



<https://doi.org/10.29326/2304-196X-2026-15-2-184-192>  
УДК 619:614.3:579.842.11:615.33.015.8



# Анализ распространения антибиотикорезистентности среди изолятов бактерий группы кишечной палочки, выделенных из пищевой продукции

А. Н. Юлдашева, Н. Б. Шадрова, О. В. Прунтова

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

## РЕЗЮМЕ

**Введение.** Ежегодно в мире увеличивается количество случаев заболеваний, вызванных антибиотикорезистентными микроорганизмами. В настоящее время разрабатываются и реализуются меры, направленные на противодействие распространению устойчивости бактерий к антибиотикам. Одной из ключевых стратегий является систематический мониторинг резистентности микроорганизмов.

**Цель работы.** Изучить распространенность устойчивости к антибактериальным препаратам у изолятов *Escherichia coli* и других представителей бактерий группы кишечной палочки (БГКП), выделенных из образцов пищевой продукции.

**Материалы и методы.** В работе использовали изоляты БГКП, выделенные из образцов пищевой продукции и воды. Идентификацию бактерий проводили биохимическим методом с использованием набора API 20 E и методом времяпролетной масс-спектрометрии. Устойчивость к антимикробным препаратам определяли диско-диффузионным методом.

**Результаты.** В течение 2024 г. во Владимирской испытательной лаборатории ФГБУ «ВНИИЗЖ» было проведено 2667 исследований образцов пищевой продукции и воды по показателю «содержание бактерий группы кишечной палочки». Выделено 134 изолята БГКП. При изучении антибиотикорезистентности выделенных изолятов установлен высокий процент резистентности к налидиксовой кислоте, левофлоксацину, цефалотину, ципрофлоксацину и тетрациклину. Представлены данные по изолятам *Escherichia coli*, обладающим устойчивостью к цефалоспорином III и IV поколения.

**Заключение.** Установлена 100%-я чувствительность изолятов БГКП к антибиотикам группы карбапенемов. Наибольшую резистентность выделенные изоляты показали к хинолонам, фторхинолонам, цефалоспорином и тетрациклином. Среди изолятов *Escherichia coli* высокий уровень устойчивости отмечен к антибиотикам группы хинолонов, фторхинолонов и тетрациклинов. Изоляты *Citrobacter* spp. и *Enterobacter* spp. проявили резистентность к антибактериальным препаратам из группы пенициллинов и цефалоспоринов. Изоляты *Cronobacter* spp. обладали устойчивостью к антибиотикам группы пенициллинов, хинолонов и фторхинолонов. В ходе работы выделены изоляты БГКП, обладающие полирезистентностью к антимикробным препаратам, которые были обнаружены главным образом в продукции животного происхождения.

**Ключевые слова:** пищевая продукция, бактерии группы кишечной палочки, БГКП, энтеробактерии, антибиотики, антибиотикорезистентность, полирезистентность

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

**Для цитирования:** Юлдашева А. Н., Шадрова Н. Б., Прунтова О. В. Анализ распространения антибиотикорезистентности среди изолятов бактерий группы кишечной палочки, выделенных из пищевой продукции. *Ветеринария сегодня*. 2026; 15 (2): 184–192. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2026-15-2-184-192>

**Конфликт интересов:** Прунтова О. В. является членом редколлегии журнала «Ветеринария сегодня» с 2012 г., но не имеет никакого отношения к решению опубликовать эту статью. Рукопись прошла принятую в журнале процедуру рецензирования. Об иных конфликтах интересов авторы не заявляли.

**Для корреспонденции:** Юлдашева Анастасия Николаевна, заместитель заведующего отделом микробиологических исследований Владимирской испытательной лаборатории ФГБУ «ВНИИЗЖ», ул. Гвардейская, 6, мкр. Юрьеvec, г. Владимир, 600901, Россия, [yuldasheva@arriah.ru](mailto:yuldasheva@arriah.ru)

## Analysis of the prevalence of antibiotic-resistance in coliform isolates recovered from food products

Anastasia N. Yuldasheva, Natalya B. Shadrova, Olga V. Pruntova

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

## ABSTRACT

**Introduction.** The global incidence of the diseases caused by antibiotic-resistant microorganisms is increasing annually. At present, measures are being developed and implemented to combat the spread of bacteria resistance to antibiotics. A key strategy in this effort is the systematic monitoring of microbial resistance.

**Objective.** To study the prevalence of antibiotic-resistance in *Escherichia coli* and other coliform isolates recovered from food product samples.

**Materials and methods.** Coliform isolates recovered from food and water samples were used for this study. The bacteria were identified by biochemical methods using API 20 E kit and time-of-flight mass spectrometry. Antibiotic resistance was determined with disc diffusion method.

© Юлдашева А. Н., Шадрова Н. Б., Прунтова О. В., 2026

**Results.** A total of 2,667 tests of food and water samples for coliforms were carried out at the Vladimir Testing Laboratory of the Federal Centre for Animal Health in 2024; 134 coliform isolates were recovered. Tests of the recovered isolates for their antibiotic resistance showed high resistance rates to nalidixic acid, levofloxacin, cefalotin, ciprofloxacin, and tetracycline. Additionally, data on *Escherichia coli* isolates resistant to third-generation and fourth-generation cephalosporins are presented.

**Conclusion.** Coliform isolates showed 100% susceptibility to carbapenems. The recovered isolates exhibited the highest resistance to quinolones, fluoroquinolones, cephalosporins, and tetracyclines. *Escherichia coli* isolates demonstrated high resistance to quinolones, fluoroquinolones, and tetracyclines. *Citrobacter* spp. and *Enterobacter* spp. isolates were resistant to penicillins and cephalosporins, while *Cronobacter* spp. isolates were resistant to penicillins, quinolones, and fluoroquinolones. Polyresistant coliforms were isolated during the study, they were predominantly detected in products of animal origin.

**Keywords:** food products, coliforms, *Enterobacteriaceae*, antibiotics, antibiotic resistance, polyresistance

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

**For citation:** Yuldasheva A. N., Shadrova N. B., Pruntova O. V. Analysis of the prevalence of antibiotic-resistance in coliform isolates recovered from food products. *Veterinary Science Today*. 2026; 15 (2): 184–192. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2026-15-2-184-192>

**Conflict of interests:** Pruntova O. V. has been a member of the Editorial Board of the "Veterinary Science Today" journal since 2012, but was not involved into the decision making process related to this paper publication. The manuscript has passed the review procedure accepted in the journal. The authors did not declare any other conflicts of interests.

**For correspondence:** Anastasia N. Yuldasheva, Deputy Head, Department for Microbiological Testing, Vladimir Testing Laboratory, Federal Centre for Animal Health, ul. Gvardeyskaya, 6, Yur'evets, Vladimir 600901, Russia, [yuldasheva@arriah.ru](mailto:yuldasheva@arriah.ru)

## ВВЕДЕНИЕ

Одним из важнейших изобретений человечества является разработка в 1928 г. британским бактериологом Александром Флемингом первого антибиотика – пенициллина [1, 2, 3]. Уже к середине XX в. были открыты и другие антибактериальные препараты, такие как эритромицин, стрептомицин, тетрациклин [4, 5]. С момента изобретения и по настоящее время антибиотики находят широкое применение, а именно: в медицине, производстве, животноводстве [6, 7, 8, 9, 10].

Уже в 1940 г., в самом начале применения пенициллина, стали появляться первые сообщения о том, что некоторые микроорганизмы способны вырабатывать устойчивость к этому антибиотику [2, 5]. С каждым годом количество бактерий, резистентных к ранее созданным антимикробным препаратам (АМП), возрастает [7, 9, 10, 11, 12]. Наблюдается тенденция к росту числа заболеваний, в том числе и пищевых токсикоинфекций, вызванных микроорганизмами, проявляющими устойчивость к антибактериальным препаратам [13, 14, 15, 16, 17].

В 2024 г. Всемирная организация здравоохранения опубликовала обновленный список микроорганизмов, представляющих наибольшую опасность для жизни и здоровья населения. Данный список включает в себя три категории бактерий согласно степени представляемой угрозы. В первую категорию, включающую микроорганизмы с высоким уровнем приоритетности, отнесены бактерии, обладающие способностью проявлять множественную устойчивость к антимикробным лекарственным средствам. Именно к этой категории отнесли бактерии семейства *Enterobacteriaceae* из-за их устойчивости к карбапенемам и цефалоспорином III поколения [18].

В настоящее время реализуются меры по сокращению объема использования антибиотиков [19]. Всемирная организация здравоохранения разработала план действий, направленный на оптимизацию применения АМП с целью обеспечения их рационального использования [18]. В Российской Федерации в рамках противодействия распространению антибиотикорезистентности бактерий был принят ряд документов, регламентирующих использование АМП, а также

реализацию мер, направленных на борьбу с устойчивостью бактерий к АМП [19]. Так, Указом Президента РФ от 11.03.2019 № 97 были утверждены «Основы государственной политики Российской Федерации в области обеспечения химической и биологической безопасности на период до 2025 года и дальнейшую перспективу». В ноябре 2021 г. издан приказ Минсельхоза России «Об утверждении перечня лекарственных препаратов, предназначенных для лечения инфекционных и паразитарных болезней животных, вызываемых патогенными микроорганизмами и условно-патогенными микроорганизмами, в отношении которых вводится ограничение на применение в лечебных целях, в том числе для лечения сельскохозяйственных животных». Распоряжением Правительства РФ от 16.08.2024 № 2214-р был утвержден «План мероприятий на 2025–2030 годы по реализации Стратегии предупреждения распространения антимикробной резистентности в Российской Федерации на период до 2030 года», одним из направлений которой является системный мониторинг распространения антибиотикорезистентности микроорганизмов. Непрерывный контроль антибиотикорезистентности позволяет отслеживать изменения в показателях устойчивости бактерий к антибактериальным препаратам [20, 21]. Согласно данным, представленным в аналитическом отчете о состоянии антибиотикорезистентности бактериальных возбудителей инфекций в РФ от 28.12.2024, за период с 2019 по 2024 г. представители семейства *Enterobacteriaceae* составляют 55,6% среди всех выявляемых возбудителей бактериальных инфекций. В анализируемый период наиболее распространенными в стране являлись следующие представители бактерий группы кишечной палочки (БГКП): *Klebsiella pneumoniae* (45,4%), *Escherichia coli* (37,47%), *Proteus mirabilis* (4,15%), *Enterobacter cloacae* (3,02%) и *Klebsiella oxytoca* (2,04%) [22].

Вышеизложенные данные свидетельствуют об актуальности определения антибиотикорезистентности микроорганизмов, выявляемых в продукции животного происхождения, пищевом сырье и продуктах питания.

Частота устойчивости к антибиотикам в целом у представителей семейства *Enterobacteriaceae*, выделенных от заболевших пациентов, составила: к ампициллину – 86,34%, амоксициллину/клавулановой кислоте – 66,62%, пиперациллину/тазобактаму – 43,71%, цефалоспорином (цефотаксиму, цефтазидиму и цефепиму) – 60,54, 52,6 и 49,08% соответственно, азтреонаму – 54,15%, цефтазидиму/авибактаму и азтреонаму/авибактаму – 15,84 и 1,24% соответственно, карбапенемам (эртапенему, имипенему и меропенему) – 33,97, 21,78 и 23,02% соответственно, имипенему/релебактаму – 21,34%, фторхинолонам (ципрофлоксацину) – 55,88%, аминогликозидам (амикацину и гентамицину) – 21,16 и 34,88% соответственно, триметоприму/сульфаметоксазолу – 52,07%, хлорамфениколу – 37,2%, колестины – 10,91% [22, 23, 24, 25, 26].

Новизна данной работы состоит в выделении новых антибиотикорезистентных энтеробактерий, демонстрирующих множественную лекарственную устойчивость, и анализе видов пищевых продуктов как источников распространения антимикробной резистентности.

Целью исследования является выделение изолятов БГКП из образцов пищевой продукции и воды, изучение их устойчивости к АМП и анализ распространенности резистентности к антибиотикам среди выделенных изолятов.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве объектов исследования были использованы 134 изолята БГКП, выделенные из пищевой продукции и воды в отделе микробиологических исследований Владимирской испытательной лаборатории ФГБУ «ВНИИЗЖ» в 2024 г. Анализ проб проводили в соответствии с нормативными документами: ГОСТ 31747-2012 «Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий)»; ГОСТ 30726-2001 «Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий вида *Escherichia coli*»; ГОСТ 31955.1-2013 «Вода питьевая. Обнаружение и количественный учет *Escherichia coli* и колиформных бактерий. Часть 1. Метод мембранной фильтрации».

*Питательные среды, реактивы и тест-системы.* В ходе проведения исследования для первичного посева образцов использовали среду Кесслера (ФБУН ГНЦ ПМБ, Россия). Для дифференциации БГКП применяли агар Chromocult Coliform Agar (Merck, Германия). Для идентификации изолированные колонии высевали на триптон-соевый агар (ФБУН ГНЦ ПМБ, Россия). Для определения чувствительности к АМП изоляты БГКП пересевали на агар Мюллера – Хинтона (HiMedia, Индия).

*Идентификацию полученных микроорганизмов по биохимическим свойствам* осуществляли с использованием набора API 20 E (bioMérieux, Франция).

*Масс-спектрометрический анализ* проводили на масс-спектрометре MALDI Autof MS 1000 (Autobio Diagnostics Co., Ltd., Китай). Параметры анализа оптимизировали для диапазона масс от 2000 до 20 150 m/z (масса/время), записывали спектр, полученный в результате суммирования 20 одиночных спектров. Для записи, обработки и статистического анализа полученных масс-спектров использовали программное обеспечение Autof Acquirer v2.0.130 (Autobio Diagnostics Co., Ltd., Китай).

*Определение чувствительности к АМП* проводили диско-диффузионным методом согласно российским рекомендациям «Определение чувствительности микро-

организмов к антимикробным препаратам» (МАКМАХ) и МУК 4.2.1890-04 «Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам». В ходе работы использовали бумажные диски с антибиотиками (ФБУН НИИ эпидемиологии и микробиологии имени Пастера, Россия) следующих групп:

1) пенициллины с ингибиторами β-лактамаз: ампициллин/сульбактам (10/10 мкг в диске), амоксициллин/клавуланат (20/10 мкг в диске), тикарциллин/клавуланат (75/10 мкг в диске);

2) цефалоспорины I поколения: цефалотин (30 мкг в диске), цефазолин (30 мкг в диске);

3) цефалоспорины II поколения: цефаклор (30 мкг в диске), цефуросим (30 мкг в диске), цефокситин (30 мкг в диске), цефамандол (30 мкг в диске);

4) цефалоспорины III поколения: цефтриаксон (30 мкг в диске), цефтазидим (30 мкг в диске), цефотаксим (30 мкг в диске);

5) цефалоспорины IV поколения: цефепим (30 мкг в диске);

6) карбапенемы: имипенем (10 мкг в диске), меропенем (10 мкг в диске);

7) аминогликозиды: канамицин (30 мкг в диске), гентамицин (10 мкг в диске), амикацин (30 мкг в диске);

8) хинолоны: налидиксовая кислота (30 мкг в диске);

9) фторхинолоны: офлоксацин (5 мкг в диске), цiproфлоксацин (5 мкг в диске), левофлоксацин (5 мкг в диске);

10) тетрациклины: тетрациклин (30 мкг в диске), доксициклин (30 мкг в диске);

11) амфениколы: хлорамфеникол, или левомецетин (30 мкг в диске);

12) сульфаниламиды: триметоприм/сульфаметоксазол, или ко-тримоксазол (1,25/23,75 мкг в диске).

Для определения антибиотикорезистентности бактериальную суспензию (0,5 по стандарту мутности Мак-Фарланда) равномерно распределяли на поверхности агара. Диски с антибиотиками наносили на поверхность инокулированного исследуемой культурой агара (не более 4 диска на 1 чашку). После аппликации дисков чашки Петри помещали в термостат вверх дном и инкубировали при температуре 35 °С в течение 18–24 ч.

Оценку результатов, в соответствии с рекомендациями МУК 4.2.1890-04, проводили по наличию зон задержки роста микроорганизмов вокруг дисков. Диаметр зон задержки роста с учетом диаметра самого диска измеряли с точностью до 1 мм.

*Интерпретация и анализ результатов.* Изоляты бактерий разделяли по отношению к антибиотикам на следующие группы: чувствительные, промежуточные, резистентные (устойчивые) к одному и двум антибиотикам, полирезистентные – устойчивые к трем и более антибиотикам. В группе полирезистентных изолятов выделяли экстремально резистентные, которые были устойчивы к 10 и более АМП.

Распределение изолятов на чувствительные (Ч), промежуточные (П) и резистентные (Р) группы проводили согласно МУК 4.2.1890-04 (табл. 1).

*Для статистической обработки данных* использовали приложение Microsoft Excel и стандартные статистические приемы.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В 2024 г. в отделе микробиологических исследований Владимирской испытательной лаборатории

ФГБУ «ВНИИЗЖ» было проведено 2667 исследований по показателю БГКП. Было выделено 134 изолята БГКП, из них: 11 – из образцов воды, 22 – из молочной продукции, 94 – из мяса и мясной продукции, 3 – из рыбной продукции, 2 – из кулинарных изделий, 1 – из специй и 1 – из яичного меланжа. Процент выявлений БГКП в различных группах пищевой продукции составил от 0,5% в специях до 13,1% в воде (рис. 1).

Для первичного посева проб пищевой продукции использовали среду Кесслера. Из пробирок, в которых наблюдали газообразование и/или помутнение среды, выполняли посев на среду Chromocult Coliform Agar. После инкубации в течение 24 ч при 37 °С для идентификации отбирали колонии розового (красного) и синего (фиолетового) цветов. В процессе изучения микроорганизмов с применением наборов для биохимической идентификации API 20 E было установлено, что выделенные изоляты относятся к семейству *Enterobacteriaceae*. Среди выделенных культур были идентифицированы *E. coli* – 81,3%, *Citrobacter* spp. – 6,0%, *Enterobacter* spp. – 5,2%, *Cronobacter* spp. – 2,2%, *Raoultella* spp. – 2,2%, *Leclercia adecarboxylata* – 1,5%, *Serratia* spp. – 0,7%, *Klebsiella* spp. – 0,7%.

Результаты биохимической идентификации показали, что все изоляты *E. coli* ферментировали глюкозу и маннит, не обладали уреазной активностью, не утилизировали цитраты, не продуцировали сероводород, не ферментировали триптофандеаминазу и желатиназу, не сбраживали инозит и амигдалин. Ферментировали  $\beta$ -галактозидазу, а также не продуцировали ацетоин 99,1% изолятов, образовывали индол 95,4% изолятов. Сорбит, рамнозу, мелибиозу и арабинозу сбраживали более 91% изолятов. Не ферментировали аргининдигидролазу 85,3% изолятов, орнитиндекарбоксилазу 54,1% изолятов. Не сбраживали сахарозу 51,4% изолятов. Ферментировали лизиндекарбоксилазу 84,4% изолятов *E. coli*.

Результаты биохимической идентификации *E. coli* и других представителей БГКП соответствовали данным, представленным в систематическом справочнике Берджи по бактериологии.

Дополнительно идентификацию выделенных культур осуществляли методом времяпролетной масс-спектрометрии. Было установлено совпадение в идентификации изолятов бактерий масс-спектрометрическим и биохимическим (с применением набора API 20 E) методами в 100% случаях. Все изоляты БГКП были идентифицированы на масс-спектрометре MALDI Autof MS 1000 с коэффициентом точности от 9,0 до 9,72, что свидетельствует о высокой достоверности идентификации.

При определении чувствительности изолятов БГКП к АМП обнаружили (рис. 2), что 100% изолятов проявили чувствительность к карбапенемам (меропенему, имипенему), 94% изолятов – к тикарциллину/клавуланату и амикацину, 92,5% изолятов – к цефаклору, 91,8% – к цефепиму и гентамицину, 88,8% – к цефтазидиму, 85,1% – к цефтриаксону, 83,6% – к цефотаксиму, 82,8% – к цефуроксиму.

Наибольшую устойчивость изоляты БГКП показали к налидиксовой кислоте (45,5% изолятов), левофлоксацину (38,1% изолятов), цефалотину (резистентны 37,3%, промежуточную чувствительность имеют 20,1% изолятов), ципрофлоксацину (резистентны 36,6% изолятов), тетрациклину (резистентны 34,3%, промежуточную чувствительность имеют 29,1% изолятов).

Результаты нашей работы подтверждены рядом научных статей. В 2024 г. было опубликовано исследо-

**Таблица 1**  
Диаметр зон задержки роста согласно МУК 4.2.1890-04

**Table 1**  
Growth inhibition zone diameter according to Methodical Guidelines (MG) 4.2.1890-04

Наименование антибиотика	Группы устойчивости к антибиотикам		
	чувствительный (Ч), мм	промежуточный (П), мм	резистентный (Р), мм
Ампициллин/сульбактам	≥ 17	14–16	≤ 13
Амоксициллин/клавуланат	≥ 18	14–17	≤ 13
Тикарциллин/клавуланат	≥ 20	15–19	≤ 14
Цефалотин	≥ 18	15–17	≤ 14
Цефазолин	≥ 18	15–17	≤ 14
Цефаклор	≥ 18	15–17	≤ 14
Цефуроксим	≥ 18	15–17	≤ 14
Цефокситин	≥ 18	15–17	≤ 14
Цефамандол	≥ 18	15–17	≤ 14
Цефтриаксон	≥ 18	15–17	≤ 14
Цефтазидим	≥ 18	15–17	≤ 14
Цефотаксим	≥ 23	15–22	≤ 14
Цефепим	≥ 18	15–17	≤ 14
Имипенем	≥ 16	14–15	≤ 13
Меропенем	≥ 16	14–15	≤ 13
Канамицин	≥ 18	14–17	≤ 13
Гентамицин	≥ 15	13–14	≤ 12
Амикацин	≥ 17	15–16	≤ 14
Налидиксовая кислота	≥ 17	15–16	≤ 14
Офлоксацин	≥ 16	13–15	≤ 12
Ципрофлоксацин	≥ 21	16–20	≤ 15
Левофлоксацин	≥ 17	14–16	≤ 13
Тетрациклин	≥ 19	15–18	≤ 14
Доксициклин	≥ 16	13–15	≤ 12
Хлорамфеникол (левомицетин)	≥ 18	13–17	≤ 12
Триметоприм/сульфаметоксазол (ко-тримоксазол)	≥ 16	11–15	≤ 10

вание, в котором установлена высокая степень резистентности изолятов *E. coli*, выделенных в 2022 г. в Китае, к ципрофлоксацину (61,4%) и цефепиму (25,1%). Устойчивость к цефтриаксону была выявлена у 9,7% изолятов. Показатели устойчивости к имипенему и меропенему увеличились с 1,0% в 2019 г. до 1,6% в 2022 г. [16]. Из пищевой продукции в Чили в 2021 г. выделены изоляты *E. coli*, обладающие резистентностью к хлорамфениколу (5,6%) [17]. В Италии в период с 2010 по 2018 г. из пищевой продукции выделены изоляты, устойчивые к гентамицину, хлорамфениколу, ко-тримоксазолу, тетрациклину и налидиксовой кислоте. В Бразилии в 2010–2019 гг. из мяса выделены изоляты энтеробактерий,

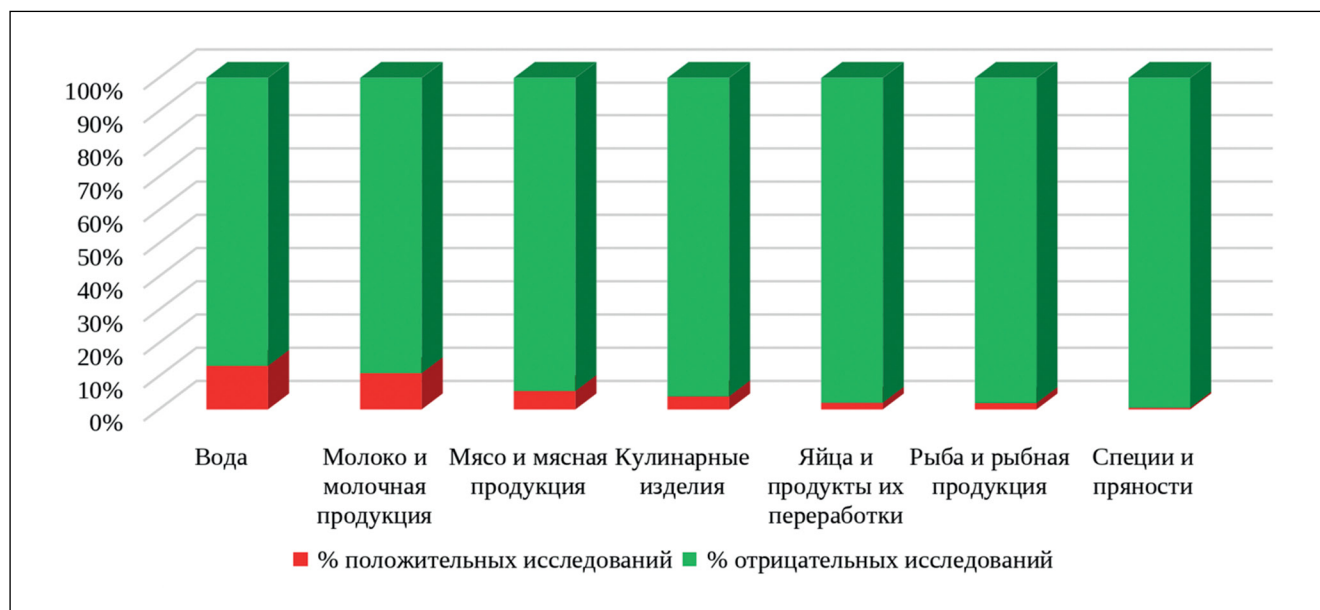


Рис. 1. Выявление БГКП в различных видах продукции в 2024 г. (n = 134)

Fig. 1. Detection of coliforms in products of various types in 2024 (n = 134)

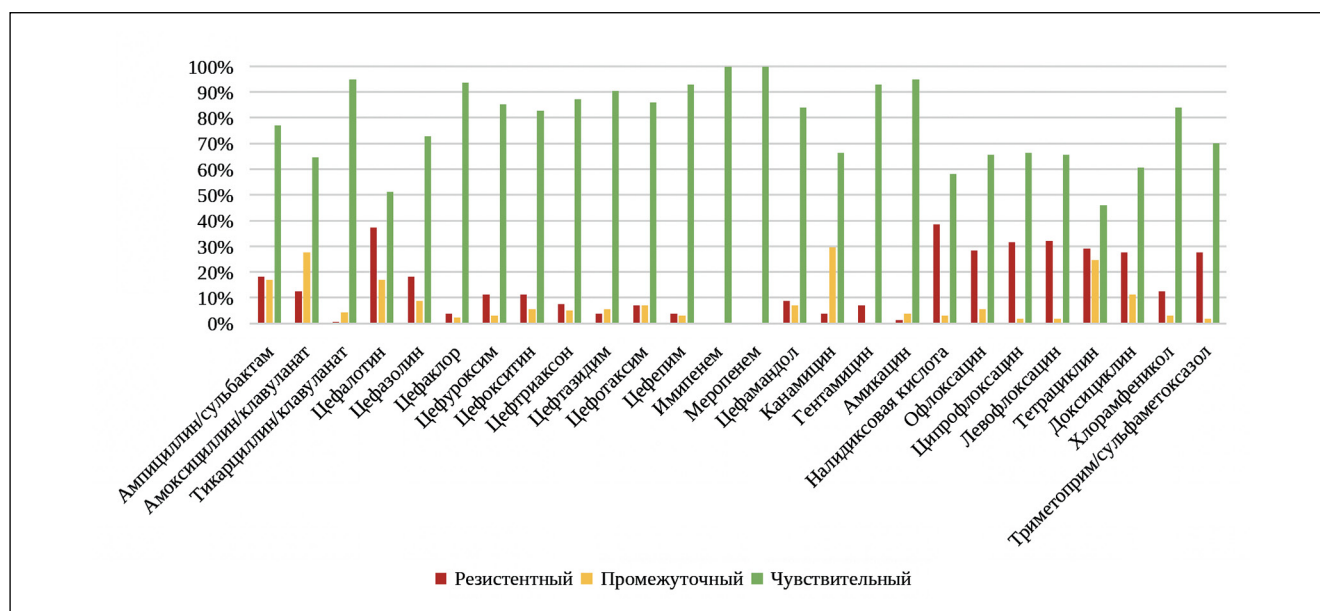


Рис. 2. Устойчивость к антибиотикам изолятов БГКП (n = 134)

Fig. 2. Resistance of coliform isolates (n = 134) to antibiotics

резистентные к аминогликозидам,  $\beta$ -лактамам, тетрациклинам и хинолонам. Из мяса птицы в Корею в 2019 г. выделены изоляты, устойчивые к налидиксовой кислоте, ципрофлоксацину, тетрациклину, хлорамфениколу, ко-тримоксазолу и гентамицину [27].

В 2018 г. С. А. Шевелёвой были опубликованы результаты исследований устойчивости к АМП изолятов, выделенных из мясной и молочной продукции. В процессе проведенной работы были выделены изоляты энтеробактерий, обладающие резистентностью к тетрациклину (45–63%), ампициллину (42%), фторхинолонам (до 20%) [28].

В 2022 г. М. М. Сибиркина и соавт. представили результаты исследования устойчивости к АМП бактерий, обнаруженных в пищевой продукции животного происхождения, представленной на рынках Московского региона.

В процессе работы были выделены изоляты семейства *Enterobacteriaceae*, резистентные к антибиотикам групп пенициллинов, хинолонов и аминогликозидов. Также авторами исследования была отмечена чувствительность выделенных изолятов к карбапенемам [29].

Результаты анализа распространенности устойчивости к АМП среди изолятов различных родов семейства *Enterobacteriaceae* представлены в таблице 2.

Изоляты *E. coli* наибольшую устойчивость проявили к налидиксовой кислоте (53,2%), левофлоксацину (45,0%), ципрофлоксацину (43,1%) и тетрациклину (40,4%).

Изоляты *Citrobacter* spp. показали резистентность к амоксициллину/клавуланату (37,5%), цефалотину (37,5%), цефрокситину (37,5%), а также к цефазолину (25,0%).

У изолятов *Enterobacter* spp. была определена устойчивость к цефалотину (85,7%), амоксициллину/клавуланату (71,4%), цефазолину (71,4%) и цефокситину (71,4%).

Изоляты *Cronobacter* spp. проявили устойчивость к тикарциллину/клавуланату (66,7%), а также к таким антибиотикам, как ампициллин/сульбактам, амоксициллин/клавуланат, налидиксовая кислота, офлоксацин, ципрофлоксацин и левофлоксацин.

Изоляты *Raoultella* spp. и *Leclercia adecarboxylata* продемонстрировали чувствительность ко всем АМП, включенным в эксперимент.

В настоящее время в мире остро стоит вопрос об устойчивости бактерий семейства *Enterobacteriaceae* к антибиотикам группы цефалоспоринов, особенно к цефалоспорином III и IV поколения [30, 31]. Согласно данным, представленным в таблице 2, устойчивость к цефалоспорином I поколения наблюдали у (26,15 ± 5,95)% изолятов *E. coli*, к цефалоспорином II поколения – у (10,3 ± 4,1)% изолятов, к цефалоспорином III поколения – у (8,6 ± 2,8)% изолятов, к цефалоспорином IV поколения – у 5,5% изолятов. Таким образом, установлено снижение доли резистентных изолятов *E. coli* в зависимости от того, к какому поколению относится применяемый антибактериальный препарат. При этом стоит отметить, что выявление в пищевой продукции бактерий *E. coli*, устойчивых к цефалоспорином III и IV поколения, должно послужить основанием для ужесточения надзорных мероприятий по применению ветеринарных препаратов при производстве животноводческой продукции.

Среди представителей родов *Citrobacter* spp., *Enterobacter* spp., *Cronobacter* spp., *Raoultella* spp., *Leclercia adecarboxylata*, *Serratia* spp. и *Klebsiella* spp. изолятов, устойчивых к цефалоспорином III и IV поколения, не обнаружено.

При анализе антибиотикорезистентности были выявлены изоляты БГКП, резистентные к трем и более лекарственным препаратам (полирезистентные) и устойчивые к 10 и более АМП (экстремально резистентные).

Из данных, представленных в таблице 3, видно, что полирезистентностью обладали изоляты бактерий *E. coli*, *Citrobacter* spp., *Enterobacter* spp., *Cronobacter* spp., а также *Serratia* spp. Однако экстремально резистентные изоляты обнаружены только среди бактерий *E. coli*.

При анализе продукции, из которой были выделены обладающие полирезистентностью бактерии (рис. 3), было установлено, что 88,7% изолятов получены при исследовании образцов продукции животного происхождения, из них 76,1% изолятов обнаружены в продуктах из мяса птицы. Кроме того, полирезистентные изоляты были выделены из питьевой воды (9,9%) и пряностей (1,4%).

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что пищевая продукция животного происхождения, в особенности продукция птицеводства, является одним из основных путей передачи антибиотикорезистентных микроорганизмов. Эти данные согласуются с результатами наблюдений многих авторов [27, 28, 30, 32] и указывают на то, что высокая распространенность БГКП, устойчивых к АМП, в мясе птицы может быть обусловлена особенностями технологического процесса получения мяса бройлеров, при котором только зоотехническими методами не всегда удается достичь эффективного результата.

В 2019 г. в Германии был опубликован ряд научных исследований, в которых установлено, что у большинства изолятов *E. coli* (до 71,9%), выделенных

**Таблица 2**  
Распространенность антибиотикорезистентности среди различных представителей семейства *Enterobacteriaceae*

**Table 2**  
Antimicrobial resistance prevalence among isolates of various genera of the family *Enterobacteriaceae*

Наименование антибиотика	Группа АМП	Количество резистентных изолятов, %					
		<i>E. coli</i> (n = 109)	<i>Citrobacter</i> spp. (n = 8)	<i>Enterobacter</i> spp. (n = 7)	<i>Cronobacter</i> spp. (n = 3)	<i>Raoultella</i> spp. (n = 3)	<i>Leclercia adecarboxylata</i> (n = 2)
Ампициллин/сульбактам	Пенициллины + ингибиторы β-лактамаз	24,8	12,5	0	33,3	0	0
Амоксициллин/клавуланат		8,3	37,5	71,4	33,3	0	0
Тикарциллин/клавуланат		0,9	0	0	66,7	0	0
Цефалотин	Цефалоспорины I поколения	32,1	37,5	85,7	0	0	0
Цефазолин		20,2	25,0	71,4	0	0	0
Цефаклор	Цефалоспорины II поколения	5,5	0	0	0	0	0
Цефуроским		15,6	0	0	0	0	0
Цефокситин		7,3	37,5	71,4	0	0	0
Цефамандол		12,8	0	0	0	0	0
Цефтриаксон	Цефалоспорины III поколения	11,0	0	0	0	0	0
Цефтазидим		5,5	0	0	0	0	0
Цефотаксим		9,2	0	0	0	0	0
Цефепим	Цефалоспорины IV поколения	5,5	0	0	0	0	0
Имипенем	Карбапенемы	0	0	0	0	0	0
Меропенем		0	0	0	0	0	0
Канамицин	Аминогликозиды	5,5	0	0	0	0	0
Гентамицин		10,1	0	0	0	0	0
Амикацин		0,9	12,5	0	0	0	0
Налидиксовая кислота	Хинолоны	53,2	0	0	33,3	0	0
Офлоксацин	Фторхинолоны	38,5	0	0	33,3	0	0
Ципрофлоксацин		43,1	0	0	33,3	0	0
Левофлоксацин		45,0	0	0	33,3	0	0
Тетрациклин	Тетрациклины	40,4	0	0	0	0	0
Доксициклин		39,4	0	0	0	0	0
Хлорамфеникол (левомицетин)	Амфениколы	17,4	12,5	0	0	0	0
Триметоприм/сульфаметоксазол (ко-тримоксазол)	Сульфаниламиды	38,5	0	0	0	0	0

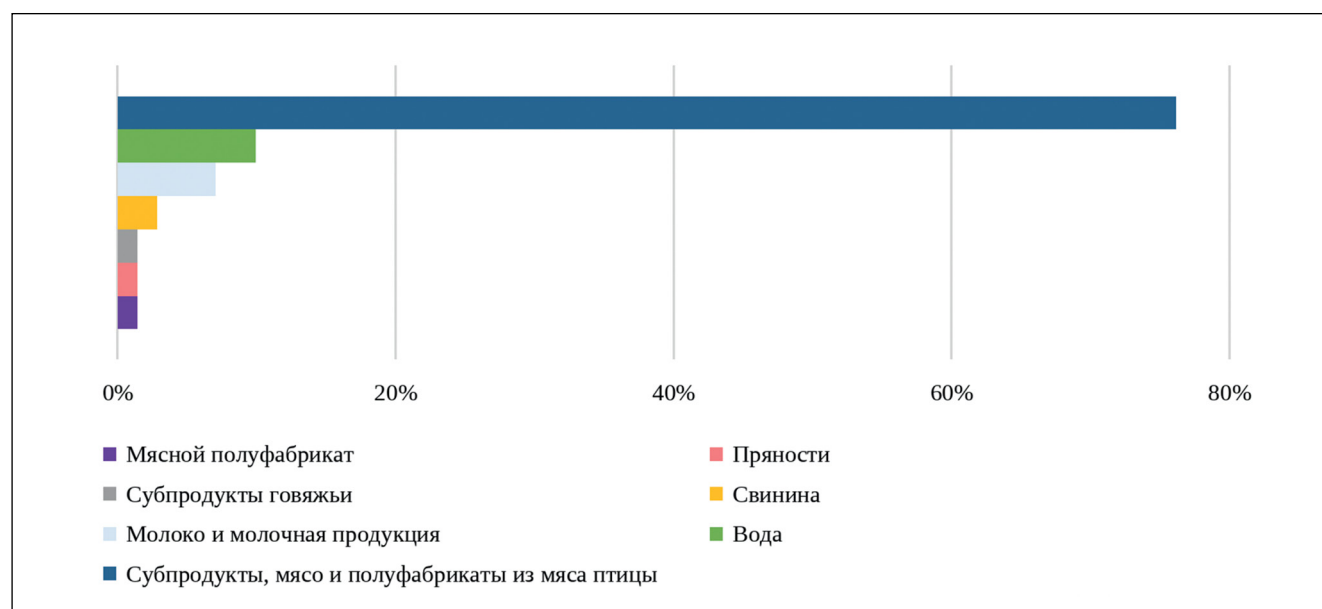
Цветовая шкала

0–20%	20–40%	40–60%	60–80%	80–100%
-------	--------	--------	--------	---------

**Таблица 3**  
**Распределение изолятов БГКП по степени устойчивости к антибиотикам**

**Table 3**  
**Classification of the coliform isolates based on their resistance to antibiotics**

Микроорганизм	Устойчивость к антибиотикам			
	Чувствительные, %	Резистентные, %	Полирезистентные, %	Экстремально резистентные, %
<i>E. coli</i> (n = 109)	36,7	8,3	37,6	17,4
<i>Citrobacter</i> spp. (n = 8)	37,5	37,5	25,0	0
<i>Enterobacter</i> spp. (n = 7)	0	14,3	85,7	0
<i>Cronobacter</i> spp. (n = 3)	33,3	0	66,7	0
<i>Raoultella</i> spp. (n = 3)	100	0	0	0
<i>Leclercia adecarboxylata</i> (n = 2)	100	0	0	0
<i>Klebsiella</i> spp. (n = 1)	100	0	0	0
<i>Serratia</i> spp. (n = 1)	0	0	100	0



**Рис. 3. Распределение изолятов БГКП со множественной лекарственной устойчивостью в зависимости от источника выделения (n = 76)**

**Fig. 3. Distribution of polyresistant coliform isolates depending on the source of isolation (n = 76)**

из мяса птицы, были обнаружены  $\beta$ -лактамазы расширенного спектра действия (ESBL), обеспечивающие устойчивость бактерий к цефалоспорином. Уровень выявления ESBL-продуцирующих эшерихий в говядине и свинине был значительно ниже и составлял до 12,1%.

В 2019–2021 гг. И. Донник было проведено обследование объектов животноводства в России для анализа распространенности антибиотикорезистентных изолятов энтеробактерий. В ходе данного исследования была установлена резистентность энтеробактерий к тетрациклам (до 92% изолятов) и пенициллинам (до 67% изолятов), а также к цефалоспорином III поколения, карбапенемам, фторхинолонам и аминогликозидам [7].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследований 2667 образцов пищевой продукции и воды в отделе микробиологических исследований Владимирской испытательной лаборатории

ФГБУ «ВНИИЗЖ» было выделено 134 изолята БГКП. В результате идентификации микроорганизмов было установлено, что данные энтеробактерии являются представителями родов *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Cronobacter*, *Leclercia*, *Serratia*, *Klebsiella*, *Raoultella*.

При определении устойчивости к АМП была установлена 100%-я чувствительность изолятов БГКП к антибиотикам группы карбапенемов. Наибольшую устойчивость выделенные изоляты показали к следующим группам АМП: хинолоны, фторхинолоны, цефалоспорины и тетрациклины.

Среди изолятов *E. coli* наибольшая резистентность отмечена к антибиотикам группы хинолонов, фторхинолонов и тетрациклинов. Изоляты *Citrobacter* spp. и *Enterobacter* spp. проявили устойчивость к АМП группы пенициллинов и цефалоспоринов. Изоляты *Cronobacter* spp. продемонстрировали резистентность к антибиотикам группы пенициллинов, хинолонов и фторхинолонов.

В процессе оценки степени устойчивости изолятов к антибиотикам было установлено, что полирезистентностью обладали изоляты *E. coli*, *Citrobacter* spp., *Enterobacter* spp., *Cronobacter* spp., *Serratia* spp. К экстремально резистентным были отнесены только изоляты *E. coli*. Изоляты бактерий *Raoultella* spp., *Leclercia adecarboxylata* и *Klebsiella* spp. проявили чувствительность ко всем используемым в ходе эксперимента антибиотикам.

В результате проведенного исследования установлено, что изоляты со множественной лекарственной устойчивостью преимущественно выделяли из образцов мяса птицы. Данный факт свидетельствует о том, что высокая частота обнаружения БГКП, резистентных к антибиотикам, в мясе птицы, может быть связана с особенностями технологии производства мяса бройлеров.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Земляноко О. М., Рогоза Т. М., Журавлева Г. А. Механизмы множественной устойчивости бактерий к антибиотикам. *Экологическая генетика*. 2018; 16 (3): 4–17. <https://doi.org/10.17816/ecogen1634-17>
2. Mohr K. I. History of Antibiotics Research. In: *How to Overcome the Antibiotic Crisis. Current Topics in Microbiology and Immunology*. Eds. M. Stadler, P. Dersch. 2016; 398: 237–272. [https://doi.org/10.1007/82\\_2016\\_499](https://doi.org/10.1007/82_2016_499)
3. Захарова О. И., Лискова Е. А., Михалева Т. В., Блохин А. А. Антибиотикорезистентность: эволюционные предпосылки, механизмы, последствия. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2018; 64 (3): 13–21. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.64.3.13-21>
4. Bo L., Sun H., Li Y.-D., Zhu J., Wurlpel J. N. D., Lin H., Chen Z.-S. Combating antimicrobial resistance: the silent war. *Frontiers in Pharmacology*. 2024; 15:1347750. <https://doi.org/10.3389/fphar.2024.1347750>
5. Naghavi M., Vollset S. E., Ikuta K. S., Swetschinski L. R., Gray A. P., Wool E. E., et al. Global burden of bacterial antimicrobial resistance 1990–2021: a systematic analysis with forecasts to 2050. *The Lancet*. 2024; 404 (10459): 1199–1226. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(24\)01867-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(24)01867-1)
6. Зайко Е. В., Батаева Д. С. Идентификация рисков, связанных с сырьем животного происхождения. *Теория и практика переработки мяса*. 2018; 3 (4): 23–31. <https://doi.org/10.21323/2414-438X2018-3-4-23-31>
7. Донник И. Антибиотикорезистентность: актуальность возрастает. *Животноводство России*. 2022; (4): 27–28. <https://doi.org/10.25701/ZZR.2022.04.04.010>
8. Исакова М. Н., Соколова О. В., Безбородова Н. А., Кривоногова А. С., Исаева А. Г., Зубарева В. Д. Антибиотикорезистентность клинических изолятов *Escherichia coli*, выделенных от животных. *Ветеринария сегодня*. 2022; 11 (1): 14–19. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2022-11-1-14-19>
9. Отамуратова Н. Х., Абдухалилова Г. К. Динамика резистентности уропатогенных штаммов *Escherichia coli* к антибактериальным препаратам. *Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия*. 2024; 26 (2): 236–240. <https://doi.org/10.36488/cmasc.2024.2.236-240>
10. Ikuta K. S., Swetschinski L. R., Aguilar G. R., Sharara F., Mestrovic T., Gray A. P., et al. Global mortality associated with 33 bacterial pathogens in 2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *The Lancet*. 2022; 400 (10369): 2221–2248. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(22\)02185-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(22)02185-7)
11. Белобородов В. Б., Гусаров В. Г., Дехнич А. В., Замятин М. Н., Зубарева Н. А., Зырянов С. К. и др. Диагностика и антимикробная терапия инфекций, вызванных полирезистентными микроорганизмами. Методические рекомендации Российской некоммерческой общественной организации «Ассоциация анестезиологов-реаниматологов», Межрегиональной общественной организации «Альянс клинических химиотерапевтов и микробиологов», Межрегиональной ассоциации по клинической микробиологии и антимикробной химиотерапии (МАКМАХ), общественной организации «Российский Сепсис Форум». *Вестник анестезиологии и реаниматологии*. 2020; 17 (1): 52–83. <https://doi.org/10.21292/2078-5658-2020-17-1-52-83>
12. Samreen, Ahmad I., Malak H. A., Abulreesh H. N. Environmental antimicrobial resistance and its drivers: a potential threat to public health. *Journal of Global Antimicrobial Resistance*. 2021; 27: 101–111. <https://doi.org/10.1016/j.jgar.2021.08.001>
13. Christaki E., Marcou M., Tofarides A. Antimicrobial resistance in bacteria: mechanisms, evolution, and persistence. *Journal of Molecular Evolution*. 2020; 88 (1): 26–40. <https://doi.org/10.1007/s00239-019-09914-3>
14. Senchyňa F., Gaur R. L., Sandlund J., Truong C., Tremintin G., Kültz D., et al. Diversity of resistance mechanisms in carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* at a health care system in Northern California, from 2013 to 2016. *Diagnostic Microbiology and Infectious Disease*. 2019; 93 (3): 250–257. <https://doi.org/10.1016/j.diagmicrobio.2018.10.004>
15. Bologna E., Licari L. C., Manfredi C., Ditonno F., Cirillo L., Fusco G. M., et al. Carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* in urinary tract infections: from biological insights to emerging therapeutic alternatives. *Medicina*. 2024; 60 (2): 214. <https://doi.org/10.3390/medicina60020214>
16. Luo Q., Lu P., Chen Y., Shen P., Zheng B., Ji J., et al. ESKAPE in China: epidemiology and characteristics of antibiotic resistance. *Emerging Microbes & Infections*. 2024; 13:2317915. <https://doi.org/10.1080/22221751.2024.2317915>
17. Sánchez F., Fuenzalida V., Ramos R., Escobar B., Neira V., Borie C., et al. Genomic features and antimicrobial resistance patterns of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* strains isolated from food in Chile. *Zoonoses and Public Health*. 2021; 68 (3): 226–238. <https://doi.org/10.1111/zph.12818>
18. WHO Bacterial Priority Pathogens List, 2024: bacterial pathogens of public health importance to guide research, development and strategies to prevent and control antimicrobial resistance. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/376776/9789240093461-eng.pdf?sequence=1>
19. Карпов О. Э., Гусаров В. Г., Замятин М. Н., Орлова О. А., Петрова Л. В., Камышова Д. А. и др. Управление антибиотикорезистентностью в стационаре: современные реалии и перспективы. *Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия*. 2020; 22 (4): 277–286. <https://doi.org/10.36488/cmasc.2020.4.277-286>
20. Макавичик С. А. Ветеринарный мониторинг антибиотикорезистентности как инструмент инфекционной безопасности. *Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии*. 2023; (3): 42–46. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2023.3.42>
21. Определение чувствительности микроорганизмов к антимикробным препаратам: рекомендации. <https://www.antibiotic.ru/files/321/clrec-dsma2021.pdf>
22. Состояние антибиотикорезистентности бактериальных возбудителей инфекций в Российской Федерации: аналитический отчет. [https://www.antibiotic.ru/files/406/analiticheskij\\_otchet\\_202.pdf](https://www.antibiotic.ru/files/406/analiticheskij_otchet_202.pdf)
23. Suay-García B., Pérez-Gracia M. T. Present and future of carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* (CRE) infections. *Antibiotics*. 2019; 8 (3): 122. <https://doi.org/10.3390/antibiotics8030122>
24. Baran A., Kwiatkowska A., Potocki L. Antibiotics and bacterial resistance – A short story of an endless arms race. *International Journal of Molecular Sciences*. 2023; 24 (6): 5777. <https://doi.org/10.3390/ijms24065777>
25. Habib I., Elbediwi M., Mohamed M.-Y. I., Ghazawi A., Abdalla A., Khalifa H. O., Khan M. Enumeration, antimicrobial resistance and genomic characterization of extended-spectrum  $\beta$ -lactamases producing *Escherichia coli* from supermarket chicken meat in the United Arab Emirates. *International Journal of Food Microbiology*. 2023; 398: 110224. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2023.110224>
26. Patel J., Harant A., Fernandes G., Mwamelo A. J., Hein W., Dekker D., Sridhar D. Measuring the global response to antimicrobial resistance, 2020–21: a systematic governance analysis of 114 countries. *The Lancet Infectious Diseases*. 2023; 23 (6): 706–718. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(22\)00796-4](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(22)00796-4)
27. Silva A., Silva V., Pereira J. E., Maltez L., Igrejas G., Valentão P., et al. Antimicrobial resistance and clonal lineages of *Escherichia coli* from food-producing animals. *Antibiotics*. 2023; 12 (6): 1061. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12061061>
28. Шевелёва С. А. Антибиотикоустойчивые микроорганизмы в пище как гигиеническая проблема (обзорная статья). *Гигиена и санитария*. 2018; 97 (4): 342–354. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2018-97-4-342-354>
29. Сибиркина М. М., Нитяга И. М., Смотринова Ю. В. Оценка частоты и спектра антибиотикорезистентности у *E. coli* и *Enterococcus* spp., выделенных из пищевой продукции. *Российский журнал «Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии»*. 2022; 3 (43): 299–304. <https://elibrary.ru/hmzta>
30. Kaesbohrer A., Bakran-Lebl K., Irrgang A., Fischer J., Kämpf P., Schiffmann A., et al. Diversity in prevalence and characteristics of ESBL/pAmpC producing *E. coli* in food in Germany. *Veterinary Microbiology*. 2019; 233: 52–60. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2019.03.025>
31. Rohde A. M., Zweigler J., Wiese-Posselt M., Schwab F., Behnke M., Kola A., et al. Incidence of infections due to third generation cephalosporin-resistant *Enterobacteriaceae* – a prospective multicentre cohort study in six German university hospitals. *Antimicrobial Resistance & Infection Control*. 2018; 7: 159. <https://doi.org/10.1186/s13756-018-0452-8>
32. Clemente L., Leão C., Moura L., Albuquerque T., Amaro A. Prevalence and characterization of ESBL/AmpC producing *Escherichia coli* from fresh meat in Portugal. *Antibiotics*. 2021; 10 (11): 1333. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10111333>

## REFERENCES

1. Zemlyanko O. M., Rogoza T. M., Zhouravleva G. A. Mechanisms of bacterial multiresistance to antibiotics. *Ecological genetics*. 2018; 16 (3): 4–17. <https://doi.org/10.17816/ecogen1634-17> (in Russ.)
2. Mohr K. I. History of Antibiotics Research. In: *How to Overcome the Antibiotic Crisis. Current Topics in Microbiology and Immunology*. Eds. M. Stadler, P. Dersch. 2016; 398: 237–272. [https://doi.org/10.1007/82\\_2016\\_499](https://doi.org/10.1007/82_2016_499)
3. Zakharova O. I., Liskova E. A., Mikhaleva T. V., Blokhin A. A. Antibiotic resistance: evolutionary prerequisites, mechanisms, consequences. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2018; 64 (3): 13–21. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.64.3.13-21> (in Russ.)
4. Bo L., Sun H., Li Y.-D., Zhu J., Wurlpel J. N. D., Lin H., Chen Z.-S. Combating antimicrobial resistance: the silent war. *Frontiers in Pharmacology*. 2024; 15:1347750. <https://doi.org/10.3389/fphar.2024.1347750>
5. Naghavi M., Vollset S. E., Ikuta K. S., Swetschinski L. R., Gray A. P., Wool E. E., et al. Global burden of bacterial antimicrobial resistance 1990–2021: a systematic analysis with forecasts to 2050. *The Lancet*. 2024; 404 (10459): 1199–1226. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(24\)01867-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(24)01867-1)
6. Zayko E. V., Bataeva D. S. Identification of risks associated with raw materials of animal origin. *Theory and Practice of Meat Processing*. 2018; 3 (4): 23–31. <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2018-3-4-23-31>
7. Donnik I. Antibiotic resistance: becoming more relevant. *Animal Husbandry of Russia*. 2022; (4): 27–28. <https://doi.org/10.25701/ZZR.2022.04.04.010> (in Russ.)

8. Isakova M. N., Sokolova O. V., Bezborodova N. A., Krivonogova A. S., Isaeva A. G., Zubareva V. D. Antimicrobial resistance in clinical *Escherichia coli* isolates obtained from animals. *Veterinary Science Today*. 2022; 11 (1): 14–19. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2022-11-1-14-19>
9. Otamuratova N. Kh., Abdulkhalilova G. K. Dynamics of antimicrobial resistance of uropathogenic isolates of *Escherichia coli*. *Clinical Microbiology and Antimicrobial Chemotherapy*. 2024; 26 (2): 236–240. <https://doi.org/10.36488/cmasc.2024.2.236-240> (in Russ.)
10. Ikuta K. S., Swetschinski L. R., Aguilar G. R., Sharara F., Mestrovic T., Gray A. P., et al. Global mortality associated with 33 bacterial pathogens in 2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *The Lancet*. 2022; 400 (10369): 2221–2248. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(22\)02185-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(22)02185-7)
11. Beloborodov V. B., Gusarov V. G., Dekhnich A. V., Zamyatin M. N., Zubareva N. A., Zyrjanov S. K., et al. Diagnostics and antimicrobial therapy of the infections caused by multiresistant microorganisms. Guidelines of the Association of Anesthesiologists-Intensivists, the Interregional Non-Governmental Organization Alliance of Clinical Chemotherapists and Microbiologists, the Interregional Association for Clinical Microbiology and Antimicrobial Chemotherapy (IACMAC), and NGO Russian Sepsis Forum. *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*. 2020; 17 (1): 52–83. <https://doi.org/10.21292/2078-5658-2020-17-1-52-83> (in Russ.)
12. Samreen, Ahmad I., Malak H. A., Abulreesh H. H. Environmental antimicrobial resistance and its drivers: a potential threat to public health. *Journal of Global Antimicrobial Resistance*. 2021; 27: 101–111. <https://doi.org/10.1016/j.jgar.2021.08.001>
13. Christaki E., Marcou M., Tofarides A. Antimicrobial resistance in bacteria: mechanisms, evolution, and persistence. *Journal of Molecular Evolution*. 2020; 88 (1): 26–40. <https://doi.org/10.1007/s00239-019-09914-3>
14. Senchyna F., Gaur R. L., Sandlund J., Truong C., Tremintin G., Kultz D., et al. Diversity of resistance mechanisms in carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* at a health care system in Northern California, from 2013 to 2016. *Diagnostic Microbiology and Infectious Disease*. 2019; 93 (3): 250–257. <https://doi.org/10.1016/j.diagmicrobio.2018.10.004>
15. Bologna E., Licari L. C., Manfredi C., Dittono F., Cirillo L., Fusco G. M., et al. Carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* in urinary tract infections: from biological insights to emerging therapeutic alternatives. *Medicina*. 2024; 60 (2):214. <https://doi.org/10.3390/medicina60020214>
16. Luo Q., Lu P., Chen Y., Shen P., Zheng B., Ji J., et al. ESKAPE in China: epidemiology and characteristics of antibiotic resistance. *Emerging Microbes & Infections*. 2024; 13:2317915. <https://doi.org/10.1080/22221751.2024.2317915>
17. Sánchez F., Fuenzalida V., Ramos R., Escobar B., Neira V., Borie C., et al. Genomic features and antimicrobial resistance patterns of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* strains isolated from food in Chile. *Zoonoses and Public Health*. 2021; 68 (3): 226–238. <https://doi.org/10.1111/zph.12818>
18. WHO Bacterial Priority Pathogens List. 2024: bacterial pathogens of public health importance to guide research, development and strategies to prevent and control antimicrobial resistance. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/376776/9789240093461-eng.pdf?sequence=1>
19. Karpov O. E., Gusarov V. G., Zamyatin M. N., Orlova O. A., Petrova L. V., Kamyshova D. A., et al. Management of antimicrobial resistance in a hospital: current state and future prospects. *Clinical Microbiology and Antimicrobial Chemotherapy*. 2020; 22 (4): 277–286. <https://doi.org/10.36488/cmasc.2020.4.277-286> (in Russ.)
20. Makavchik S. A. Veterinary monitoring of antibiotic resistance as a tool of infectious safety. *Legal Regulation in Veterinary Medicine*. 2023; (3): 42–46. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2023.3.42> (in Russ.)
21. Determination of susceptibility of bacteria to antimicrobial drugs: recommendations. <https://www.antibiotic.ru/files/321/clrec-dsma2021.pdf> (in Russ.)
22. Current situation on antibiotic-resistant bacterial pathogens in the Russian Federation: an analytical report. [https://www.antibiotic.ru/files/406/analiticheskij\\_otchet\\_202.pdf](https://www.antibiotic.ru/files/406/analiticheskij_otchet_202.pdf) (in Russ.)
23. Suay-García B., Pérez-Gracia M. T. Present and future of carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* (CRE) infections. *Antibiotics*. 2019; 8 (3):122. <https://doi.org/10.3390/antibiotics8030122>
24. Baran A., Kwiatkowska A., Potocki L. Antibiotics and bacterial resistance – A short story of an endless arms race. *International Journal of Molecular Sciences*. 2023; 24 (6):5777. <https://doi.org/10.3390/ijms24065777>
25. Habib I., Elbediwi M., Mohamed M.-Y. I., Ghazawi A., Abdalla A., Khalifa H. O., Khan M. Enumeration, antimicrobial resistance and genomic characterization of extended-spectrum  $\beta$ -lactamases producing *Escherichia coli* from supermarket chicken meat in the United Arab Emirates. *International Journal of Food Microbiology*. 2023; 398: 110224. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2023.110224>
26. Patel J., Harant A., Fernandes G., Mwamelo A. J., Hein W., Dekker D., Sridhar D. Measuring the global response to antimicrobial resistance, 2020–21: a systematic governance analysis of 114 countries. *The Lancet Infectious Diseases*. 2023; 23 (6): 706–718. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(22\)00796-4](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(22)00796-4)
27. Silva A., Silva V., Pereira J. E., Maltez L., Igrejas G., Valentão P., et al. Antimicrobial resistance and clonal lineages of *Escherichia coli* from food-producing animals. *Antibiotics*. 2023; 12 (6):1061. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12061061>
28. Sheveleva S. A. Antimicrobial-resistant microorganisms in food as a hygienic problem. *Hygiene and Sanitation*. 2018; 97 (4): 342–354. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2018-97-4-342-354> (in Russ.)
29. Sibirkina M. M., Nityaga I. M., Smotrina J. V. Evaluation of the frequency and spectrum of antibiotic resistance in *E. coli* and *Enterococcus* spp., isolated from food products. *Russian Journal "Problems of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology"*. 2022; 3 (43): 299–304. <https://elibrary.ru/hmztsa> (in Russ.)
30. Kaesbohner A., Bakran-Lebl K., Irrgang A., Fischer J., Kämpf P., Schiffmann A., et al. Diversity in prevalence and characteristics of ESBL/pAmpC producing *E. coli* in food in Germany. *Veterinary Microbiology*. 2019; 233: 52–60. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2019.03.025>
31. Rohde A. M., Zweigner J., Wiese-Posselt M., Schwab F., Behnke M., Kola A., et al. Incidence of infections due to third generation cephalosporin-resistant *Enterobacteriaceae* – a prospective multicentre cohort study in six German university hospitals. *Antimicrobial Resistance & Infection Control*. 2018; 7:159. <https://doi.org/10.1186/s13756-018-0452-8>
32. Clemente L., Leão C., Moura L., Albuquerque T., Amaro A. Prevalence and characterization of ESBL/AmpC producing *Escherichia coli* from fresh meat in Portugal. *Antibiotics*. 2021; 10 (11):1333. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10111333>

Поступила в редакцию / Received 18.11.2025

Поступила после рецензирования / Revised 29.12.2025

Принята к публикации / Accepted 12.03.2026

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Юлдашева Анастасия Николаевна**, заместитель заведующего отделом микробиологических исследований Владимирской испытательной лаборатории ФГБУ «ВНИИЗЖ», г. Владимир, Россия; [yuldasheva@arriah.ru](mailto:yuldasheva@arriah.ru)

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

**Прунтова Ольга Владиславовна**, д-р биол. наук, профессор, главный научный сотрудник информационно-аналитического центра ФГБУ «ВНИИЗЖ», г. Владимир, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-3143-7339>, [pruntova@arriah.ru](mailto:pruntova@arriah.ru)

**Anastasia N. Yuldasheva**, Deputy Head, Department for Microbiological Testing, Vladimir Testing Laboratory, Federal Centre for Animal Health, Vladimir, Russia; [yuldasheva@arriah.ru](mailto:yuldasheva@arriah.ru)

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

**Olga V. Pruntova**, Dr. Sci. (Biology), Professor, Chief Researcher, Information and Analysis Centre, Federal Centre for Animal Health, Vladimir, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-3143-7339>, [pruntova@arriah.ru](mailto:pruntova@arriah.ru)

**Вклад авторов:** Юлдашева А. Н. – проведение исследований, анализ результатов, подготовка текста статьи; Шадрова Н. Б. – дизайн исследований, редактирование текста статьи; Прунтова О. В. – научное консультирование.

**Contribution of the authors:** Yuldasheva A. N. – study conducting, results analysis, paper text preparation; Shadrova N. B. – study design, paper text editing; Pruntova O. V. – scientific assistance.