1. – P. 1-10.

Сведения об авторах

1. **Макавчик Светлана Анатольевна**, доктор ветеринарных наук, доцент, доцент кафедры микробиологии, вирусологии и иммунологии, Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 196084, г. Санкт-Петербург, ул. Черниговская, д. 5, Россия; <https://orcid.org/0000-0001-5435-8321>, e-mail: groza81@mail.ru.

2. **Нашикуке Хайтембу Рауна**, аспирант кафедры микробиологии, вирусологии и иммунологии, Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 196084, г. Санкт-Петербург, ул. Черниговская, д. 5, Россия; e-mail: haitemburauna415@gmail.com.

3. **Жинжикова Александра Андреевна**, студент, Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 196084, г. Санкт-Петербург, ул. Черниговская, д. 5, Россия; e-mail: swonelove@yandex.ru.

Information about the authors

1. **Makavchik Svetlana Anatolyevna**, Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Microbiology, Virology and Immunology, Saint-Petersburg State University of Veterinary Medicine, 196084, St. Petersburg, Chernigov st., 5, Russia; <https://orcid.org/0000-0001-5435-8321>, e-mail: groza81@mail.ru.

2. **Nashikuke Khaytembu Rauna**, graduate student of the Department of Microbiology, Virology and Immunology, Saint-Petersburg State University of Veterinary Medicine, 196084, St. Petersburg, Chernigov st., 5, Russia; e-mail: haitemburauna415@gmail.com.

3. **Zhizhikova Alexandra Andreevna**, student, Saint-Petersburg State University of Veterinary Medicine, 196084, St. Petersburg, Chernigov st., 5, Russia; e-mail: swonelove@yandex.ru.

Вклад авторов

Макавчик С. А. – научное руководство исследованием, определение цели исследования, организация и проведение исследований.

Хайтембу Рауна Нашикуке – анализ результатов исследования, написание статьи.

Жинжикова А. А. – анализ результатов исследования, написание статьи.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

Makavchik S. A. – scientific management of research, defining the research goal, organizing and conducting the research.

Khaytembu Rauna Nashikuke – analyzing the research results, writing the article.

Zhizhikova A. A. – analyzing the research results, writing the article.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 12.05.2026. Одобрена после рецензирования 22.05.2026. Дата опубликования 30.06.2026.

The article was received by the editorial office on 12.04.2026. Approved after review on 22.05.2026. Date of publication: 30.06.2026.