



<https://doi.org/10.29326/2304-196X-2026-15-1-38-45>
УДК 619:579.869.1:637:615.331.015.8



Идентификация серотипов и анализ антибиотикорезистентности изолятов *Listeria monocytogenes*, выделенных из продукции животного происхождения за период с 2021 по 2024 г.

О. А. Акулич, Н. Б. Шадрова, Г. С. Денисова

ФГБУ «Федеральный центр охраны здоровья животных» (ФГБУ «ВНИИЗЖ»), ул. Гвардейская, 6, мкр. Юрьевец, г. Владимир, 600901, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. *Listeria monocytogenes* – патогенный микроорганизм, вызывающий большое количество летальных исходов вследствие потребления контаминированной продукции животного происхождения. Этим обусловлена актуальность мониторинга распространения возбудителя листериоза в сырье, продукции животного происхождения и объектах окружающей среды, а также антибиотикорезистентности изолятов.

Цель исследования. Идентификация серотипов и анализ антибиотикорезистентности изолятов *Listeria monocytogenes*, выделенных из продукции животного происхождения за период с 2021 по 2024 г.

Материалы и методы. Работа была выполнена на базе отдела микробиологических исследований Владимирской испытательной лаборатории ФГБУ «ВНИИЗЖ». Изоляты бактерий рода *Listeria* идентифицировали с использованием метода времяпролетной масс-спектрометрии. Определение антибиотикорезистентности изолятов, относящихся к виду *Listeria monocytogenes*, проводили диско-диффузионным методом. Значения зон задержки роста интерпретировали согласно российским рекомендациям «Определение чувствительности микроорганизмов к antimикробным препаратам» (МАКМАХ, версия 2025-01). Серологические группы листерий были идентифицированы с использованием метода полимеразной цепной реакции в режиме реального времени с применением праймеров производства НПК «Синтол» (Россия).

Результаты. В статье представлены результаты исследований антибиотикорезистентности 77 изолятов *Listeria monocytogenes*, выявленных в продукции животного происхождения в 2021–2024 гг., а также их дифференциации по серогруппам. Чаще всего *Listeria monocytogenes* определяли в продукции из мяса птицы. Выявленные изоляты имели максимальную резистентность к цефуроксиму, сульфаметоксазолу/триметоприму, норфлоксацину, рифампицину, левофлоксацину и канамицину. При этом большинство изолятов проявило устойчивость более чем к одному antimикробному препарату. В рамках исследования установлена принадлежность изолятов *Listeria monocytogenes* к следующим серогруппам: IIa (серотипы 1/2a, 3a) – 92,2%; IIc (серотипы 1/2c, 3c) – 5,2%; IVb (серотипы 4b, 4d, 4e) – 2,6%.

Заключение. Показано распространение устойчивости, в том числе множественной, среди изолятов *Listeria monocytogenes*, выявленных в продукции животного происхождения в 2021–2024 гг. В результате проведенного исследования было определено присутствие листерий, относящихся к группе IVb (серотипы 4b, 4d, 4e). Однако доминирующая часть изолятов рода *Listeria monocytogenes* была классифицирована как группа IIa (серотипы 1/2a, 3a).

Ключевые слова: *Listeria monocytogenes*, антибиотикорезистентность, серотип, чувствительность к antimикробным препаратам, полимеразная цепная реакция в режиме реального времени

Благодарности: Работа выполнена за счет средств ФГБУ «ВНИИЗЖ» в рамках тематики научно-исследовательских работ «Ветеринарное благополучие».

Для цитирования: Акулич О. А., Шадрова Н. Б., Денисова Г. С. Идентификация серотипов и анализ антибиотикорезистентности изолятов *Listeria monocytogenes*, выделенных из продукции животного происхождения за период с 2021 по 2024 г. *Ветеринария сегодня*. 2026; 15 (1): 38–45. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2026-15-1-38-45>

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для корреспонденции: Акулич Ольга Андреевна, аспирант ФГБУ «ВНИИЗЖ», ул. Гвардейская, 6, мкр. Юрьевец, г. Владимир, 600901, Россия, akulich.olgand@yandex.ru

Serotype identification and antibiotic resistance analysis of *Listeria monocytogenes* isolates recovered from animal products in 2021–2024

Olga A. Akulich, Natalya B. Shadrova, Galina S. Denisova

Federal Centre for Animal Health, ul. Gvardeyskaya, 6, Yur'evets, Vladimir 600901, Russia

ABSTRACT

Introduction. *Listeria monocytogenes* is a pathogenic microorganism that causes a large number of deaths due to the consumption of contaminated animal products. This underpins the relevance of monitoring the spread of the listeriosis agent in raw materials, animal products, and environmental objects, as well as the antibiotic resistance of isolates.

Objective. Serotype identification and antibiotic resistance analysis of *Listeria monocytogenes* isolates recovered from animal products in 2021–2024.

Materials and methods. The work was performed at the Microbiology Unit of the Vladimir Testing Laboratory, the Federal Centre for Animal Health. *Listeria* genus bacteria isolates were identified using time-of-flight mass spectrometry. Antibiotic resistance of isolates belonging to the species *Listeria monocytogenes* was determined by the disk diffusion method. The values of the growth retardation zones were interpreted according to the Russian recommendations "Determination of the sensitivity

© Акулич О. А., Шадрова Н. Б., Денисова Г. С., 2026

of microorganisms to antimicrobial drugs" (IACMAC, version 2025-01). *Listeria* serological groups were identified using real-time polymerase chain reaction (qPCR) with primers manufactured by Syntol (Russia).

Results. The article presents the results of antibiotic resistance testing of 77 *Listeria monocytogenes* isolates detected in animal products in 2021–2024, as well as their differentiation by serogroups. *Listeria monocytogenes* was most frequently detected in poultry products. The detected isolates showed maximum resistance to cefuroxime, sulfamethoxazole/trimethoprim, norfloxacin, rifampicin, levofloxacin, and kanamycin. Moreover, most isolates exhibited resistance to more than one antimicrobial medicinal product. The study established the belonging of the *Listeria monocytogenes* isolates to the following serogroups: IIa (serotypes 1/2a, 3a) – 92.2%; IIc (serotypes 1/2c, 3c) – 5.2%; IVb (serotypes 4b, 4d, 4e) – 2.6%.

Conclusion. The spread of resistance, including multidrug resistance, among *Listeria monocytogenes* isolates detected in animal products in 2021–2024 was demonstrated. The study identified the presence of *Listeria* belonging to group IVb (serotypes 4b, 4d, 4e). However, the dominant part of *Listeria monocytogenes* isolates was classified as group IIa (serotypes 1/2a, 3a).

Keywords: *Listeria monocytogenes*, antibiotic resistance, serotype, antimicrobial susceptibility, real-time polymerase chain reaction

Acknowledgements: The study was funded by the Federal Centre for Animal Health within the research topic "Veterinary Welfare".

For citation: Akulich O. A., Shadrova N. B., Denisova G. S. Serotype identification and antibiotic resistance analysis of *Listeria monocytogenes* isolates recovered from animal products in 2021–2024. *Veterinary Science Today*. 2026; 15 (1): 38–45. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2026-15-1-38-45>

Conflict of interests: The authors declare no conflict of interests.

For correspondence: Olga A. Akulich, Postgraduate Student, Federal Centre for Animal Health, ul. Gvardeyskaya, 6, Yur'evets, Vladimir 600901, Russia, akulich.olgand@yandex.ru

ВВЕДЕНИЕ

Listeria monocytogenes – это грамположительная подвижная факультативно анаэробная палочка, не образующая спор и капсул и вызывающая листериоз – смертельно опасное заболевание, проявляющееся в числе прочего поражением центральной нервной системы и менингоэнцефалитом. В группе высокого риска находятся дети, в первую очередь новорожденные, беременные женщины (вероятность гибели плода) и пожилые люди. У здоровых людей *L. monocytogenes* вызывает легкие симптомы. Для людей с иммунодефицитом и хроническими заболеваниями листериоз представляет серьезную угрозу, поскольку может привести к сепсису и другим осложнениям [1, 2, 3, 4].

Данный микроорганизм широко распространен в наземных и водных экосистемах, передаваясь животным и человеку как напрямую, так и косвенно через употребление контаминированных продуктов питания или воды. В основном заражение *L. monocytogenes* осуществляется алиментарным путем, при этом листериоз, по данным Всемирной организации здравоохранения, является одним из наиболее тяжелых заболеваний пищевого происхождения, имея самые высокие показатели летальности среди пищевых инфекций (свыше 20%) [5, 6, 7].

Бактерии *L. monocytogenes* могут адаптироваться к различным условиям: выживать при температуре ниже 7 °С, при низких значениях pH и высоких концентрациях солей. Кроме того, листерии способны образовывать биопленки, что позволяет им не только сохраняться в условиях производства пищевой продукции, но и накапливаться, даже если изначально их концентрация была невелика. В число продуктов животного происхождения высокого риска контаминации *L. monocytogenes* входят мясные полуфабрикаты и готовые к употреблению мясные продукты, в том числе в вакууме, молочная продукция, включая мягкие сыры, и рыбная продукция холодного копчения. Особый риск представляют охлажденные готовые к употреблению продукты [8, 9, 10].

Заболевание регистрируют более чем в 65 странах мира на всех континентах. Количество зафиксированных случаев в год составляет 0,1–10,0 на 1 млн человек, в зависимости от страны [9, 11].

В странах Европейского союза и Европейской экономической зоны (ЕС/ЕЭЗ) в 2023 г. сообщалось о 2993 подтвержденных случаях (0,67 случая на 100 000 населения), что является самым высоким годовым показателем с 2007 г. Пик заболеваемости приходится на летние месяцы, при этом количество случаев ежегодно растет, показывая

статистически значимый рост и тенденцию к увеличению [12, 13].

Анализ эпидемиологии листериоза демонстрирует, что большинство спорадических случаев и все крупные эпидемические вспышки ассоциируются с изолятами возбудителя, принадлежащими к первым двум филогенетическим линиям, обозначенным как I и II. Всего в рамках вида *L. monocytogenes* выделяют четыре филогенетические линии, различающиеся по генетическим и фенотипическим характеристикам.

Традиционно различают пять серогрупп: I (серотипы 1/2a и 3a; при этом 3a редко вызывает клинические проявления); II (серотипы 1/2b, 3b и 7); III (серотипы 1/2c, 3c; при этом 3c – крайне редкая форма); IV (серотипы 4b, 4d и 4e; при этом роль 4e в развитии заболеваний незначительна); V (серотипы 4ab, 4a, 4c, которые практически не вызывают клинических признаков).

Серотипы листерий, классифицируемые на основании вариаций соматических (O) и жгутиковых (H) антигенов, демонстрируют существенные различия в своем эпидемическом потенциале и патогенности. Эти различия обусловлены неоднородностью антигенного строения, что позволяет серотипам адаптироваться к различным условиям окружающей среды и взаимодействовать с иммунной системой хозяина [3, 5, 6, 14, 15].

На основе молекулярного типирования *L. monocytogenes* подразделяют на следующие серогруппы: IIa (серотипы 1/2a и 3a), IIb (серотипы 1/2b, 3b), IIc (серотипы 1/2c, 3c и 7) и IVb (серотипы 4b, 4d и 4e) [12, 16].

Листериоз у людей чаще всего вызывает серотипы 1/2a, 1/2b и 4b, которые составляют более 90% выявляемых изолятов. При этом серотип 4b ассоциируется с большинством крупных вспышек листериоза, что позволяет сделать вывод о его высокой опасности. Вместе с тем подавляющая часть изолятов, принадлежащая к серотипам 1/2, широко распространена в пищевой продукции и экологических нишах обитания листерий. В частности, серотип 1/2a наиболее часто выявляют в продуктах питания [6, 17, 18, 19].

В Российской Федерации число случаев листериоза и процент летальных исходов также ежегодно растет (отмечается увеличение тяжелых и среднетяжелых форм заболевания), несмотря на тот факт, что в целом листериоз регистрируется на уровне единичных случаев [2, 10].

Так, согласно государственному докладу Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, в 2021 г. в РФ заболеваемость

Таблица
Праймеры для молекулярной идентификации и дифференциации изолятов
***L. monocytogenes* по серогруппам**

Table
Primers for the molecular identification and differentiation of *L. monocytogenes*
isolates by serogroups

Серогруппы	Гены	Последовательность (5'–3')
4b, 4d, 4e	ORF0799F	5'-GCTGGGTTTCTTACGA-3'
	ORF0799R	5'-CAACCGTTCATTAGCTCAT-3'
	ORF0799P	FAM-TCTGCTGTTCAAGTATTGGAGTGGGA-BHQ1
1/2a, 1/2c, 3a, 3c	Lmo0737F	5'-GCGGATGTGATTGATTAC-3'
	Lmo0737R	5'-AAACTGCACTAAGCTTGAAT-3'
	Lmo0737P	ROX-TGCTCCAGGATCAAGACACGGTA-BHQ2
1/2c, 3c	Lmo1118F	5'-CTTAGTATCCAGGATTAAGACC-3'
	Lmo1118R	5'-CCAAAGAACCAAATTGATCGAATC-3'
	Lmo1118P	FAM-CCTTATCTCTCTGAGTGATACGCCCTC-RTQ1

листериозом составила 45 случаев¹; в 2022 г. – 81 случай, из них 14 с летальным исходом², в 2023 г. – 100 случаев, из них 18 с летальным исходом³, в 2024 г. – 208 случаев, из которых 49 закончились летальным исходом⁴. Основное число заболевших регистрируют ежегодно в крупных городах (в Москве и Санкт-Петербурге), при этом выраженных сезонных колебаний заболевания не установлено [1].

Высокий уровень летальности при листериозе требует своевременного начала лечения, а именно применения антибиотиков. Что касается восприимчивости к антимикробным препаратам, *L. monocytogenes*, несмотря на широкое распространение в окружающей среде, в целом демонстрирует относительно низкие показатели резистентности, однако последние исследования свидетельствуют о приобретении устойчивости к антибиотикам штаммов листерий, в том числе выделенных из пищевой продукции [3, 16, 20, 21, 22].

Вместе с тем антибиотикорезистентность в настоящее время рассматривается как одна из основных угроз глобальному здравоохранению, для борьбы с которой объединились Всемирная организация здравоохранения, Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций, Программа Организации Объединенных Наций по окружающей среде и Всемирная организация здравоохранения животных в рамках концепции «Единое здоровье» [23, 24, 25].

С целью борьбы с устойчивостью к антимикробным препаратам в РФ в 2017 г. была утверждена Стратегия предупреждения распространения антимикробной резистентности в Российской Федерации на период до 2030 года⁵. Кроме того, в 2024 г. был утвержден План мероприятий на 2025–2030 гг. по реализации указанной стратегии⁶, определивший нормативно-правовое регулирование, информирование населения, системный мониторинг и прочее.

Таким образом, актуальность работы обусловлена

важностью мониторинга распространения *L. monocytogenes* путем исследования пищевой продукции с целью отслеживания эпидемиологических путей распространения возбудителя, в том числе обладающего резистентностью, предотвращения его передачи человеку и возникновения вспышек листериоза.

Новизна работы представлена результатами исследования образцов животноводческой продукции из трех регионов Центральной России (Владимирская, Костромская и Ивановская области) с последующим выделением изолятов *L. monocytogenes*, типированием с помощью полимеразной цепной реакции в режиме реального времени (ПЦР-РВ), определением устойчивости к антибактериальным препаратам и оценкой динамики антибиотикорезистентности.

Цель работы – идентификация серотипов и анализ антибиотикорезистентности изолятов *L. monocytogenes*, выделенных из продукции животного происхождения в период с 2021 по 2024 г.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работу проводили в отделе микробиологических исследований Владимирской испытательной лаборатории ФГБУ «ВНИИЗЖ», были проанализированы 77 изолятов *L. monocytogenes*, выявленных в продукции животного происхождения в 2021–2024 гг.

Реактивы и питательные среды: бульон Фрейзера для первичного обогащения (Merck KGaA, Германия), бульон Фрейзера для вторичного обогащения (Merck KGaA, Германия), агар Агости – Оттавиани (Merck KGaA, Германия), агар Оксфорд (Merck KGaA, Германия), триптон-соевый агар (ФБУН «Государственный научный центр прикладной микробиологии и биотехнологии», Россия), агар Мюллера – Хинтона (ФБУН «Государственный научный центр прикладной микробиологии и биотехнологии», Россия).

Микробиологический анализ проводили по ГОСТ 32031-2022 «Продукты пищевые. Методы выявления бактерий *Listeria monocytogenes* и других видов *Listeria* (*Listeria* spp.)»⁷.

Навеску продукта (25 г) вносили в стерильный пакет с 225 см³ бульона Фрейзера для первичного обогащения, гомогенизировали 1 мин и инкубировали при температуре (30 ± 1) °C в течение (25 ± 1) ч. Материал после первичного обогащения (0,1 см³) помещали в 10 см³ бульона Фрейзера и инкубировали при температуре (37 ± 1) °C в течение (24 ± 2) ч.

После инкубации образцы пересеивали с помощью бактериологической петли параллельно на поверхность двух плотных селективных сред (агар Агости – Оттавиани, агар Оксфорд) и культивировали при температуре (37 ± 1) °C в течение 24–48 ч, контролируя наличие роста характерных для бактерий рода *Listeria* колоний.

Колонии с ростом, характерным для бактерий рода *Listeria*, пересеивали на поверхность триптон-соевого агара с дрожжевым экстрактом для получения изолированных колоний и инкубировали при температуре (37 ± 1) °C в течение (24 ± 3) ч.

Вместе с тем осуществляли ускоренную идентификацию выделенных микроорганизмов с помощью время-пролетной масс-спектрометрии (Autof MS1000, Autobio Diagnostics Co., Ltd, Китай), а также путем определения подвижности культур, окраски по Граму и проверки каталазной активности.

Определение антибиотикорезистентности. Тестирование чувствительности к антимикробным препаратам изолятов *L. monocytogenes* проводилось диско-диффузионным методом согласно методическим указаниям МУК 04-4.2.1890 «Определение чувствительности

¹ https://www.rosпотреbnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=21796

² https://www.rosпотреbnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=25076

³ https://www.rosпотреbnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=27779

⁴ https://www.rosпотреbnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=30171

⁵ <http://static.government.ru/media/files/onJ3GY3ObDGqLDvRED7AhplF3yWRFpp.pdf>

⁶ <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/409448585/?ysclid=mhymueuaxf332408554>

⁷ <https://docs.cntd.ru/document/1200193714?ysclid=mhyosx40nk732110910>

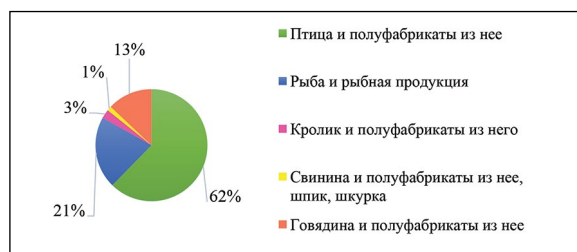


Рис. 1. Распределение частоты выявления изолятов *L. monocytogenes* в образцах продукции животного происхождения в 2021–2024 гг.

Fig. 1. Distribution frequency of *L. monocytogenes* isolates detected in animal product samples in 2021–2024

микрорганизмов к антибактериальным препаратам»⁸.

Антибиотики (бумажные диски производства ФБУН «Санкт-Петербургский НИИ эпидемиологии и микробиологии имени Пастера, Россия): азитромицин 15 мкг, амикацин 30 мкг, амоксициллин 20 мкг, ампициллин/сульбактам 10 мкг, бензилпенициллин 10 ЕД/6 мкг, ванкомицин 30 мкг, доксициклин 30 мкг, имипенем 10 мкг, канамицин 30 мкг, левофлоксацин 5 мкг, меропенем 10 мкг, норфлоксацин 10 мкг, рифампицин 5 мкг, сульфаметоксазол/триметоприм 23,75/1,25 мкг, стрептомицин 10 мкг, тетрациклин 30 мкг, хлорамфеникол/левомицетин 30 мкг, цефазолин 30 мкг, цефуроксим 30 мкг, эритромицин 15 мкг.

Выбор антибактериальных препаратов был обусловлен тем, что при терапии для животных, а также при лечении листериоза у человека используют пенициллины (ампициллин, бензилпенициллин, пенициллин, амоксициллин) часто в сочетании с аминогликозидами (гентамицин, стрептомицин). Альтернативными антибиотиками (препараты второй линии лечения) могут выступать: сульфаметоксазол/триметоприм, макролиды (эритромицин), фторхинолоны (левофлоксацин), тетрациклины (тетрациклин, доксициклин), карбапенемы (меропенем, имипенем), рифампицин и ванкомицин. Таким образом, обнаружение устойчивости к указанным препаратам может ограничить возможности лечения, особенно для пациентов, имеющих аллергические реакции на ряд антимикробных препаратов [5, 16, 21, 22, 26].

Для оценки антибиотикорезистентности применяли бактериальную суспензию с оптической плотностью 0,5 по стандарту МакФарланда, приготовленную из суточной культуры изолятов *L. monocytogenes*, выросшей на агаре Мюллера – Хинтона.

Плотность суспензии измеряли с помощью денситометра (VITEK® bioMérieux модель Densichek, Франция), затем инокулировали ее в стерильные чашки Петри на подсушенную поверхность триптон-соевого агара с помощью стерильного хлопкового тампона штриховыми движениями без промежутков. После аппликации дисков с антибиотиками (4 диска на 1 чашку Петри) чашки Петри инкубировали при 37 °С в течение (18 ± 2) ч. Зоны задержки роста микроорганизмов вокруг дисков измеряли с точностью до 1 мм.

Оценку результатов осуществляли с помощью российских рекомендаций «Определение чувствительности микроорганизмов к антимикробным препаратам» (МАКМАХ, версия 2025-01), подготовленных на основе рекомендаций Европейского комитета по определению чувствительности к антимикробным препаратам (EUCAST) [27, 28].

Поскольку рекомендации EUCAST не предусматривают критериев интерпретации антибиотикорезистентности для *L. monocytogenes* по всему перечню используемых в данном



Рис. 2. Антибиотикорезистентность изолятов *L. monocytogenes*, выявленных в продукции животного происхождения в 2021–2024 гг.

Fig. 2. Antibiotic resistance of *L. monocytogenes* isolates detected in animal products in 2021–2024

исследовании антимикробных препаратов, пограничные значения зон задержки роста для большинства антибиотиков были основаны на данных для *Staphylococcus* spp. Для анализа чувствительности листерий к ванкомицину и стрептомицину были использованы значения для *Enterococcus* spp. [5, 16, 29, 30].

ПЦР-РВ. Для выделения ДНК в работе использовали комплект реагентов «РИБО-преп» (ФБУН ЦНИИ Эпидемиологии Роспотребнадзора, Россия) согласно инструкции производителя.

Серологические группы *L. monocytogenes* были иденти-

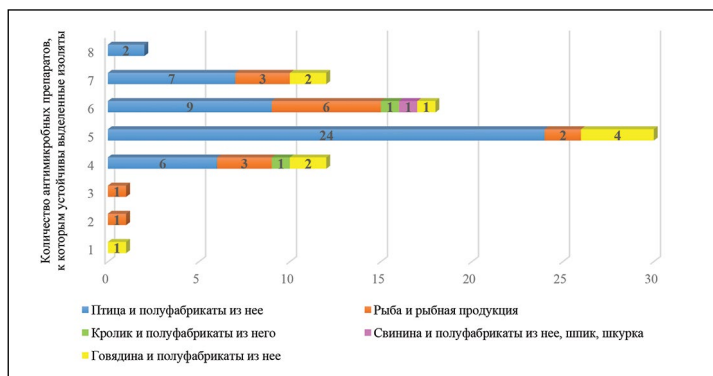


Рис. 3. Изоляты *L. monocytogenes*, выявленные в образцах животноводческой продукции в 2021–2024 гг., со множественной антибиотикорезистентностью

Fig. 3. *L. monocytogenes* isolates with multidrug resistance detected in samples of animal products in 2021–2024

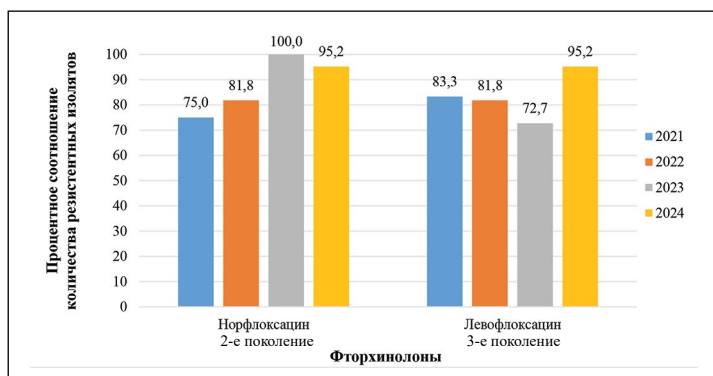


Рис. 4. Резистентность изолятов *L. monocytogenes* к фторхинолонам

Fig. 4. Resistance of *L. monocytogenes* isolates to fluoroquinolones

⁸ <https://docs.cntd.ru/document/1200038583?ysclid=mhycpum520443253115>

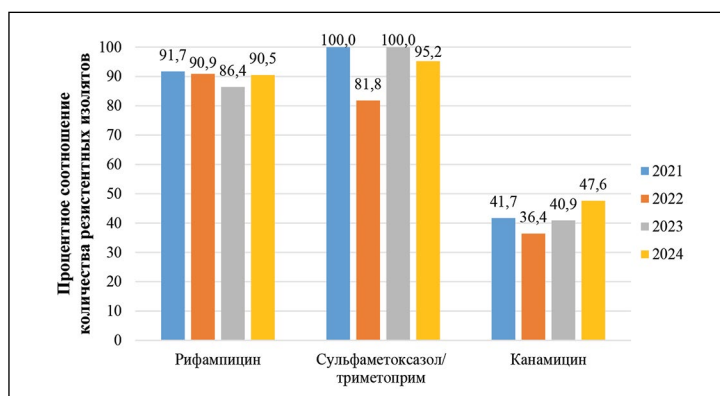


Рис. 5. Резистентность изолятов *L. monocytogenes* к сульфаметоксазолу/триметоприму, рифампицину и канамицину

Fig. 5. Resistance of *L. monocytogenes* isolates to sulfamethoxazole/trimethoprim, rifampicin, and kanamycin

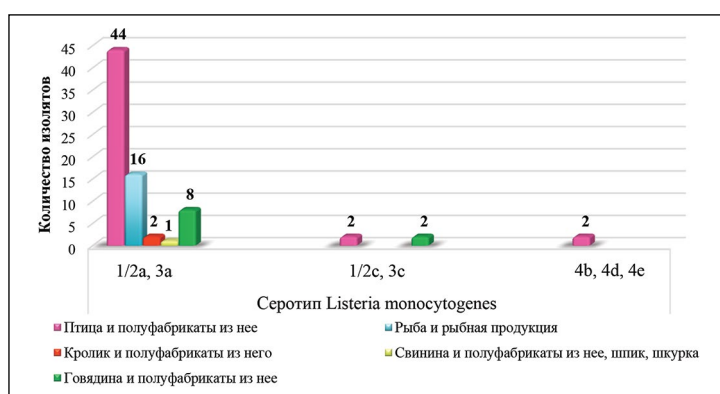


Рис. 6. Определение серотипов *L. monocytogenes* в образцах продукции животного происхождения методом ПЦР-РВ

Fig. 6. Determination of *L. monocytogenes* serotypes in animal product samples by qPCR

фицированы согласно методическим рекомендациям по дифференциации генома бактерии серогрупп (1/2a, 3a), (1/2c, 3c) и (4b, 4d, 4e) в продукции животного происхождения с помощью ПЦР-РВ, разработанным в ФГБУ «ВНИИЗЖ».

Серогруппу IIa (серотипы 1/2a и 3a) идентифицировали амплификацией фрагмента гена *lmo0737*; гены *lmo0737* и *lmo1118* позволяли идентифицировать серогруппу IIc (серотипы 1/2c, 3c); серогруппу IVb (серотипы 4b, 4d и 4e) определяли амплификацией гена *ORF0799*. Праймеры были изготовлены по заказу НПК «Синтол» (Россия).

В качестве положительных контролей использовали следующие штаммы:

- серотип 1/2a (ПКО1) – ДНК *L. monocytogenes* № 15 (ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», ФГБНУ ФИЦВиМ, Россия);
- серотип 1/2c (ПКО2) – ДНК *L. monocytogenes* 5348 № 20 (ФГБНУ ФИЦВиМ);
- серотип 3a (ПКО3) – ДНК *L. monocytogenes* № 39 (ФГБНУ ФИЦВиМ);
- серотип 3c (ПКО4) – ДНК *L. monocytogenes* № 46 (ФГБНУ ФИЦВиМ);
- серотип 4b (ПКО5) – ДНК *L. monocytogenes* ATCC 19115 (ФБНУ «Государственный научный центр прикладной микробиологии и биотехнологии», Россия);
- серотип 4d (ПКО6) – ДНК *L. monocytogenes* 10888 № 72 (ФГБНУ ФИЦВиМ);
- серотип 4e (ПКО7) – ДНК *L. monocytogenes* 19118 № 75 (ФГБНУ ФИЦВиМ).

Нуклеотидные последовательности праймеров и зонда для

дифференциации участков генома *L. monocytogenes* серогрупп (1/2a, 3a), (1/2c, 3c) и (4b, 4d, 4e) представлены в таблице [14, 19].

При приготовлении реакционной смеси использовали следующие объемы компонентов в расчете на одну пробу: 10x ПЦР буфер Б – 2,5 мкл; dNTP 2,5 mM – 2,5 мкл; MgCl₂ 25 mM – 2,5 мкл; смесь праймеров и зонда (10 пкмоль/мкл каждого) – по 0,5 мкл; SynTaq ДНК-полимераза 5 E/мкл – 0,2 мкл; ddH₂O – 11,8 мкл (набор реагентов для проведения ПЦР-РВ производства НПК «Синтол», Россия).

ПЦР-РВ проводили в термоциклере (модуль CFX, C1000 Touch, Bio-Rad Laboratories, Inc., США) в объеме 25 мкл, содержащем 20 мкл смеси и 5 мкл ДНК изолятов *L. monocytogenes*.

Протокол включал в себя прогрев реакционной смеси при 94 °C в течение 3 мин, 40 циклов с денатурацией при 94 °C в течение 20 с, отжигом при 58 °C 30 с и элонгацией при 72 °C 25 с, а затем завершение реакции при 72 °C в течение 10 мин.

Статистическую обработку результатов исследования осуществляли с помощью программы Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе исследований образцов продукции животного происхождения за период с 2021 по 2024 г. было обнаружено 77 изолятов *L. monocytogenes* (12 изолятов в 2021 г., 22 изолята в 2022 г., 22 изолята в 2023 г., 21 изолят в 2024 г.).

На рисунке 1 представлена графическая интерпретация распределения частоты выявления изолятов бактерии *L. monocytogenes* в продукции животного происхождения. Чаще всего патоген обнаруживали в мясе птицы – 48 изолятов листерий, что составило значительную долю (62%) от общего количества идентифицированных изолятов. Рыба и рыбная продукция, а также говядина и мясные полуфабрикаты из нее также представляли собой значимый источник контаминации *L. monocytogenes* (16 изолятов – 21% и 10 изолятов – 13% соответственно).

Как показывают данные Европейского агентства по безопасности продуктов питания (EFSA), вспышки пищевых инфекций, вызванных *L. monocytogenes*, в Европе были обусловлены в основном контаминацией продуктов питания из этих же категорий: мясо бройлеров, говядина, свинина и продукты из них; рыба и рыбные продукты, а также сыры [7].

В рамках данной работы был проведен анализ устойчивости изолятов *L. monocytogenes* к 20 лекарственным препаратам. Результаты представлены на рисунке 2.

Исследования продемонстрировали высокий уровень устойчивости изолятов *L. monocytogenes* к ряду антибактериальных препаратов. Так, максимальная частота резистентности наблюдалась к цефуроксиму (100,0%), сульфаметоксазолу/триметоприму (93,5%), норфлоксацину (89,6%), рифампицину (89,6%), левофлоксацину (83,1%), канамицину (41,6%). Вместе с тем все изоляты *L. monocytogenes* оказались чувствительны к ампициллину/сульбактаму, бензилпенициллину, азитромицину, амикацину, ванкомицину и меропенему.

Полученные данные коррелируют с исследованиями других авторов, которые показывают чувствительность изолятов *L. monocytogenes* к ампициллину, бензилпенициллину, ванкомицину и резистентность к рифампицину, сульфаметоксазолу/триметоприму, канамицину, норфлоксацину и эритромицину [4, 5, 22, 31]. Кроме того, Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека в рамках государственного доклада за 2024 г. предоставила информацию о резистентности штаммов *L. monocytogenes*, выделенных из пищевой продукции, к сульфаметоксазолу/триметоприму⁹.

Наши данные и иные результаты, представленные

⁹ <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/409448585/?ysclid=hnymceuxaf332408554>

отдельными авторами, подчеркивают важность мониторинга чувствительности *L. monocytogenes* ввиду роста резистентности к ряду противомикробных препаратов, в том числе к тетрациклину и эритромицину [3]. В рамках проведенной нами работы определено 3,9% изолятов, резистентных к тетрациклину, и 11,7% – к эритромицину.

Наряду с этим ряд исследователей отмечает факт разнообразия генетических профилей *L. monocytogenes*, обуславливающих вариативность чувствительности к антимикробным препаратам [16].

В ходе проведенных испытаний выявлено, что 98,7% изолятов *L. monocytogenes* были резистентны более чем к одному антибиотику. Изолятов, устойчивых ко всем исследуемым антимикробным препаратам, не обнаружено.

Результаты экспериментов других авторов подтверждают не только факт резистентности *L. monocytogenes*, выделяемых из пищевой продукции, как минимум к одному антибиотику, но и показывают увеличение числа штаммов со множественной устойчивостью, представляющей серьезную проблему для современной медицины [5, 16, 32].

Вместе с тем, как показано на рисунке 3, резистентность к пяти антимикробным препаратам определена у 30 изолятов (38,9%), к шести – у 18 изолятов (23,4%), к четырем – у 12 изолятов (15,6%).

Также в рамках работы было выявлено 2 изолята *L. monocytogenes*, имеющих устойчивость к восьми антибиотикам (2,6%), и 12 изолятов, обладающих резистентностью к семи антибиотикам (15,6%).

Почти половина выделенных изолятов *L. monocytogenes* (46,8%) были устойчивы к трем классам антибиотиков (цефалоспорины, сульфаниламиды, фторхинолоны) и рифампицину. Чаще всего изоляты со множественной резистентностью обнаруживались в продукции из мяса птицы.

Впервые о появлении штаммов, невосприимчивых к действию фторхинолонов, сообщалось в начале 1990-х гг., однако до середины 2000-х гг. множественная лекарственная устойчивость среди *L. monocytogenes* встречалась редко [5].

Рисунок 4 демонстрирует рост числа изолятов *L. monocytogenes*, резистентных к ряду антимикробных препаратов в рамках одного класса (фторхинолоны), в период с 2021 по 2024 г. Так, в 2024 г. устойчивость изолятов к левофлоксацину (фторхинолон 3-го поколения) по сравнению с 2021 г. увеличилась на 11,9%. Аналогичные результаты наблюдали и в отношении норфлоксацина (фторхинолон 2-го поколения) – рост резистентности за четыре года на 20,2%.

Устойчивость к канамицину (аминогликозид 1-го поколения) в период с 2021 по 2024 г. увеличилась на 5,9%. Отмечен высокий уровень (от 81,8 до 100,0%) резистентности к сульфаметоксазолу/триметоприму и рифампицину (рис. 5).

На следующем этапе работы были идентифицированы серологические группы *L. monocytogenes*. Значительная доля выявленных в продукции изолятов бактерии данного вида, согласно результатам исследований других авторов, принадлежит к серогруппе IIa, в особенности к серотипу 1/2a, который демонстрирует более высокую адаптивность и устойчивость к дезинфицирующим средствам или другим факторам окружающей среды [3, 6, 16, 32, 33]. Вместе с тем, по данным отчета Европейского центра профилактики и контроля заболеваний (ECDC European Surveillance System, TESSy), в 2023 г. наиболее распространенной серогруппой была IVb (47,8%), за ней следовали IIa (41,7%), IIb (9,0%) и IIc (1,6%) [12].

Определение серотипов листерий традиционными серологическими методами требует значительного времени, малоспецифично, кроме того, оно не распространено в РФ из-за отсутствия специфических сывороток. Для установления серогрупп *L. monocytogenes* ряд авторов рекомендует применять ПЦР-РВ [15, 17].

В ходе нашего исследования методом ПЦР-РВ с исполь-

зованием трех пар праймеров при серологической идентификации 77 изолятов *L. monocytogenes* было установлено, что 71 изолят (92,2%) принадлежал к серотипам 1/2a, 3a и относился к серогруппе IIa; 4 изолята (5,2%) – к серотипам 1/2c, 3c и серогруппе IIc; 2 изолята (2,6%) – к серотипам 4b, 4d, 4e и серогруппе IVb (рис. 6). Изолят самого опасного серотипа *L. monocytogenes* 4b был выявлен в мясе птицы, что может представлять потенциальную эпидемиологическую опасность.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках работы было выделено 77 изолятов *L. monocytogenes*, при этом установлено, что мясо птицы являлось основным источником контаминации листериями, на долю которого приходится 62% от общего числа выявленных изолятов.

Были получены данные, свидетельствующие о растущей резистентности изолятов листерий, включая множественную резистентность.

Изоляты *L. monocytogenes* имели максимальную устойчивость к цефуроксиму (100,0%), сульфаметоксазолу/триметоприму (93,5%), норфлоксацину (89,6%), рифампицину (89,6%), левофлоксацину (83,1%), канамицину (41,6%). При этом все изоляты были чувствительны к азитромицину, амикацину, ампициллину/сульбактаму, бензилпенициллину, ванкомицину и меропенему.

Подавляющее большинство изолятов *L. monocytogenes* (98,7%) продемонстрировали устойчивость более чем к одному антибиотику. Так, к пяти антимикробным препаратам обладали резистентностью 30 изолятов (38,9%), к шести – 18 изолятов (23,4%), к четырем – 12 изолятов (15,6%). Также определены 2 изолята (2,6%), имеющие устойчивость к восьми антибиотикам, и 12 изолятов (15,6%) – к семи антибактериальным препаратам.

При анализе полученных данных в период с 2021 по 2024 г. среди изолятов *L. monocytogenes* был зафиксирован рост резистентности к препаратам из группы фторхинолонов: к норфлоксацину (2-е поколение фторхинолонов) – на 20,2%, к левофлоксацину (3-е поколение фторхинолонов) – на 11,9%. Также за исследуемый период наблюдалось увеличение устойчивости изолятов *L. monocytogenes* к канамицину на 5,9%. Резистентность к сульфаметоксазолу/триметоприму и рифампицину оставалась на уровне 81,8–100,0%.

Методом ПЦР-РВ установлено, что 92,2% исследуемых изолятов *L. monocytogenes* относятся к серогруппе (1/2a, 3a). В мясе птицы были выявлены изоляты серогруппы IVb, к которой принадлежит самый эпидемиологически опасный серотип листерий 4b.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Ковалев В. А., Филатов Н. Н., Алешина Е. Н., Симонова Е. Г. Заболеваемость листериозом в Российской Федерации. *Наука молодых (Eruditio Juvenium)*. 2019; 7 (4): 509–517. <https://doi.org/10.23888/HMJ201974509-517>
- Честнова Т. В., Малютина Т. К., Гусакова Д. Р., Зайцева Е. Д. Динамика эпидемического процесса при листериозе в России и мире (обзор литературы). *Вестник новых медицинских технологий*. 2024; (6): 101–110. <https://doi.org/10.24412/2075-4094-2024-6-2-1>
- Михайлова Ю. В., Молчанов А. Д., Шеленков А. А., Тюменцева М. А., Карбышев К. С., Тюменцев А. И. и др. Гетерогенность антибиотикорезистентных изолятов *Listeria monocytogenes*, выделенных из пищевой продукции в Москве. *Эпидемиология и вакцинопрофилактика*. 2023; 22 (6): 108–123. <https://doi.org/10.31631/2073-3046-2023-22-6-108-123>
- Шастин П. Н., Якимова Э. А., Супова А. В., Савинов В. А., Ежова Е. Г., Хабарова А. В., Лаишевцев А. И. Антибиотикорезистентность и фагочувствительность листериозных патогенов. *Аграрная наука*. 2024; (3): 50–56. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-380-3-50-56>
- Ермолаева С. А., Карпова Т. И., Андриянов П. А., Журилов П. А., Воронина О. Л., Рыжова Н. Н. и др. Распространение антимикробной устойчивости среди клинических и пищевых изолятов *Listeria monocytogenes*, выделенных в Москве в 2019–2021 гг. *Клиническая микробиология*

- и антимикробная химиотерапия. 2022; 24 (2): 156–164. <https://doi.org/10.36488/смас.2022.2.156-164>
6. Асташкин Е. И., Алексеева Е. А., Борзенков В. Н., Кисличкина А. А., Мухина Т. Н., Платонов М. Е. и др. Молекулярно-генетическая характеристика полирезистентных штаммов *Listeria monocytogenes* и идентификация новых сиквенс-типов. *Молекулярная генетика, микробиология и вирусология*. 2021; 39 (4): 3–13. <https://doi.org/10.17116/molgen2021390413>
7. EFSA (European Food Safety Authority). Story map on *Listeria monocytogenes*. 2024. <https://storymaps.arcgis.com/stories/629e6627e6c64111bfd5b9257473c74a>
8. Churchill K. J., Sargeant J. M., Farber J. M., O'Connor A. M. Prevalence of *Listeria monocytogenes* in select ready-to-eat foods – deli meat, soft cheese, and packaged salad: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Food Protection*. 2019; 82 (2): 344–357. <https://doi.org/10.4315/0362-028x.jfp-18-158>
9. World Health Organization. Listeriosis. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/listeriosis>
10. Воронина О. Л., Кунда М. С., Рыжова Н. Н., Кутузова А. В., Аксенова Е. И., Карпова Т. И. и др. Листерия: генотипирование как ключ к выявлению возможного источника заражения. *Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия*. 2019; 21 (4): 261–273. <https://doi.org/10.36488/смас.2019.4.261-273>
11. Тюкавкина С. Ю., Котиева И. М., Додохова М. А., Гречина Д. А., Бабиев С. А., Харсеева Г. Г. Патогенез и клинические формы листериоза человека. *Южно-Российский журнал терапевтической практики*. 2024; 5 (1): 99–111. <https://doi.org/10.21886/2712-8156-2024-5-1-99-111>
12. European Centre for Disease Prevention and Control. Listeriosis. In: ECDC. *Annual Epidemiological Report for 2023*. Stockholm: ECDC; 2025. https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/LIST_AER_2023_Report.pdf
13. European Food Safety Authority (EFSA), European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC). The European Union One Health 2023 Zoonoses report. *EFSA Journal*. 2024; 22 (12):e9106. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2024.9106>
14. Vitullo M., Grant K. A., Sammarco M. L., Tamburro M., Ripabelli G., Amar C. F. L. Real-time PCRs assay for serogrouping *Listeria monocytogenes* and differentiation from other *Listeria* spp. *Molecular and Cellular Probes*. 2013; 27 (1): 68–70. <https://doi.org/10.1016/j.mcp.2012.10.001>
15. Alía A., Andrade M. J., Córdoba J. J., Martín I., Rodríguez A. Development of a multiplex real-time PCR to differentiate the four major *Listeria monocytogenes* serotypes in isolates from meat processing plants. *Food Microbiology*. 2020; 87:103367. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2019.103367>
16. Tsitsos A., Peratikos P., Damianos A., Kyritsi M. A., Arsenos G., Hadjichristodoulou C., et al. Prevalence, molecular characterization, antibiotic resistance, and investigation of transmission pathways of *Listeria monocytogenes* strains isolated along the beef production chain. *Food Microbiology*. 2025; 129:104745. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2025.104745>
17. Хаптанова Н. М., Андреевская Н. М., Лукьянова С. В., Коновалова Ж. А., Гефан Н. Г., Остяк А. С., Токмакова Е. Г. Особенности серологической диагностики листериоза (обзор литературы). *Acta Biomedica Scientifica*. 2019; 4 (1): 43–49. <https://doi.org/10.29413/ABS.2019-4.1.7>
18. Buchanan R. L., Gorris L. G. M., Hayman M. M., Jackson T. C., Whiting R. C. A review of *Listeria monocytogenes*: An update on outbreaks, virulence, dose-response, ecology, and risk assessments. *Food Control*. 2017; 75: 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.12.016>
19. Pan Y., Breidt F. Jr., Kathariou S. Competition of *Listeria monocytogenes* serotype 1/2a and 4b strains in mixed-culture biofilms. *Applied and Environmental Microbiology*. 2009; 75 (18): 5846–5852. <https://doi.org/10.1128/AEM.00816-09>
20. Olaimat A. N., Al-Holy M. A., Shahbaz H. M., Al-Nabulsi A. A., Abu Ghoush M. H., Osaili T. M., et al. Emergence of antibiotic resistance in *Listeria monocytogenes* isolated from food products: A comprehensive review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2018; 17 (5): 1277–1292. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12387>
21. Radoshevich L., Cossart P. *Listeria monocytogenes*: towards a complete picture of its physiology and pathogenesis. *Nature Reviews Microbiology*. 2018; 16 (1): 32–46. <https://doi.org/10.1038/nrmicro.2017.126>
22. Baquero F., Lanza V. F., Duval M., Coque T. M. Ecogenetics of antibiotic resistance in *Listeria monocytogenes*. *Molecular Microbiology*. 2020; 113 (3): 570–579. <https://doi.org/10.1111/mmi.14454>
23. World Health Organization. Ten threats to global health in 2019. <https://www.who.int/news-room/spotlight/ten-threats-to-global-health-in-2019>
24. World Health Organization. World health statistics 2024: monitoring health for the SDGs, Sustainable Development Goals. Geneva: WHO; 2024. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/376869/9789240094703-eng.pdf>
25. Tarín-Pelló A., Suay-García B., Pérez-Gracia M.-T. Antibiotic resistant bacteria: current situation and treatment options to accelerate the development of a new antimicrobial arsenal. *Expert Review of Anti-Infective Therapy*. 2022; 20 (8): 1095–1108. <https://doi.org/10.1080/14787210.2022.2078308>
26. Koopmans M. M., Brouwer M. C., Vázquez-Boland J. A., van de Beek D. Human listeriosis. *Clinical Microbiology Reviews*. 2022; 36 (1):e00060-19. <https://doi.org/10.1128/cmr.00060-19>
27. Определение чувствительности микроорганизмов к антимикробным препаратам: российские рекомендации. Версия 2025-01. Смоленск: CFMU; МАКМАХ; 2025. 208 с. <https://www.antibiotic.ru/library/осмп2025>
28. European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing. Routine and extended internal quality control for MIC determination and disk diffusion as recommended by EUCAST. Version 15.0, valid from 2025-01-01. https://www.eucast.org/fileadmin/src/media/PDFs/EUCAST_files/QC/v_15.0_EUCAST_QC_tables_routine_and_extended_QC.pdf
29. Angelidis A. S., Grammenou A. S., Kotzamanidis C., Giadinis N. D., Zdragas A. G., Sergelidis D. Prevalence, serotypes, antimicrobial resistance and biofilm-forming ability of *Listeria monocytogenes* isolated from bulk-tank bovine milk in Northern Greece. *Pathogens*. 2023; 12 (6):837. <https://doi.org/10.3390/pathogens12060837>
30. Kawacka I., Pietrzak B., Schmidt M., Olejnik-Schmidt A. *Listeria monocytogenes* isolates from meat products and processing environment in Poland are sensitive to commonly used antibiotics, with rare cases of reduced sensitivity to ciprofloxacin. *Life*. 2023; 13 (3):821. <https://doi.org/10.3390/life13030821>
31. Capita R., Felices-Mercado A., García-Fernández C., Alonso-Calleja C. Characterization of *Listeria monocytogenes* originating from the Spanish meat-processing chain. *Foods*. 2019; 8 (11):542. <https://doi.org/10.3390/foods8110542>
32. Papatzimos G., Kotzamanidis C., Kyritsi M., Malissiova E., Economou V., Giantzi V., et al. Prevalence and characteristics of *Listeria monocytogenes* in meat, meat products, food handlers and the environment of the meat processing and the retail facilities of a company in Northern Greece. *Letters in Applied Microbiology*. 2022; 74 (3): 367–376. <https://doi.org/10.1111/lam.13620>
33. Ayaz N. D., Onaran B., Cufaoglu G., Goncuoglu M., Ormanci F. S., Erol I. Prevalence and characterization of *Listeria monocytogenes* isolated from beef and sheep carcasses in Turkey with characterization of locally isolated listeriophages as a control measure. *Journal of Food Protection*. 2018; 81 (12): 2045–2053. <https://doi.org/10.4315/0362-028x.jfp-18-310>

REFERENCES

1. Kovalev V. A., Filatov N. N., Aleshina E. N., Simonova E. G. Sickness of listeriosis in Russian Federation. *Science of the Young (Eruditio Juvenium)*. 2019; 7 (4): 509–517. <https://doi.org/10.23888/HMJ201974509-517>
2. Chestnova T. V., Malyutina T. K., Guskova D. R., Zaytseva E. D. Dynamics of the epidemic process at listeriosis in Russia and the world (literature review). *Journal of New Medical Technologies*. 2024; (6): 101–110. <https://doi.org/10.24412/2075-4094-2024-6-2-1> (in Russ.)
3. Mikhailova Yu. V., Molchanov A. D., Shelentov A. A., Tyumentseva M. A., Karbyshev K. S., Tyumentsev A. I., et al. Heterogeneity of antibiotic-resistant isolates of *Listeria monocytogenes* isolated from food products in Moscow. *Epidemiology and Vaccinal Prevention*. 2023; 22 (6): 108–123. <https://doi.org/10.31631/2073-3046-2023-22-6-108-123> (in Russ.)
4. Shastin P. N., Yakimova E. A., Supova A. V., Savinov V. A., Ezhova E. G., Khabarova A. V., Laishevtsev A. I. Antibiotic resistance and phage sensitivity of topical listeriosis pathogens. *Agrarian science*. 2024; (3): 50–56. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-380-3-50-56> (in Russ.)
5. Ermolaeva S. A., Karpova T. I., Andriyanov P. A., Zhurilov P. A., Voronina O. L., Ryzhova N. N., et al. Distribution of antimicrobial resistance among clinical and food *Listeria monocytogenes* isolated in Moscow in 2019–2021. *Clinical Microbiology and Antimicrobial Chemotherapy*. 2022; 24 (2): 156–164. <https://doi.org/10.36488/смас.2022.2.156-164> (in Russ.)
6. Astashkin E. I., Alekseeva E. A., Borzenkov V. N., Kislichkina A. A., Mukhina T. N., Platonov M. E., et al. Molecular genetic characteristics of poly-resistant *Listeria monocytogenes* strains and identification of new sequence types. *Molecular Genetics, Microbiology and Virology*. 2021; 36 (4): 159–169. <https://doi.org/10.3103/S0891416821040029>
7. EFSA (European Food Safety Authority). Story map on *Listeria monocytogenes*. 2024. <https://storymaps.arcgis.com/stories/629e6627e6c64111bfd5b9257473c74a>
8. Churchill K. J., Sargeant J. M., Farber J. M., O'Connor A. M. Prevalence of *Listeria monocytogenes* in select ready-to-eat foods – deli meat, soft cheese, and packaged salad: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Food Protection*. 2019; 82 (2): 344–357. <https://doi.org/10.4315/0362-028x.jfp-18-158>
9. World Health Organization. Listeriosis. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/listeriosis>
10. Voronina O. L., Kunda M. S., Ryzhova N. N., Kutzova A. V., Aksенова Е. И., Карпова Т. И. et al. Listeriosis: genotyping as a key for identification a possible

source of infection. *Clinical Microbiology and Antimicrobial Chemotherapy*. 2019; 21 (4): 261–273. <https://doi.org/10.36488/cmhc.2019.4.261-273> (in Russ.)

11. Tyukavkina S. Yu., Kotieva I. M., Dodokhova M. A., Grechina D. A., Babiev S. A., Kharseeva G. G. Pathogenesis and clinical forms of human listeriosis. *South Russian Journal of Therapeutic Practice*. 2024; 5 (1): 99–111. <https://doi.org/10.21886/2712-8156-2024-5-1-99-111> (in Russ.)

12. European Centre for Disease Prevention and Control. Listeriosis. In: *ECDC. Annual Epidemiological Report for 2023*. Stockholm: ECDC; 2025. https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/LIST_AER_2023_Report.pdf

13. European Food Safety Authority (EFSA), European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC). The European Union One Health 2023 Zoonoses report. *EFSA Journal*. 2024; 22 (12):e9106. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2024.9106>

14. Vitullo M., Grant K. A., Sammarco M. L., Tamburro M., Ripabelli G., Amar C. F. L. Real-time PCRs assay for serogrouping *Listeria monocytogenes* and differentiation from other *Listeria* spp. *Molecular and Cellular Probes*. 2013; 27 (1): 68–70. <https://doi.org/10.1016/j.mcp.2012.10.001>

15. Alia A., Andrade M. J., Córdoba J. J., Martín I., Rodríguez A. Development of a multiplex real-time PCR to differentiate the four major *Listeria monocytogenes* serotypes in isolates from meat processing plants. *Food Microbiology*. 2020; 87:103367. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2019.103367>

16. Tsitsos A., Peratikos P., Damianos A., Kyritsi M. A., Arsenos G., Hadjichristodoulou C., et al. Prevalence, molecular characterization, antibiotic resistance, and investigation of transmission pathways of *Listeria monocytogenes* strains isolated along the beef production chain. *Food Microbiology*. 2025; 129:104745. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2025.104745>

17. Khaptanova N. M., Andreevskaya N. M., Lukyanova S. V., Konovalova Zh. A., Gefan N. G., Ostyak A. S., Tokmakova E. G. Aspects of serological diagnostics of listeriosis (literature review). *Acta Biomedica Scientifica*. 2019; 4 (1): 43–49. <https://doi.org/10.29413/ABS.2019-4.1.7> (in Russ.)

18. Buchanan R. L., Gorris L. G. M., Hayman M. M., Jackson T. C., Whiting R. C. A review of *Listeria monocytogenes*: An update on outbreaks, virulence, dose-response, ecology, and risk assessments. *Food Control*. 2017; 75: 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.12.016>

19. Pan Y., Breidt F. Jr., Kathariou S. Competition of *Listeria monocytogenes* serotype 1/2a and 4b strains in mixed-culture biofilms. *Applied and Environmental Microbiology*. 2009; 75 (18): 5846–5852. <https://doi.org/10.1128/AEM.00816-09>

20. Olaimat A. N., Al-Holy M. A., Shahbaz H. M., Al-Nabulsi A. A., Abu Ghoush M. H., Osaili T. M., et al. Emergence of antibiotic resistance in *Listeria monocytogenes* isolated from food products: A comprehensive review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2018; 17 (5): 1277–1292. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12387>

21. Radoshevich L., Cossart P. *Listeria monocytogenes*: towards a complete picture of its physiology and pathogenesis. *Nature Reviews Microbiology*. 2018; 16 (1): 32–46. <https://doi.org/10.1038/nrmicro.2017.126>

22. Vaquero F., Lanza V. F., Duval M., Coque T. M. Ecogenetics of antibiotic resistance in *Listeria monocytogenes*. *Molecular Microbiology*. 2020; 113 (3): 570–579. <https://doi.org/10.1111/mmi.14454>

23. World Health Organization. Ten threats to global health in 2019. <https://www.who.int/news-room/spotlight/ten-threats-to-global-health-in-2019>

24. World Health Organization. World health statistics 2024: monitoring health for the SDGs, Sustainable Development Goals. Geneva: WHO; 2024. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/376869/9789240094703-eng.pdf>

25. Tarín-Pelló A., Suay-García B., Pérez-García M.-T. Antibiotic resistant bacteria: current situation and treatment options to accelerate the development of a new antimicrobial arsenal. *Expert Review of Anti-Infective Therapy*. 2022; 20 (8): 1095–1108. <https://doi.org/10.1080/14787210.2022.2078308>

26. Koopmans M. M., Brouwer M. C., Vázquez-Boland J. A., van de Beek D. Human listeriosis. *Clinical Microbiology Reviews*. 2022; 36 (1):e00060-19. <https://doi.org/10.1128/cmr.00060-19>

27. Determination of the sensitivity of microorganisms to antimicrobial drugs: Russian recommendations. Version 2025-01. Smolensk: Smolensk State Medical University; Interregional Association for Clinical Microbiology and Antimicrobial Chemotherapy; 2025. 208 p. <https://www.antibiotic.ru/library/ocmap2025> (in Russ.)

28. European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing. Routine and extended internal quality control for MIC determination and disk diffusion as recommended by EUCAST. Version 15.0, valid from 2025-01-01. https://www.eucast.org/fileadmin/src/media/PDFs/EUCAST_files/QC/v_15_0_EUCAST_QC_tables_routine_and_extended_QC.pdf

29. Angelidis A. S., Grammenou A. S., Kotzamanidis C., Giadinis N. D., Zdragas A. G., Sergelidis D. Prevalence, serotypes, antimicrobial resistance and biofilm-forming ability of *Listeria monocytogenes* isolated from bulk-tank bovine milk in Northern Greece. *Pathogens*. 2023; 12 (6):837. <https://doi.org/10.3390/pathogens12060837>

30. Kawacka I., Pietrzak B., Schmidt M., Olejnik-Schmidt A. *Listeria monocytogenes* isolates from meat products and processing environment in Poland are sensitive to commonly used antibiotics, with rare cases of reduced sensitivity to ciprofloxacin. *Life*. 2023; 13 (3):821. <https://doi.org/10.3390/life13030821>

31. Capita R., Felices-Mercado A., García-Fernández C., Alonso-Calleja C. Characterization of *Listeria monocytogenes* originating from the Spanish meat-processing chain. *Foods*. 2019; 8 (11):542. <https://doi.org/10.3390/foods8110542>

32. Papatzimos G., Kotzamanidis C., Kyritsi M., Malissiova E., Economou V., Giantzi V., et al. Prevalence and characteristics of *Listeria monocytogenes* in meat, meat products, food handlers and the environment of the meat processing and the retail facilities of a company in Northern Greece. *Letters in Applied Microbiology*. 2022; 74 (3): 367–376. <https://doi.org/10.1111/lam.13620>

33. Ayaz N. D., Onaran B., Cufaoglu G., Goncuoglu M., Ormanci F. S., Erol I. Prevalence and characterization of *Listeria monocytogenes* isolated from beef and sheep carcasses in Turkey with characterization of locally isolated listeriophages as a control measure. *Journal of Food Protection*. 2018; 81 (12): 2045–2053. <https://doi.org/10.4315/0362-028x.jfp-18-310>

Поступила в редакцию / Received 01.10.2025

Поступила после рецензирования / Revised 05.11.2025

Принята к публикации / Accepted 02.12.2025

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Акулич Ольга Андреевна, аспирант ФГБУ «ВНИИЗЖ», г. Владимир, Россия; akulich.olgand@yandex.ru

Olga A. Akulich, Postgraduate Student, Federal Centre for Animal Health, Vladimir, Russia; akulich.olgand@yandex.ru

Шадрова Наталья Борисовна, канд. биол. наук, заведующий отделом микробиологических исследований ФГБУ «ВНИИЗЖ», г. Владимир, Россия; <https://orcid.org/0000-0001-7510-1269>, shadrova@arriah.ru

Natalya B. Shadrova, Cand. Sci. (Biology), Head of Department for Microbiological Testing, Federal Centre for Animal Health, Vladimir, Russia; <https://orcid.org/0000-0001-7510-1269>, shadrova@arriah.ru

Денисова Галина Сергеевна, канд. биол. наук, руководитель Владимирской испытательной лаборатории ФГБУ «ВНИИЗЖ», г. Владимир, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-0714-3912>, skitovich@arriah.ru

Galina S. Denisova, Cand. Sci. (Biology), Head of the Vladimir Testing Centre, Federal Centre for Animal Health, Vladimir, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-0714-3912>, skitovich@arriah.ru

Вклад авторов: Акулич О. А. – проведение исследований, анализ и интерпретация полученных данных, подготовка текста статьи, создание рисунков; Шадрова Н. Б. – формулировка ключевых целей и задач, редактирование текста статьи и утверждение окончательного варианта; Денисова Г. С. – формирование идеи, формулировка ключевых целей и задач, редактирование текста статьи.

Contribution of the authors: Akulich O. A. – testing, obtained data analysis and interpretation, paper text preparation, figure creation; Shadrova N. B. – formulation of key goals and objectives, paper text editing and approval of final paper text; Denisova G. S. – conceptualization, formulation of key goals and objectives, paper text editing.