

РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ И ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УЩЕРБ ОТ КОПЫТНОЙ ГНИЛИ ОВЕЦ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И В МИРЕ

А.Р. ГАМАЗКОВ^{1,2}✉, А.А. СТЕКОЛЬНИКОВ¹, Д.С. ЛАПТЕВ²

¹ ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»,
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург;

✉ gpech@fmbamail.ru;

² ФГУП «Научно-исследовательский институт гигиены, профпатологии и экологии человека»
Федерального медико-биологического агентства России,
Российская Федерация, Ленинградская область, г.п. Кузьмоловский

PREVALENCE AND ECONOMIC DAMAGE CAUSED BY SHEEP FOOT ROT IN THE RUSSIAN FEDERATION AND WORLDWIDE

A.R. GAMAZKOV^{1,2}✉, A.A. STEKOLNIKOV¹, D.S. LAPTEV²

¹ Research Institute of Hygiene, Occupational Pathology and Human Ecology
of the Federal Medical Biological Agency of Russia, Russian Federation, Saint Petersburg;

✉ gpech@fmbamail.ru;

² Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education St. Petersburg State University
of Veterinary Medicine, Russian Federation, Leningrad Region, Kuzmolovsky Urban Settlement

Аннотация. В статье проведён обзор и анализ литературных данных о распространении копытной гнили овец в Российской Федерации и ведущих овцеводческих странах мира, а также оценён связанный с заболеванием экономический ущерб. Поиск источников осуществлялся в базах Yandex, ResearchGate, PubMed, eLIBRARY.RU и ScienceDirect. Показано, что копытная гниль остаётся эндемичной инфекцией во многих регионах России. Установлено, что распространённость инфекции существенно зависит от климатических факторов, влажности и плотности содержания животных. Сделан вывод о необходимости адаптации передовых методов контроля копытной гнили для овцеводства Российской Федерации с учётом региональных особенностей.

Ключевые слова: овцеводство, копытная гниль, *Dichelobacter nodosus*, распространённость, экономический ущерб, хромота, профилактика, цифровой мониторинг

Summary. This article reviews and analyzes literature on the prevalence of footrot in sheep in the Russian Federation and leading sheep-breeding countries worldwide, and assesses the economic losses associated with the disease. Sources are searched in Yandex, ResearchGate, PubMed, eLIBRARY.RU, and ScienceDirect. It is shown that footrot remains an endemic infection in many regions of Russia. It has been established that the prevalence of infection depends significantly on climatic factors, primarily humidity and animal density. It concludes that advanced footrot control methods need to be adapted to the sheep industry in the Russian Federation, taking into account regional specifics.

Keywords: sheep farming, footrot, *Dichelobacter nodosus*, prevalence, economic losses, lameness, prevention, digital monitoring

Введение. Овцеводство является стратегически важной отраслью животноводства во многих странах мира, включая Австралию, Новую Зеландию, Индию и Российскую Федерацию. Ключевыми задачами развития агропромышленного комплекса России (АПК) остаются полное обеспечение потребностей внутреннего рынка в продукции овцеводства и повышение экономической эффективности сектора [1]. По данным Росстата на 2024 г. поголовье овец в России составило 17,7 млн голов, что несколько ниже показателя 2023 г. (18,6 млн голов) [9]. Одной из причин сокращения поголовья и снижения продуктивности являются инфекционные болезни конечностей, среди которых ведущее место занимает копытная гниль.

Копытная гниль – хроническая контагиозная болезнь, характеризующаяся воспалением кожи межкопытной щели, гнойно-некротическим отслоением копытного рога и хромотой, приводящей к прогрессирующему истощению животных. Основным этиологическим агентом признана анаэробная бактерия *Dichelobacter nodosus*, часто действующая в синергической ассоциации с *Fusobacterium necrophorum* и *Trueperella pyogenes* [23]. Основным фактором патогенности *Dichelobacter nodosus* является фермент – протеаза, разрушающий кератин (белок копытного рога), что способствует прогрессированию воспаления, гнилоственному распаду и отслоению рогового башмака и приводит к хромоте опирающегося типа [6]. Согласно ряду авторов, хромота служит причиной серьезных экономических потерь в АПК многих стран мира. Экономический ущерб от заболевания складывается из резкого

снижения мясной, молочной и шерстной продуктивности, вынужденного убоя, снижения резистентности к другим болезням и рождения ослабленного молодняка.

Цель работы – обобщение и анализ данных о распространении копытной гнили овец в различных регионах мира и оценка масштабов экономических потерь, связанных с данной патологией.

Материалы и методы. Поиск научно-исследовательских работ отечественных и иностранных авторов осуществлялся с применением следующих ключевых терминов: овцеводство, копытная гниль, *Dichelobacter nodosus*, распространенность, экономический ущерб. Отбор и анализ литературы по заданной тематике проводился с использованием поисковых систем Yandex (<https://yandex.ru/>); а также специализированных платформ: ResearchGate (<https://www.researchgate.net/>), PubMed (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>), eLIBRARY.RU (<http://elibrary.ru/defaultx.asp>), Science Direct (<https://www.sciencedirect.com/>), КиберЛенинка (<https://cyberleninka.ru/?from=>).

Распространенность копытной гнили в Российской Федерации. Исследования отечественных ученых подтверждают широкое распространение копытной гнили на территории России. По данным С.Д. Панасюка, заболеваемость овец в хозяйствах Центральной России варьирует от 3,5% до 52%, в Ставропольском крае – от 3,6% до 38,1% [5]. По мнению К.Р. Ургуева, в Дагестане данная патология чаще наблюдается у овец на высокогорных летних пастбищах. В отдельных отарах поражаются до 90% животных, и эпизоотия болезни может длиться месяцами [8]. А.Н. Кононов отмечает, что болезнь регистрируется во всех агроклиматических зонах Ставрополья, причем наибольший процент неблагополучных отар выявлен в зонах с повышенным количеством осадков: в умеренно-влажной зоне – 60%, в неустойчиво влажной – 47%, в засушливой – 36%, в очень засушливой – 22% [3].

В Ростовской области, по результатам исследований Е.Ю. Финагеева и А.А. Стекольников, хирургическая патология конечностей составляет до 59% от всех незаразных болезней овец, причем 49,5% из них приходится на поражения дистальных отделов конечностей, включая гнойно-некротические процессы, ассоциированные с копытной гнилью [10].

По данным литературных источников, при первичном заносе возбудителя в хозяйство заболеваемость может достигать 50-90% поголовья с последующим переходом в стационарную форму, охватывающую 10-20% стада [2]. Копытная гниль поражает овец всех пород, однако у тонкорунных овец данная патология протекает тяжелее [6].

Распространенность копытной гнили в мире. Копытная гниль остается одной из ключевых проблем мирового овцеводства, носящей эндемический характер во многих странах. В Великобритании, где овцеводство занимает ведущие позиции в сельском

хозяйстве, распространенность патологии превышает 90% в неблагополучных стадах [22]. В Германии и Австрии средний уровень инфицированности *D. nodosus* составил 42,9% и 30,65% соответственно [20]. В то же время в Швеции, характеризующейся более суровым климатом, частота выявления возбудителя среди ягнят составила всего 1,8%. В Швейцарии, основываясь на модели максимальной энтропии, была вычислена распространенность копытной гнили по стране, и она составила 40,2%. В Республике Кыргызстан заболеваемость варьировала в пределах от 8,0% до 86,0% [5].

В Турции копытная гниль была диагностирована у 28,9% обследованных животных [14], в Бразилии поражения копытцев выявлены у 19,05% овец [11]. В Австралии, где овцеводство является ведущей экспортной отраслью, в годы с высокой влажностью тяжелые формы копытной гнили могут поражать более 80% поголовья в отдельных хозяйствах. В Ирландии, по проведенному опросу среди фермеров, распространенность патологии была у 90,2% стад [15]. В Индии, занимающей одно из ведущих стран по численности овец, согласно ряду авторов, заболеваемость копытной гнилью находилась в пределах от 13,69% до 19,71%. Также болезнь регулярно регистрируется в штатах Андхра-Прадеш и Телангана в Индии, вызывая значительные экономические потери в овцеводстве.

Исследователи отмечают, что на распространенность инфекции существенное влияние оказывают климатические факторы (влажность, температура) и плотность содержания животных [6]. Ягнята до 3-6-мес. возраста болеют значительно реже, что подтверждается данными ряда авторов [7].

Экономический ущерб от копытной гнили складывается из следующих показателей: 1). Прямые потери продуктивности: снижение живой массы и привесов, ухудшение качества и количества шерсти, снижение надоев молока, нарушение репродуктивной функции (снижение оплодотворяемости, рождение слабого потомства). 2). Затраты на контроль и лечение: стоимость ветеринарных препаратов (антибиотики, вакцины), трудозатраты на регулярный осмотр, расчистку копыт и лечение, расходы на оборудование и растворы для копытных ванн, а также затраты на профилактические и карантинные мероприятия. 3). Косвенные и дополнительные потери: преждевременная выбраковка животных из-за хронической хромоты, снижение рыночной стоимости племенных и товарных овец, падеж в тяжелых случаях, затраты на утилизацию туш или продуктов убоя, а также общее снижение резистентности стада к другим инфекциям.

По расчетам кафедры организации и экономики ветеринарного дела Казанской ГАВМ, удельная потеря живой массы в расчете на одно больное животное составляет 4,4 кг [4]. В Новом Южном Уэльсе (Австралия) 93% опрошенных фермеров связывают

хромоту с производственными потерями, а 83,7% – с экономическими убытками.

В Великобритании ежегодный экономический ущерб от копытной гнили оценивается в диапазоне от 24 до 80 миллионов фунтов стерлингов (≈32,4-108 млн. \$) [21]. В Австралии мясная и шерстяная промышленность теряет более 44 млн австралийских долларов в год [19]. В Новой Зеландии совокупные отраслевые потери составляют около 11 млн. NZ\$ (≈6,5 млн \$), при этом прямые расходы на лечение достигают 1,67 NZ\$ (≈0,98 \$) на овцу в год, а косвенные потери продуктивности – 1,77 NZ\$ (≈1,04 \$) [17]. В Индии (Центральный Кашмир) общий ущерб от копытной гнили оценен в 15,82 млн рупий (≈167 тыс. \$) ежегодно. В Швейцарии было проведено исследование с помощью цифровой модели, в ходе которого оценивалось несколько стратегий контроля за копытной гнилью. По результатам исследования выявлено, что отсутствие лечения приводит к отрицательному экономическому эффекту, и за 17 лет ущерб оценивается соответственно на уровне 172,3 млн швейцарских франков (≈219,52 млн. \$).

Современные подходы к контролю и цифровые технологии. В большинстве развитых овцеводческих стран реализуются государственные программы по контролю и ликвидации копытной гнили. Наиболее масштабный проект под эгидой Австралийского Центра Международных Сельскохозяйственных Исследований (1993-2022 гг.) позволил ликвидировать злокачественную форму болезни в Непале и Бутане, инвестируя в исследования 1,5 млн австралийских долларов (≈ 1,069 млн \$) [16]. В Норвегии программа ликвидации вирулентной формы копытной гнили потребовала инвестиций в размере около 10,8 млн евро (≈ 12,85 млн \$) на период до 2032 г. [13].

Перспективным направлением является внедрение цифровых технологий в систему ветеринарного мониторинга. Использование систем цифрового мониторинга здоровья (трекинг двигательной активности, времени лежания и стояния), электронных идентификаторов (EID-бирки) и аналитических платформ позволяет выявлять ранние признаки хромоты, вести индивидуальную историю заболеваний и прогнозировать вспышки инфекции. Несмотря на первоначальные инвестиции, данные технологии способствуют существенному снижению затрат на лечение и предотвращению потерь продуктивности [12, 18].

Заключение. Анализ отечественных и зарубежных литературных источников свидетельствует о том, что копытная гниль овец продолжает оставаться широко распространенной инфекционной патологией, наносящей значительный экономический ущерб овцеводству во всем мире. Заболеваемость варьирует от единичных процентов в сухих регионах до 90% в зонах с повышенной влажностью. Экономические потери исчисляются десятками миллионов в национальных валютах ежегодно и складываются

из снижения продуктивности и высоких затрат на лечебно-профилактические мероприятия.

Успешный опыт ряда стран (Австралия, Норвегия) показывает, что системный подход, включающий государственные программы контроля, строгий эпизоотологический надзор и внедрение цифровых технологий, позволяет существенно снизить уровень хромоты и минимизировать экономические потери. Для российского овцеводства актуальным является адаптация передовых методов мониторинга и контроля копытной гнили с учетом региональных климатических особенностей и структуры хозяйств.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликтов интересов. Финансирование работы отсутствовало.

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare that they have no conflicts of interest. There was no funding for this work.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Войтюк М.М., Мачнева О.П. Современное состояние овцеводства в России • *Эффективное животноводство*, 2021. № 4 (170). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennoe-sostoyanie-ovtsevodstva-v-rossii>.
2. Voityuk M.M., Machneva O.P. The current state of sheep breeding in Russia • *Efficient animal husbandry*, 2021. № 4 (170). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennoe-sostoyanie-ovtsevodstva-v-rossii>.
3. Кононов А.Н. К вопросу совершенствования мер борьбы с копытной гнилью овец • *Сельскохозяйственный журнал*, 2007. № 3-3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-sovershenstvovaniya-mer-borby-s-kopytnoy-gnilyu-ovets>.
4. Kononov A.N. On the issue of improving measures to combat hoof rot in sheep • *Agricultural Journal*, 2007. № 3 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-sovershenstvovaniya-mer-borby-s-kopytnoy-gnilyu-ovets>.
5. Кононов А.Н. Эффективность системы противоэпизоотических мероприятий при копытной гнили овец: дис. ... д-ра вет. наук: 16.00.03, 16.00.02 • *Ставрополь*, 2004. 273 с.
6. Kononov A.N. Effectiveness of the system of antiepidemic measures in case of hoof rot in sheep: dis. ... Doctor of Vet. sciences: 16.00.03, 16.00.02 • *Stavropol*, 2004. 273 p.
7. 4. Методика определения экономической эффективности ветеринарных мероприятий: утв. Департаментом ветеринарии Минсельхозпрода РФ 21.02.1997. • *Москва*, 1997. 23 с.
8. Methodology for determining the economic effectiveness of veterinary measures: approved by Department of Veterinary Medicine of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation 02/21/1997 • *Moscow*, 1997. 23 p.
9. 5. Панасюк С.Д. Особенности эпизоотологии некробактериоза крупного рогатого скота, некробактериоза и копытной гнили овец в различных зонах Российской Федерации и Республики Киргизия: дис. ... д-ра вет. наук • *М.*, 2004. 430 с.

- Panasyuk S.D. Features of epizootology of necrobacteriosis of cattle, necrobacteriosis and hoof rot of sheep in various zones of the Russian Federation and the Republic of Kyrgyzstan: dis. ... Doctor of Vet. sciences • *Moscow*, 2004 430 p.
6. Сидорчук А.А., Квасников В.А., Макаров В.В. и др. Инфекционные болезни животных: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 36.05.01 «Ветеринария» (Под ред. А.А. Сидорчука; 2-е изд.) • *Москва: ИНФРА-М*, 2016. 952 с. ISBN 978-5-16-010419-5. ISBN 978-5-16-102397-6.
- Sidorchuk A.A., Kvasnikov V.A., Makarov V.V. et al. Infectious diseases of animals: a textbook for students of higher educational institutions studying in the specialty 36.05.01 "Veterinary medicine" (Edited by A.A. Sidorchuk; 2nd ed.) • *Moscow: INFRA-M*, 2016. 952 p. ISBN 978-5-16-010419-5. ISBN 978-5-16-102397-6.
7. Сукеев Ш., Масалски Н. Возрастная восприимчивость овец к копытной гнили • *Ветеринария*, 1980. № 5. С. 45-47.
- Sukeev Sh., Masalski N. Age-related susceptibility of sheep to hoof rot • *Veterinary medicine*, 1980. No. 5. Pp. 45-47.
8. Ургуев К.Р., Атаев А.М. Болезни овец • *Махачкала: Республиканская газетно-журнальная типография Министерства национальной политики, делам религии и внешних связей*, 2004. 335 с. EDN: ZRZYAN.
- Urguev K.R., Ataev A.M. Diseases of sheep • *Makhachkala: Republican State Journal Policy, Business Policy and External Relations*, 2004. 335 p. EDN: ZRZYAN.
9. Федеральная служба государственной статистики. Поголовье скота в Российской Федерации: статистический бюллетень • *Росстат, Москва*, 2024. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/11110>.
- Federal State Statistics Service. Livestock numbers in the Russian Federation: statistical bulletin • *Rosstat, Moscow*, 2024. – URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/11110>.
10. Финагеев Е.Ю., Стекольников А.А. Хирургическая патология у овец в хозяйствах Ростовской области • *Международный вестник ветеринарии*, 2021. № 3. С. 223-226. DOI: 10.17238/issn2072-2419.2021.3.223.
- Finageev E.Yu., Stekolnikov A.A. Surgical pathology in sheep in farms of the Rostov region • *International Bulletin of Veterinary Medicine*, 2021. No. 3. Pp. 223-226. DOI: 10.17238/issn2072-2419.2021.3.223.
11. Aguiar G.M.N., Simões S.V.D., Silva T.R. et al. Footrot and other foot diseases of goat and sheep in the semiarid region of northeastern Brazil • *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 2011. Vol. 31. № 10. Pp. 879-884.
- Ahmedi A., Jacobian G., Amini Harandi A., Ansari Mahabadi A. Digital and Precision Welfare Monitoring: A Systematic Review of Emerging Technologies for Sustainable Animal Welfare • *Proceedings of the 4th International Online Conference on Animals* • *Basel: MDPI*, 2026. 17-19 March.
13. Asheim L.J., Hopp P., Grøneng G.M. et al. A financial cost-benefit analysis of eradicating virulent footrot • *Preventive Veterinary Medicine*, 2017. Vol. 146. P. 86-93. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2017.07.017.
14. Başa A., Canpolat İ., Yerlikaya Z. Prevalence of observed footrot in sheep under field condition • *Turkish Journal of Agriculture: Food Science and Technology*, 2020. Vol. 8. № 3. Pp. 653-657.
15. Delaney J.W., Kelly E.T., Angell J.W., Campion F.P. Ovine lameness in Ireland: a survey-based investigation of farmer reported prevalence, recognition, and treatment of lameness conditions • *Ir Vet J.*, 2025. Nov 11;78(1):29. Doi: 10.1186/s13620-025-00313-3. PMID: 41219903; PMCID: PMC12607030.
16. Egerton J.R., Ghimire S.C., Dhungyel O.P. et al. Eradication of virulent footrot from sheep and goats in an endemic area of Nepal and an evaluation of specific vaccination • *Veterinary Record*, 2002. Vol. 151. № 10. Pp. 290-295. DOI: 10.1136/vr.151.10.290. PMID: 12243270.
17. Hickford J.G.H., Davies S., Zhou H., Gudex B.W. A survey of the control and financial impact of footrot in the New Zealand Merino industry • *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 2005. Vol. 65. Pp. 186-190.
18. Kaler J., Mitsch J., Vázquez-Diosdado J.A. et al. Automated detection of lameness in sheep using machine learning approaches: novel insights into behavioural differences among lame and non-lame sheep • *Royal Society Open Science*, 2020. Vol. 7. № 1. P. 190824. DOI: 10.1098/rsos.190824. PMID: 32218931. PMCID: PMC7029909.
19. Lane J., Jubb T., Shephard R. et al. Priority list of endemic diseases for the red meat industries: Final Report B. AHE.0010 • *Meat & Livestock Australia*, 2015.
20. Meißl A., Duenser M., Eller C. et al. Prevalence of *Dichelobacter nodosus* in western Austrian sheep flocks: Comparison of bacterial cultures, clinical foot rot and lameness with PCR and analysis of sample pooling for PCR diagnosis • *Schweizer Archiv für Tierheilkunde*, 2024. Vol. 166. № 7. Pp. 368-378. DOI: 10.17236/sat00427. PMID: 38975649.
21. Nieuwhof G.J., Bishop S.C. Costs of the major endemic diseases of sheep in Great Britain and the potential benefits of reduction in disease impact • *Animal Science*, 2005. Vol. 81. Pp. 23-29. DOI: 10.1079/ASC41010023.
22. Prosser N.S., Monaghan E.M., Green L.E. et al. Sero-groups of *Dichelobacter nodosus*, the cause of footrot in sheep, are randomly distributed across England • *Scientific Reports*, 2020. Vol. 10. P. 16823. DOI: 10.1038/s41598-020-73750-5.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Александр Романович Гамазков, аспирант, мл. науч. сотрудник лаборатории № 64 «НИИ ГПЭЧ» ФМБА России; Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-исследовательский институт гигиены, профпатологии и экологии человека» Федерального медико-биологического агентства России. Российская Федерация, 188663, Ленинградская область, Всеволожский район, г.п. Кузьмолковский, ул. Заводская, зд. 6/2, корп. 93; тел.: +7 (812) 449-61-77, +7 (812) 606-62-80; e-mail: gpech@fmbamail.ru;

Анатолий Александрович Стекольников, доктор вет. наук, профессор, академик РАН; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины». Российская Федерация, 196084, Санкт-Петербург, ул. Черниговская, д. 5; тел.: +7 (812) 388-99-72, +7 (812) 388-50-19; e-mail: decanat-fvm@spbguv.m.ru;

Денис Сергеевич Лаптев, канд. биол. наук, зав. лабораторией № 64 «НИИ ГПЭЧ» ФМБА России; Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-исследовательский институт гигиены, профпатологии и экологии человека» Федерального медико-биологического агентства России. Российская Федерация, 188663, Ленинградская область, Всеволожский район, г.п. Кузьмолловский, ул. Заводская, зд. 6/2, корп. 93; тел.: +7 (812) 449-61-77, +7 (812) 606-62-80; e-mail: gpech@fmbamail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Aleksandr R. Gamazkov, postgraduate student, junior researcher at Laboratory No. 64 of the Research Institute of Hygiene, Occupational Pathology and Human Ecology of the Federal Medical and Biological Agency of Russia; Federal State Unitary Enterprise "Research Institute of Hygiene, Occupational Pathology and Human Ecology" of the Federal Medical and Biological Agency of Russia. Russian Federation, 188663, Leningrad Region, Vsevolozhsk District, Kuzmolovsky Urban Settlement, Zavodskaya Street, Bldg. 6/2, Bldg. 93; tel.: +7 (812) 449-61-77, +7 (812) 606-62-80; e-mail: gpech@fmbamail.ru;

Anatoly A. Stekolnikov, Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences; Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine". Russian Federation, 196084, St. Petersburg, Chernigovskaya St., Bldg. 5; tel.: +7 (812) 388-99-72, +7 (812) 388-50-19; e-mail: decanat-fvm@spbguv.ru;

Denis S. Laptev, PhD in Biology, Head of Laboratory No. 64, Research Institute of Hygiene, Occupational Pathology, and Human Ecology, Federal Medical and Biological Agency of Russia; Federal State Unitary Enterprise "Research Institute of Hygiene, Occupational Pathology, and Human Ecology" of the Federal Medical and Biological Agency of Russia. Russian Federation, 188663, Leningrad Region, Vsevolozhsk District, Kuzmolovsky Urban Settlement, Zavodskaya St., Bldg. 6/2, Bldg. 93; tel.: +7 (812) 449-61-77, +7 (812) 606-62-80; e-mail: gpech@fmbamail.ru.

Поступила в редакцию / Received 08.05.2026

Поступила после рецензирования / Revised 16.05.2026

Принята к публикации / Accepted 25.05.2026