Исследовательская статья

https://doi.org/10.31279/ABNC-2026-16-4-135

Чувствительность к антимикробным препаратам бактерий, контаминирующих разбавленную сперму хряков-производителей

КОРРЕСПОНДЕНЦИЯ:
Мария Юрьевна Жейнес
E-mail: zheynes@mail.ru

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:
Перепелкина И.С., Шатрова Е.В., Дмитриева Н.А., Рожкова И.Н., Жейнес М.Ю. Чувствительность к антимикробным препаратам бактерий, контаминирующих разбавленную сперму хряков-производителей. *Аграрный вестник Северного Кавказа*. 2026;16(4). https://doi.org/10.31279/ABNC-2026-16-4-135

ПОСТУПИЛА: 02.07.2026
ДОРАБОТАНА: 25.09.2026
ПРИНЯТА: 27.09.2026
ОПУБЛИКОВАНА ОНЛАЙН: 17.11.2026

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:
авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.

COPYRIGHT: © 2026 Перепелкина И.С., Шатрова Е.В., Дмитриева Н.А., Рожкова И.Н., Жейнес М.Ю.

И.С. Перепелкина, Е.В. Шатрова, Н.А. Дмитриева, И.Н. Рожкова, М.Ю. Жейнес ✉

Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии, Воронеж, Россия

АННОТАЦИЯ

ВВЕДЕНИЕ. Бактериальная контаминация спермы хряков-производителей остается одной из наиболее острых проблем современного промышленного свиноводства. Микробное загрязнение эякулята снижает оплодотворяющую способность сперматозоидов и повышает риск эндометритов у свиноматок. Длительное применение одних и тех же антибиотиков в разбавителях создает селективное давление и способствует распространению резистентных штаммов. В Российской Федерации систематические данные о чувствительности микрофлоры спермы хряков к применяемым антибиотикам практически отсутствуют.

ЦЕЛЬ. Изучить чувствительность бактерий, контаминирующих разбавленную сперму хряков-производителей, на трех производственных площадках свиноводческого комплекса Воронежской области в 2022–2024 гг., к антибактериальным препаратам и выявить частоту встречаемости полирезистентных изолятов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Проведено микробиологическое исследование 1485 проб разбавленной спермы, из которых выделено 172 изолята микроорганизмов. Чувствительность к 16 антибактериальным препаратам определяли диско-диффузионным методом. Полирезистентность определяли как устойчивость к трем и более классам антимикробных препаратов в соответствии с критериями, установленными Magiorakos et al., исключая природную устойчивость.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Уровень чувствительности существенно различался в зависимости от вида микроорганизма, года и площадки. Наибольшую эффективность показали норфлоксацин, энрофлоксацин и неомицин, высокая устойчивость отмечена к пенициллину, амоксициллину и линкомицину. Установлены случаи полирезистентности: у *Proteus vulgaris* (20 %) на площадке 2 в 2024 г. и у *Enterobacter cloacae* (67 %) на площадке 3 в 2022 г. Чувствительность *E. cloacae* к гентамицину на площадке 2 снизилась к 2024 г., что указывает на быструю селекцию резистентных вариантов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Полученные данные обосновывают необходимость регулярного микробиологического мониторинга и ротации антибактериальных препаратов в разбавителях спермы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: хряки-производители, разбавленная сперма, антимикробная чувствительность, *Escherichia coli*, *Proteus spp.*, *Enterobacter cloacae*, диско-диффузионный метод, полирезистентность

Research article

https://doi.org/10.31279/ABNC-2026-16-4-135

Sensitivity of bacteria contaminating diluted semen of breeding boars to antimicrobial drugs

CORRESPONDENCE:
Maria Yu. Zheynes
E-mail: zheynes@mail.ru

FOR CITATION:
Perepelkina I.S., Shatrova E.V., Dmitrieva N.A., Rozhkova I.N., Zheynes M.Yu. Sensitivity of bacteria contaminating diluted semen of breeding boars to antimicrobial drugs. *Agrarian Bulletin of the North Caucasus*. 2026;16(4). https://doi.org/10.31279/ABNC-2026-16-4-135

RECEIVED: 02.0972026
REVISED: 25.09.2026
ACCEPTED: 27.09.2026
PUBLISHED ONLINE: 17.11.2026

DECLARATION OF COMPETING INTEREST:
none declared.

COPYRIGHT: © 2026 Perepelkina I.S., Shatrova E.V., Dmitrieva N.A., Rozhkova I.N., Zheynes M.Yu.

Irina S. Perepelkina, Elena V. Shatrova, Natalya A. Dmitrieva, Irina N. Rozhkova, Maria Yu. Zheynes ✉

All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy, Voronezh, Russia

ABSTRACT

INTRODUCTION. Bacterial contamination of boar semen remains one of the most pressing issues in modern industrial pig farming. Microbial contamination of the ejaculate reduces sperm fertilizing capacity and increases the risk of endometritis in sows. The prolonged use of the same antibiotics in semen extenders creates selective pressure and promotes the spread of resistant strains. In the Russian Federation, there is a virtual absence of systematic data regarding the susceptibility of boar semen microflora to the antibiotics currently in use.

AIM. To investigate the sensitivity of bacteria contaminating diluted semen of breeding boars at three production sites of the pig-breeding complex of the Voronezh region in 2022–2024 to antibacterial drugs and to determine the prevalence of multidrug-resistant isolates.

MATERIALS AND METHODS. A microbiological analysis was conducted on 1485 samples of extended semen, from which 172 microbial isolates were isolated. Susceptibility to 16 antibacterial drugs was determined using the disk diffusion method. Multidrug resistance was defined as resistance to three or more classes of antimicrobial agents in accordance with the criteria established by Magiorakos et al., excluding intrinsic resistance.

RESULTS. Susceptibility levels varied significantly depending on the microorganism species, year, and site. Norfloxacin, enrofloxacin and neomycin demonstrated the highest efficacy, while high resistance was observed to penicillin, amoxicillin, and lincomycin. Cases of multidrug resistance were established for Proteus vulgaris (20%) at site 2 in 2024 and Enterobacter cloacae (67%) at site 3 in 2022. The susceptibility of E. cloacae to gentamicin at site 2 decreased by 2024, indicating rapid selection of resistant variants.

CONCLUSION. The obtained data substantiate the necessity for regular microbiological monitoring and rotation of antibacterial drugs in semen extenders.

KEYWORDS: breeding boars, diluted semen, antimicrobial sensitivity, *Escherichia coli*, *Proteus spp.*, *Enterobacter cloacae*, disc diffusion method, polyresistance

ВВЕДЕНИЕ

Искусственное осеменение в свиноводстве позволяет максимально реализовать генетический потенциал хряков-производителей, однако получение биологически полноценной спермы сопряжено с проблемой бактериальной контаминации. Микроорганизмы могут адсорбироваться на сперматозоидах, вызывать их агглютинацию, повреждение акросом, снижение подвижности и фрагментацию ДНК [1, 2]. Согласно данным исследований [3, 4], даже при охлаждении до 5–17 °С бактериальный рост не прекращается полностью, а использование антибиотиков в разбавителях приводит к селекции резистентных штаммов.

В последние годы опубликованы данные о широком распространении полирезистентных представителей порядка *Enterobacterales* (*Escherichia coli*, *Enterobacter cloacae, Proteus spp.*) в сперме хряков [5, 6], причем профили резистентности существенно различаются между странами и даже между отдельными хозяйствами. В Российской Федерации, в частности в Центрально-Черноземном регионе, систематические исследования антимикробной чувствительности бактерий, контаминирующих разбавленную сперму, остаются единичными. При этом остается неясным, как в течение нескольких лет и на разных производственных площадках одного хозяйства меняются видовой состав контаминантов, профиль чувствительности к широкой панели антибактериальных препаратов и частота полирезистентных изолятов.

В то же время известно, что резистентность микрофлоры спермы к антибиотикам может быть связана с неконтролируемым применением препаратов в хозяйствах [7, 8]. В отличие от ранее опубликованных работ, наше исследование, выполненное на одном крупном свиноводческом комплексе Воронежской области (Центрально-Черноземный регион), представляет собой динамический трехлетний мониторинг на трех производственных площадках этого комплекса с оценкой не только видового состава контаминантов, но и изменения чувствительности к 16 антибактериальным препаратам, включая выявление полирезистентности и ее частоты. Такой дизайн позволяет охарактеризовать не только текущий профиль резистентности, но и его временную и межплощадочную динамику в пределах одного предприятия, что важно для корректировки схем применения антибиотиков в разбавителях спермы. Настоящее исследование следует рассматривать как первый шаг к характеристике проблемы антибиотикорезистентности микрофлоры спермы хряков в Воронежской области; полученные данные могут стать основой для более широкого мониторинга в Центрально-Черноземном регионе.

Цель исследования — изучить чувствительность бактерий, контаминирующих разбавленную сперму хряков-производителей, на трех производственных площадках одного свиноводческого комплекса Воронежской области в 2022–2024 гг. к антибактериальным препаратам и выявить частоту встречаемости полирезистентных изолятов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалы

Объектом исследования служили культуры бактерий, выделенные из разбавленной спермы хряков-производителей (трехпородное скрещивание: крупная белая х ландрас х дюрок). Исследования выполнены на базе лаборатории микробиологии и молекулярно-генетического анализа отдела клинико-лабораторных исследований, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии, Воронеж, и трех производственных площадок крупного свиноводческого комплекса Воронежской области (площадки 1–3). Для бактериологического выделения использовали дифференциально-диагностические среды производства ООО «Научно-исследовательский центр фармакотерапии» (НИЦФ), Россия. Для определения чувствительности применяли коммерческие диски с 16 антибактериальными препаратами (неомицин 30 мкг, канамицин 30 мкг, левомицетин 30 мкг, фуразолидон 300 мкг, рифампицин 5 мкг, доксициклин 30 мкг, тилозин 15 мкг, пенициллин 1 ЕД, полимиксин 300 ЕД, норфлоксацин 10 мкг, энрофлоксацин 5 мкг, стрептомицин 10 мкг, гентамицин 10 мкг, амоксициллин 20 мкг, линкомицин 15 мкг, ампициллин 10 мкг) производства НИЦФ.

На всех площадках в период исследования для разбавления спермы использовали коммерческий разбавитель для краткосрочного хранения BTS (Beltsville Thawing Solution) с гентамицином производства компании Minitube (Германия) согласно инструкции производителя.

Методы

Бактериологическое выделение и идентификацию проводили по стандартным методикам с использованием дифференциально-диагностических сред в соответствии с ГОСТ 32198–2013 * (действовавшим на момент проведения исследования) для выделения *Escherichia coli* и других энтеробактерий, предусмотренных данным документом. Для выделения *Proteus spp.* и *Enterobacter cloacae* дополнительно использовали селективные среды (агар Плоскирева, среда Эндо, среда с 6 %-ным NaCl для *Proteus*), а также обогащение в пептонной воде с последующим пересевом на дифференциальные среды. Видовую идентификацию осуществляли на основе морфологических, тинкториальных, культуральных и биохимических свойств с использованием определителя бактерий Берджи [9]. Антимикробную чувствительность определяли диско-диффузионным методом на среде Мюллера-Хинтона (НИЦФ) согласно МУК 4.2.1890-04 **.

Полирезистентность (MDR) определяли как устойчивость к трем и более классам антимикробных препаратов согласно критериям А. П. Маджоракос и др. [10], при этом исключали природную (интринзик) устойчивость, характерную для отдельных видов. В соответствии с данными литературы, для *E. cloacae* природная устойчивость отмечена к бензилпенициллину, амоксициллину, рифампицину и линкозамидам (линкомицину) [11]; для *Proteus spp.* — к полимиксинам [1, 2, 12]; для *E. coli* — к тилозину (16-членные макролиды) [13]. Устойчивость к указанным препаратам не учитывали при определении MDR.

Статистический анализ

Данные обрабатывали с использованием описательной статистики: результаты представлены в виде абсолютных чисел и процентов чувствительных изолятов от общего числа изолятов данного вида и площадки. Сравнение частот не проводили ввиду малых выборок для отдельных групп и отсутствия нормального распределения. Контроль качества сред и дисков осуществляли с использованием референтных штаммов *Escherichia coli* ATCC 25922 и *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 в соответствии с МУК 4.2.1890-04. Все эксперименты выполняли в двукратной повторности; при расхождении результатов более чем на одно деление зоны задержки роста проводили повторное определение.

Процедура исследования

За 2022–2024 гг. отобрано 1485 проб разбавленной спермы. Каждую пробу высевали на питательные среды, инкубировали при 37 °C в течение 24–48 ч. Проводили идентификацию выделенных культур. Была установлена контаминация 191 пробы культурами микроорганизмов, из которых в 172 случаях была контаминация одним видом микроорганизмов, а в 19 — выделены микробные ассоциации. Для каждого вида бактерий в конкретный год и на конкретной площадке определяли долю чувствительных изолятов к каждому из 16 препаратов.

РЕЗУЛЬТАТЫ

При микробиологическом исследовании 1485 проб разбавленной спермы в 191 пробе (12,9 %) был обнаружен рост микроорганизмов. Из них в 172 пробах (90,5 % от всех положительных) выделены чистые культуры, представляющие один вид бактерий; в остальных 19 пробах (9,5 %) выявлены микробные ассоциации. Доля контаминированных проб варьировала в зависимости от года и площадки: в 2022 г. рост отмечен только на площадке 3 (2,7 % от всех проб этой площадки за год); в 2023 г. — на площадке 1 (4,6 %) и площадке 2 (3,6 %); в 2024 г. — на площадке 2 (54,6 %). Пробы с площадки 1 в 2022 и 2024 гг., с площадки 2 в 2022 г., а также с площадки 3 в 2023 и 2024 гг. были стерильными (микробный рост отсутствовал).

Из разбавленной спермы на трех площадках за 2022–2024 гг. были выделены культуры *E. coli, Proteus vulgaris, Proteus mirabilis u E. cloacae.* Результаты определения чувствительности представлены в таблице 1.

На площадке 1 культуры зарегистрированы только в 2023 г.: *E. coli* (n = 2) и *P. vulgaris* (n = 1). Отмечена 100 % чувствительность *E. coli* к пенициллину и норфлоксацину, но 50 % устойчивость к левомицетину. *P. vulgaris* показал 100 % чувствительность только к гентамицину. Полирезистентных изолятов не выявлено.

* ГОСТ 32198–2013. Средства воспроизводства. Сперма. Методы микробиологического анализа. М. : Стандартинформ, 2014. 18 с.

** МУК 4.2.1890-04 Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам : методические указания. М. : Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 91 с.

На площадке 2 в 2023 г. выделена только *E. cloacae* (*n* = 6), которая показала 100 % чувствительность к левомицетину, норфлоксацину и гентамицину, 83 % к энрофлоксацину, но 67 % к неомицину. В 2024 г. выделены четыре вида. У *P. mirabilis*: 100 % чувствительность к неомицину, левомицетину, норфлоксацину и энрофлоксацину, но 100 % устойчивость к канамицину, гентамицину, амоксициллину, линкомицину и ампициллину. У *P. vulgaris* зарегистрирована полирезистентность — 3 из 15 изолятов (20 %) устойчивы ко всем испытанным препаратам с учетом исключения природной устойчивости (критерии MDR). У *E. cloacae* (*n* = 135) сохраняется высокая чувствительность к неомицину (95 %), норфлоксацину (99 %) и левомицетину (64 %), однако отмечен один полирезистентный изолят (0,7 %), по критериям MDR. Чувствительность *E. cloacae* к гентамицину на площадке 2 снизилась со 100 % в 2023 г. до 0 % в 2024 г., что свидетельствует о селекции резистентных вариантов.

На площадке 3 в 2022 г. выделена только *E. cloacae* (*n* = 3). Чувствительность к гентамицину составила 33 %, два из трех изолятов (67 %) оказались полирезистентными (устойчивыми ко всем 16 препаратам с учетом природной устойчивости).

Наиболее эффективными препаратами в целом по всем выделенным культурам оказались норфлоксацин, энрофлоксацин и неомицин (чувствительность от 67 до 100 % в зависимости от вида и года), тогда как пенициллин, амоксициллин, линкомицин, канамицин и тилозин показали крайне низкую активность (в большинстве случаев 0 % чувствительных изолятов). При этом следует учитывать, что низкая активность пенициллина, амоксициллина, рифампицина, линкомицина и тилозина в значительной степени обусловлена природной устойчивостью соответствующих видов микроорганизмов [3, 11, 13], а не приобретенными механизмами резистентности.

Таблица 1
Чувствительность бактерий, выделенных из разбавленной спермы хряков на производственных площадках свиноводческого комплекса

Table 1
Sensitivity of bacteria isolated from diluted boar semen at production sites of a pig-breeding complex

Год	Культуры микроорганизмов (кол-во/%)	Антибактериальный препарат							
		Неомицин, 30 мкг	Канамицин, 30 мкг	Левомицетин, 30 мкг	Фуразолидон, 300 мкг	Рифампицин, 5 мкг	Доксициклин, 30 мкг	Тилозин, 15 мкг	Пенициллин, 1 ЕД
Площадка 1									
2022	Не выделено	—	—	—	—	—	—	—	—
2023	*E. coli* (2/66,7)	0	0	1/50	0	0	0	0*	2/100*
	Prot. vulgaris (1/33,3)	0	0	0	0	0	0	0	0*
2024	Не выделено	—	—	—	—	—	—	—	—
Площадка 2									
2022	Не выделено	—	—	—	—	—	—	—	—
2023	*Ent. cloacae* (6/100)	4/67	0	6/100	1/17	0*	1/17	0*	0*
2024	*E. coli* (2/1,3)	1/50	0	1/50	0	0	0	0*	0*
	Prot. vulgaris (15/9,4)	5/33	0	8/53	0	0	1/7	0	0*
	Prot. mirabilis (8/5,0)	8/100	0	8/100	1/13	0	5/63	0	0*
	Ent. cloacae (135/84,4)	128/95	0	86/64	5/4	0*	0	0*	0*
Площадка 3									
2022	*Ent. cloacae* (3/100)	0	0	0	0	0*	0	0*	0*
2023	Не выделено	—	—	—	—	—	—	—	—
2024	Не выделено	—	—	—	—	—	—	—	—

Продолжение

Год	Культуры микроорганизмов (кол-во/%)	Антибактериальные препараты								
		Полимиксин, 300 ЕД	Норфлоксацин, 10 мкг	Энрофлоксацин, 5 мкг	Стрептомицин, 10 мкг	Гентамицин, 10 мкг	Амоксициллин, 20 мкг	Линкомицин, 15 мкг	Ампициллин, 10 мкг	Устойчивость к испытанным препаратам**
Площадка 1										
2022	Не выделено	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2023	*E. coli* (2/66,7)	0	2/100	0	0	0	0*	0	0	0
	Prot. vulgaris (1/33,3)	0*	0	0	0	1/100	0*	0	0	0
2024	Не выделено	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Площадка 2										
2022	Не выделено	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2023	*Ent. cloacae* (6/100)	0*	6/100	5/83	0	6/100	0*	0*	0	0
2024	*E. coli* (2/1,3)	0	2/100	2/100	1/50	0	0*	0	0	0
	Prot. vulgaris (15/9,4)	1/7*	10/67	2/13	0	1/7	0*	0*	0	3/20
	Prot. mirabilis (8/5,0)	0*	8/100	8/100	6/75	0	0*	0*	0	0
	Ent. cloacae (135/84,4)	10/7*	133/99	73/53	60/44	0	0*	0*	0	1/0,7
Площадка 3										
2022	*Ent. cloacae* (3/100)	0*	0	0	0	1/33	0*	0*	0	2/67
2023	Не выделено	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2024	Не выделено	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечание: в ячейках указано число чувствительных изолятов / общее число изолятов данного вида и площадки (%). Прочерк «—» означает отсутствие изолятов в соответствующей группе. * — природная устойчивость данного вида к препарату (не учитывалась при определении MDR) [3, 11, 13]; ** — полирезистентность определяли как устойчивость к трем и более классам антимикробных препаратов согласно А. П. Маджоракос и др. [10] с исключением природной устойчивости.

Note: The cells indicate the number of sensitive isolates / total number of isolates of a given species and site (%). A dash «—» indicates the absence of isolates in the corresponding group. * — intrinsic resistance of the given species to the drug (not considered for MDR determination) [3, 11, 13]; ** — multidrug resistance was defined as resistance to three or more antimicrobial classes according to Magiorakos et al. (2012) [10] excluding intrinsic resistance.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Полученные данные демонстрируют значительную вариабельность антимикробной чувствительности бактерий, контаминирующих разбавленную сперму, в зависимости от вида микроорганизма, года и производственной площадки. Высокая чувствительность *E. cloacae* к норфлоксацину (99 % на площадке 2 в 2024 г.) и энрофлоксацину (83 % в 2023 г.) согласуется с исследованиями других авторов, отмечающих, что фторхинолоны сохраняют активность против многих представителей порядка *Enterobacterales*, выделенных от свиней [14, 15].

Однако появляются полирезистентные штаммы *E. cloacae* (67 % на площадке 3 в 2022 г.), что может быть следствием неконтролируемого использования антибиотиков в хозяйстве. Подобные случаи описаны в литературе применительно к свиноводческим комплексам с высокой антибиотической нагрузкой [16, 17].

Высокая чувствительность *P. mirabilis* к неомицину, левомицетину, норфлоксацину и энрофлоксацину (100 %) на площадке 2 в 2024 г. позволяет рекомендовать эти препараты для санации разбавленной спермы в случае выявления данного контаминанта. В то же время полная устойчивость к ампициллину и амоксициллину, отмеченная у этого же вида, является ожидаемой, поскольку протеи природно продуцируют бета-лактамазы [18]. Аналогичные закономерности описаны в работах, посвященных антибиотикорезистентности представителей порядка *Enterobacterales* от продуктивных животных [7, 8, 24].

При интерпретации профилей резистентности необходимо учитывать природную устойчивость исследованных видов микроорганизмов. В частности, для *E. cloacae* характерна природная устойчивость к бензилпенициллину, амоксициллину, рифампицину и линкозамидам (линкомицину) [11]; для *Proteus spp.* — к полимиксинам [1, 2, 12]; для *E. coli* — к тилозину (16-членные макролиды) [13]. Поэтому низкая активность указанных препаратов в нашем исследовании в значительной степени обусловлена видовыми особенностями микроорганизмов, а не приобретенной резистентностью.

Особого внимания заслуживают изоляты *P. vulgaris* на площадке 2 в 2024 г., среди которых 20 % проявили полирезистентность ко всем 16 тестированным препаратам с учетом исключения природной устойчивости (критерии MDR). Этот факт свидетельствует о циркуляции в хозяйстве штаммов с множественными механизмами резистентности, что делает их практически неуязвимыми для стандартных схем антибактериальной санации спермы. Подобные явления описаны в работах [6, 19], где у свиней выделяли *Proteus spp.,* устойчивые к 3–5-м классам антибиотиков.

Сравнивая наши результаты с данными Ю. С. Пархоменко и др. [7], которые изучали чувствительность представителей порядка *Enterobacterales*, выделенных из маточно-вагинальных смывов свиноматок с эндометритом и эякулята хряков, можно отметить общие тенденции. В работе была также отмечена низкая чувствительность к бензилпенициллину (1,8–15,2 %), канамицину (0,6–2,6 %), стрептомицину (1,2–4,4 %), тилозину (1,7–1,9 %) и линкомицину (1,2–1,7 %) и относительно высокая — к норфлоксацину (35,2–73,7 %), энрофлоксацину (36,9–74,6 %) и левомицетину (32,5–43,6 %). Наши результаты подтверждают эти данные: чувствительность к фторхинолонам остается достаточно высокой (67–100 % у разных видов), тогда как к пенициллинам и макролидам — крайне низкой. Однако в нашем исследовании у *E. cloacae* на площадке 2 в 2024 г. чувствительность к гентамицину отсутствовала (снизилась со 100 % в 2023 г. до 0 % в 2024 г.), тогда как в работе Ю. С. Пархоменко и др. у представителей порядка *Enterobacterales* из эякулята чувствительность к гентамицину составляла 29,8 %. Такая динамика указывает на селекцию резистентных вариантов под действием препарата, который, вероятно, часто использовался в разбавителе (гентамицин входил в состав коммерческого разбавителя BTS) или для лечения животных. Аналогичные случаи описаны в исследованиях по мониторингу резистентности у свиней [15, 21].

Высокий уровень антибиотикорезистентности, в том числе множественной, регистрируется не только у представителей порядка *Enterobacterales*, но и у других патогенов, выделяемых от свиней, например у *Staphylococcus aureus* [23]. Источниками распространения резистентных штаммов могут служить не только непосредственно животные, но и объекты внешней среды, такие как корма, вода и навоз, где также выявляются антибиотикорезистентные Enterobacterales [22].

Наши данные показывают, что проблема бактериальной контаминации спермы и формирования резистентности у представителей порядка *Enterobacterales* требует не только поиска альтернатив, но и строгого контроля за применением существующих антибиотиков, особенно в условиях разных производственных площадок.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании микробиологического мониторинга разбавленной спермы хряков-производителей, проведенного в 2022–2024 гг. на трех производственных площадках одного свиноводческого комплекса Воронежской области (Центрально-Черноземный регион РФ), установлено, что чувствительность выделенных культур к антибактериальным препаратам существенно различалась в зависимости от вида микроорганизма, года и производственной площадки. Наибольшую эффективность среди тестированных препаратов показали норфлоксацин, энрофлоксацин и неомицин. Выявлены случаи полирезистентности: у *Proteus vulgaris* (3 из 15, 20 %) на площадке 2 в 2024 г. и у *Enterobacter cloacae*

(2 из 3, 67 %) на площадке 3 в 2022 г., что свидетельствует о наличии в хозяйствах отдельных полирезистентных изолятов среди исследованных образцов. Установлено, что чувствительность *E. cloacae* к гентамицину на площадке 2 снизилась со 100 % в 2023 г. до 0 % в 2024 г., что может быть следствием селекции при длительном применении одного препарата (гентамицин входил в состав разбавителя BTS).

При оценке резистентности необходимо учитывать, что низкая активность бензилпенициллина, амоксициллина, рифампицина, линкомицина и тилозина в значительной степени обусловлена природной устойчивостью исследованных видов микроорганизмов [3, 11, 13], а не приобретенными механизмами резистентности.

Ограничением исследования является относительно небольшое количество изолятов некоторых видов (например, *P. mirabilis* — 8, *E. coli* — 4 в сумме за все годы) и отсутствие молекулярно-генетического подтверждения механизмов резистентности, что не позволяет экстраполировать полученные частоты на всю популяцию микроорганизмов в хозяйстве. В дальнейшем планируется проведение секвенирования генов резистентности для уточнения молекулярных механизмов, а также расширение географии мониторинга на другие свиноводческие комплексы региона.

Для повышения эффективности санации спермы и предотвращения распространения резистентных штаммов рекомендуется проводить регулярный микробиологический контроль, осуществлять ротацию антибактериальных препаратов в разбавителях с интервалом 3–4 месяца, а на площадках с выявленной полирезистентностью временно исключить гентамицин (учитывая его полную неэффективность против *E. cloacae* на площадке 2 в 2024 г.) и рассмотреть возможность смены коммерческого разбавителя.

Вклад авторов

И. С. Перепелкина: проведение исследования, подготовка черновика рукописи

Е. В. Шатрова: методология, анализ и визуализация результатов, подготовка и редактирование рукописи.

Н. А. Дмитриева: методология, проведение исследования.

И. Н. Рожкова: разработка концепции, проведение исследования.

М. Ю. Жейнес: проведение исследования, анализ и визуализация результатов, написание рукописи — рецензирование и редактирование.

Contributions

I. S. Perepelkina: investigation, writing — original draft.

E. V. Shatrova: methodology, analysis and visualization of results, manuscript preparation and editing.

N. A. Dmitrieva: methodology, investigation.

I. N. Rozhkova: conceptualization, investigation.

M. Yu. Zheynes: investigation, analysis and visualization of results, writing — review & editing.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Барзыкина С.Н., Борунова С.М., Иолчиев Б.С. и др. Контаминация семени хряков-производителей микроорганизмами и их влияние на репродуктивные показатели. *Свиноводство*. 2025;1:22-25. https://doi.org/10.37925/0039-713X-2025-1-22-25
   Barzykina S.N., Borunova S.M., Iolchiev B.S. et al. Contamination of semen of boars-producers with microorganisms and their effect on reproductive performance. *Pigbreeding.* 2025;1:22-25. (In Russ.) https://doi.org/10.37925/0039-713X-2025-1-22-25
2. Шмидт А.В., Рысцова Е.О., Иолчиев Б.С. и др. Влияние бактериальной контаминации на биологическую полноценность сперматозоидов у хряков. *Вестник РУДН. Серия: Агрономия и животноводство*. 2024;19(2):383-392. https://doi.org/10.22363/2312-797X-2024-19-2-383-392
   Schmidt A.V., Ryscova E.O., Iolchiev B.S. et al. The effect of bacterial contamination on the biological integrity of sperm in boars. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries.* 2024;19(2):383-392. (In Russ.) https://doi.org/10.22363/2312-797X-2024-19-2-383-392

3. Contreras M.J., Nunez-Montero K., Bruna P. et al. Bacteria and boar semen storage: Progress and challenges. *Antibiotics*. 2022;11:1796. https://doi.org/10.3390/antibiotics11121796
4. Morrell J.M., Wallgren M. Alternatives to antibiotics in semen extenders: A review. *Pathogens*. 2014;3:934-946. https://doi.org/10.3390/pathogens3040934
5. Costinar L., Herman V., Pitoiu E. et al. Boar semen contamination: Identification of Gram-negative bacteria and antimicrobial resistance profile. *Animals*. 2022;12:43. https://doi.org/10.3390/ani12010043
6. Dalmutt A.C., Moreno L.Z., Gomes V.T.M. et al. Characterization of bacterial contaminants of boar semen: identification by MALDI-TOF mass spectrometry and antimicrobial susceptibility profiling. *Journal of Applied Animal Research*. 2020;48:559-565. https://doi.org/10.1080/09712119.2020.1848845
7. Пархоменко Ю.С., Манжурина О.А., Перепелкина И.С. и др. Чувствительность энтеробактерий, выделенных из маточно-вагинальных смывов свиноматок с эндометритом и эякулята хряков-производителей, к антимикробным препаратам. *Ветеринария*. 2021;24(1):41-46. https://doi.org/10.30896/0042-4846.2021.24.1.41-46
Parkhomenko Yu.S., Manzhurina O.A., Perepelkina I.S. et al. The study of the sensitivity of enterobacteriaceae isolated from uterine-vaginal lavages of sows with endometritis and ejaculate of breeding boars to antimicrobial drugs. *Veterinary Medicine*. 2021; 24(1): 41-46. (In Russ.) https://doi.org/10.30896/0042-4846.2021.24.1.41-46
8. Барзыкина С.Н., Борунова С.М., Назимкина С.Ф. Идентификация бактерий рода Pseudomonas в сперме хряков-производителей. *Актуальные проблемы ветеринарной медицины, зоотехнии, биотехнологии и экспертизы сырья и продуктов животного происхождения: Сборник трудов научно-практической конференции /* под общей редакцией С.В. Позябина, Л.А. Гнездиловой. Москва, 2022;140-141.
Barzykina S.N., Borunova S.M., Nazimkina S.F. Identification of bacteria of the genus Pseudomonas in the semen of breeding boars*. Actual Problems of Veterinary Medicine, Animal Science, Biotechnology and Examination of Raw Materials and Products of Animal Origin: Collection of Papers of the Scientific and Practical Conference.* General editors: S.V. Pozyabin, L.A. Gnezdilova. Moscow, 2022; 140-141. (In Russ.)
9. Хоулт Дж., Криг Н., Снит П. и др. *Определитель бактерий Берджи*. 9-е изд. М.: Мир; 1997.800.
Hoult J., Krieg N., Sneath P. et al. *Bergey's Guide to Bacteria*. 9th ed. Moscow: Mir; 1997.800. (In Russ.)
10. Magiorakos A.P., Srinivasan A., Carey R.B. et al. Multidrug-resistant, extensively drug-resistant and pandrug-resistant bacteria: an international expert proposal for interim standard definitions for acquired resistance. *Clinical Microbiology and Infection*. 2012;18(3):268-281. https://doi.org/10.1111/j.1469-0691.2011.03570.x
11. Stock I., Wiedemann B. Natural antibiotic susceptibility of strains of the Enterobacter cloacae. *International Journal of Antimicrobial Agents.* 2001;18(6):537-545. https://doi.org/10.1016/S0924-8579(01)00463-0
12. Zhang H., Wu T., Ruan H. Identification and Functional Analysis of ncRNAs Regulating Intrinsic Polymyxin Resistance in Foodborne Proteus vulgaris. *Microorganisms*. 2024;12(8):1661. https://doi.org/10.3390/microorganisms12081661
13. Ma Y., Pirolo M., Subramani P. et al. Macrolide resistance and *in vitro* potentiation by peptidomimetics in porcine clinical *Escherichia coli*. *mSphere*. 2022;7(5):e00402-22. https://doi.org/10.1128/msphere.00402-22
14. Burow E., Rostalski A., Harlizius J. et al. Antibiotic resistance in *Escherichia coli* from pigs from birth to slaughter and its association with antibiotic treatment. *Preventive Veterinary Medicine*. 2019;165:52-62. https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2019.02.008
15. Tenhagen B.A., Lienen T., Szabo I. et al. Antimicrobial resistance in breeding pigs in Germany — differences between 2015 and 2023. *Porcine Health Management*. 2026;12:28. https://doi.org/10.1186/s40813-026-00508-2
16. Zhang Y., Luo L., Li T. et al. Prevalence and mobile genetic element-mediated dissemination of antimicrobial resistance along the swine industry chain of Guizhou, China. *BMC Veterinary Research*. 2026;22:348. https://doi.org/10.1186/s12917-026-05490-z
17. Yang Q.E., Ma X., Zeng L. et al. Interphylum dissemination of NDM-5-positive plasmids in hospital wastewater from Fuzhou, China: a single-centre, culture-independent, plasmid transmission study. *The Lancet Microbe*. 2024;5(1):e13-e23. https://doi.org/10.1016/S2666-5247(23)00227-6

18. Зубарева В.Д., Безбородова Н.А., Аминева П.Г. и др. Видовое разнообразие микроорганизмов и распространение антибиотикорезистентных энтеробактерий на молочных фермах. *Ветеринария сегодня*. 2025;14(3):294-301. https://doi.org/10.29326/2304-196X-2025-14-3-294-301
Zubareva V.D., Bezborodova N.A., Amineva P.G. et al. Microbial species diversity and antibiotic-resistant Enterobacteriaceae spread on dairy farms. *Veterinary Science Today.* 2025;14(3):294-301. (In Russ.) https://doi.org/10.29326/2304-196X-2025-14-3-294-301
19. Кабисов Р.Г., Гогаев О.К., Цуткиев Б.Г. и др. Чувствительность к некоторым антибиотикам культур кишечной палочки. *Известия Горского государственного аграрного университета*. 2024;61(2):85-93. https://doi.org/10.54258/20701047_2024_61_2_85
Kabisov R.G., Gogaev O.K., Tsutkiev B.G. et al. Sensitivity to certain antibiotics of *Escherichia coli* cultures. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2024;61(2):85-93. (In Russ.) https://doi.org/10.54258/20701047_2024_61_2_85
20. Барзыкина С.Н., Борунова С.М., Назимкина С.Ф. Микробные ассоциации в эякуляте хряков-производителей. *Актуальные проблемы ветеринарной медицины, зоотехнии, биотехнологии и экспертизы сырья и продуктов животного происхождения: Сборник трудов научно-практической конференции* / под общей редакцией С.В. Позябина, Л.А. Гнездиловой. Москва, 2022;141-142.
Barzykina S.N., Borunova S.M., Nazimkina S.F. Microbial associations in the ejaculate of breeding boars. *Actual Problems of Veterinary Medicine, Animal Science, Biotechnology and Examination of Raw Materials and Products of Animal Origin: Collection of Papers of the Scientific and Practical Conference.* General editors: S.V. Pozyabin, L.A. Gnezdilova. Moscow, 2022;141-142. (In Russ.)
21. Holmer I., Salomonsen C.M., Jorsal S.E. et al. Antibiotic resistance in porcine pathogenic bacteria and relation to antibiotic usage. *BMC Veterinary Research.* 2019;15:449. https://doi.org/10.1186/s12917-019-2162-8
22. Amegayibor E.F., Ohene Larbi R., Ayim-Akonor M. et al. Enterobacterales and antimicrobial resistance in feed, water, and slurry in pig production farms in the greater accra region of Ghana, 2024. *Tropical Medicine and Infectious Disease.* 2025;10:239. https://doi.org/10.3390/tropicalmed10090239
23. Das C., Rathore R., Singh V.K. Prevalence, characterization and antibiogram of *Staphylococcus aureus* isolates from bovine and swine population in Bareilly, Uttar Pradesh, India. *Scientific Reports*. 2025;15:28171. https://doi.org/10.1038/s41598-025-13369-6
24. Гласкович М.А., Гласкович А.А., Головко М.П. Видовой состав микроорганизмов при акушерско-гинекологических патологиях сельскохозяйственных животных. *Наука, инновации, общество: актуальные вопросы и современные аспекты*. 2022;72-96.
Glaskovich M.A., Glaskovich A.A., Golovko M.P. Species composition of microorganisms in obstetric and gynecological pathologies of farm animals. *Science, Innovation, Society: Current Issues and Modern Aspects.* 2022;72-96. (In Russ.)

Сведения об авторах

Перепелкина Ирина Сергеевна –
младший научный сотрудник лаборатории микробиологии и молекулярно-генетического анализа отдела клинико-лабораторных исследований, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии, Воронеж, Россия
https://orcid.org/0000-0002-6462-8724
SPIN-код: 5798-9190
irinka-ne@yandex.ru

About the authors

Irina S. Perepelkina –
Junior Researcher, Laboratory of Microbiology and Molecular Genetic Analysis, Department of Clinical and Laboratory Research, All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy, Voronezh, Russia
https://orcid.org/0000-0002-6462-8724
irinka-ne@yandex.ru

Шатрова Елена Вячеславовна –
младший научный сотрудник лаборатории микробиологии и молекулярно-генетического анализа отдела клинико-лабораторных исследований, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии, Воронеж, Россия
https://orcid.org/0000-0002-7456-0647
SPIN-код: 9739-6814
elena199219@list.ru

Elena V. Shatrova –
Junior Researcher, Laboratory of Microbiology and Molecular Genetic Analysis, Department of Clinical and Laboratory Research, All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy, Voronezh, Russia
https://orcid.org/0000-0002-7456-0647
elena199219@list.ru

Дмитриева Наталья Андреевна –
младший научный сотрудник лаборатории микробиологии и молекулярно-генетического анализа отдела клинико-лабораторных исследований, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии, Воронеж, Россия
https://orcid.org/0000-0003-2405-8250
SPIN-код: 8543-3832
Risyaxxxx@mail.ru

Natalya A. Dmitrieva –
Junior Researcher, Laboratory of Microbiology and Molecular Genetic Analysis, Department of Clinical and Laboratory Research, All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology, and Therapy, Voronezh, Russia
https://orcid.org/0000-0003-2405-8250
Risyaxxxx@mail.ru

Рожкова Ирина Николаевна –
младший научный сотрудник лаборатории микробиологии и молекулярно-генетического анализа отдела клинико-лабораторных исследований, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии, Воронеж, Россия
https://orcid.org/0000-0001-9584-1790
SPIN-код: 2573-0372
iri.rogueina@yandex.ru

Irina N. Rozhkova –
Junior Researcher, Laboratory of Microbiology and Molecular Genetic Analysis, Department of Clinical and Laboratory Research, All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology, and Therapy, Voronezh, Russia
https://orcid.org/0000-0001-9584-1790
iri.rogueina@yandex.ru

Жейнес Мария Юрьевна –
кандидат ветеринарных наук, младший научный сотрудник лаборатории микробиологии и молекулярно-генетического анализа отдела клинико-лабораторных исследований, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии, Воронеж, Россия
https://orcid.org/0000-0003-2204-8737
SPIN-код: 7649-8071
zheynes@mail.ru

Maria Yu. Zheynes –
Cand. Sci. (Vet.), Junior Researcher, Laboratory of Microbiology and Molecular Genetic Analysis, Department of Clinical and Laboratory Research, All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology, and Therapy, Voronezh, Russia
https://orcid.org/0000-0003-2204-8737
zheynes@mail.ru