

ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Научная статья

УДК 579.61

1.5.11. Микробиология (медицинские науки)

<https://doi.org/10.17021/1992-6499-2026-2-99-108>

**РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЦИРКУЛЯЦИИ МИКРООРГАНИЗМОВ
ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ПОРЯДКА ENTEROBACTERALES
В НЕОНАТОЛОГИЧЕСКИХ СТАЦИОНАРАХ**

**Вячеслав Александрович Косов, Ирина Семеновна Степаненко,
Михаил Романович Киценко, Роман Александрович Кузнецов**
Волгоградский государственный медицинский университет, Волгоград, Россия

Аннотация. Антибиотикорезистентность представляет собой одну из наиболее серьезных угроз для глобального здравоохранения в современном мире. В контексте всех этих событий, растущее количество инфекционных болезней, вызванные полирезистентными штаммами микроорганизмов, в неонатологических отделениях вызывает особое беспокойство. *Escherichia coli* и *Klebsiella pneumoniae*, относятся к группе патогенов «ESKAPE». Данная группа включена в список приоритета в борьбе с их растущей резистентностью, поскольку «ESKAPE» патогены наиболее часто встречаются в качестве возбудителя инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи и в отделениях интенсивной терапии новорожденных. **Цель.** Оценка антибиотикорезистентности микроорганизмов *E. coli* и *K. pneumoniae* в отделениях интенсивной терапии новорожденных г. Волгограда. **Материалы и методы.** Работа проводилась в клинике «Семейной медицины» г. Волгограда. Материалом для исследования послужили мазки из зева, фекалии, кровь, моча новорожденных от 4 дней до 4 мес. Идентификация микроорганизмов, определение чувствительности бактерий к антимикробным препаратам производились с помощью автоматического бактериологического анализатора. **Результаты.** В результате исследования, было установлено, что *K. pneumoniae* проявляет абсолютную резистентность (100 %) к большинству распространенных классов антибиотиков, включая бета-лактамы (например, цефалоспорины I поколения, цефепим, цефтриаксон), аминогликозиды (гентамицин, амикацин), фторхинолоны (ципрофлоксацин, левофлоксацин) и даже некоторые карбапенемы (эртапенем). *E. coli* показали полную устойчивость (100 %) к ряду важных групп антибиотиков, включая цефалоспорины II поколения (цефазолин, цефуроксим), аминогликозиды (гентамицин, амикацин), фторхинолоны (ципрофлоксацин, левофлоксацин) и карбапенемы (эртапенем). **Заключение.** Подавляющее большинство штаммов *K. pneumoniae* абсолютно устойчивы к целому ряду антибиотиков широкого спектра действия, включая пенициллины, цефалоспорины, аминогликозиды и фторхинолоны. Более того, несмотря на относительно меньшее выделение *E. coli*, этот микроорганизм также характеризуется высоким уровнем устойчивости к ключевым антибиотикам.

Ключевые слова: *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, антибиотикорезистентность, неонатология

Для цитирования: Косов В. А., Степаненко И. С., Киценко М. Р., Кузнецов Р. А. Региональные особенности циркуляции микроорганизмов представителей порядка Enterobacterales в неонатологических стационарах // Астраханский медицинский журнал. 2026. Т. 21, № 2. С. 99–108. <https://doi.org/10.17021/1992-6499-2026-2-99-108>.

ORIGINAL RESEARCH

Scientific article

**REGIONAL FEATURES OF THE CIRCULATION OF MICROORGANISMS
OF REPRESENTATIVES OF THE ORDER ENTEROBACTERALES
IN NEONATOLOGY HOSPITALS**

**Vyacheslav A. Kosov, Irina S. Stepanenko,
Mikhail R. Kitsenko, Roman A. Kuznetsov**
Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia

Annotation. Antibiotic resistance is one of the most serious threats to global health in the modern world. In the context of all these events, the growing number of infectious diseases caused by polyresistant strains of microorganisms in neonatology departments is of particular concern. *Escherichia coli* and *Klebsiella pneumoniae* belong to the “ESKAPE” group of pathogens. This group is included in the priority list in the fight against their growing resistance, since “ESKAPE” pathogens are most often found as the causative agent of healthcare-associated infections and in neonatal intensive care units. **Goal.** Assessment of antibiotic resistance of *E. coli* and *K. pneumoniae* microorganisms in neonatal intensive care units in Volgograd. **Materials and methods.** The work was carried out in the clinic of “Family Medicine” in Volgograd. The material for the study was smears from the pharynx, feces, blood, urine of newborns from 4 days to 4 months. Identification of microorganisms and determination of the sensitivity of bacteria to antimicrobial drugs were performed using a bacteriological automatic analyzer. **Results.** As a result of the study, it was found that *K. pneumoniae* exhibits absolute resistance (100 %) to most common classes of antibiotics, including beta-lactams (for example, cephalosporins of the first generation, cefepime, ceftriaxone), aminoglycosides (gentamicin, amikacin), fluoroquinolones (ciprofloxacin, levofloxacin) and even some carbapenems (ertapenem). *E. coli* showed complete resistance (100 %) to a number of important groups of antibiotics, including second-generation cephalosporins (cefazolin, cefuroxime), aminoglycosides (gentamicin, amikacin), fluoroquinolones (ciprofloxacin, levofloxacin) and carbapenems (ertapenem). **Conclusion.** The vast majority of *K. pneumoniae* strains are absolutely resistant to a number of broad-spectrum antibiotics, including penicillins, cephalosporins, aminoglycosides, and fluoroquinones. Moreover, despite the relatively lower excretion of *E. coli*, this microorganism is also characterized by a high level of resistance to key antibiotics.

Key words: *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, antibiotic resistance, neonatology

For citation: Kosov V. A., Stepanenko I. S., Kitsenko M. R., Kuznetsov R. A. Regional features of the circulation of micro-organisms of representatives of the order Enterobacterales in neonatology hospitals. Astrakhan Medical Journal. 2026; 21 (2): 99–108. <https://doi.org/10.17021/1992-6499-2026-2-99-108> (In Russ.).

Введение. Антибиотикорезистентность (АР) представляет собой одну из наиболее серьезных угроз для глобального здравоохранения в современном мире. Это явление связано со способностью бактерий противостоять действию антибиотиков, что делает лечение инфекционных заболеваний более сложным и иногда невозможным. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), антибиотикорезистентность приводит к миллионам случаев заболеваемости и смертности, а также к значительным экономическим потерям [1]. В контексте всех этих событий, растущее количество инфекционных болезней, вызванных полирезистентными штаммами микроорганизмов, в неонатологических отделениях вызывает особое беспокойство. По данным центра по контролю и профилактики болезней России, Европы и США, частота выявления нозокомиальных микроорганизмов у новорожденных составляет от 4 до 7 % [2].

Klebsiella pneumoniae является наиболее опасной бактерией при неонатологических инфекциях. Данный микроорганизм обладает ограниченным, но эффективно реализуемым набором факторов вирулентности, которые способствуют развитию патологических процессов внутри организма новорожденного. Из всех факторов вирулентности *K. pneumoniae*, именно капсулы серотипов K1 и K2 вызывают такие патологические процессы, как гиперпродукция мукоидного вещества, что в свою очередь способствует обильному выделению слизи [3]. Недавние исследования акцентируют внимание на гипервирулентном патотипе *K. pneumoniae* (hvKP), который может вызывать различные инвазивные инфекции у иммунокомпетентных лиц. Данный патотип, в отличие от классического патотипа *K. pneumoniae* (cKP), содержит плазмидные факторы вирулентности (rmpA, rmpA2, iro, and iuc) и связан с капсулами типа K1 и K2. Несмотря на то, что гипервирулентные штаммы *K. pneumoniae* были открыты 4 десятилетия назад, сообщается о карбапенем-резистентных hvKP, и клиническая картина данного патотипа резко меняется [4]. Из-за отсутствия идентифицирующего маркера гипервирулентности, отличить классический тип *K. pneumoniae* от гипервирулентного в рутинной диагностике становится невозможным. На основе обнаружения капсулярно-последовательных типов было выявлено 26 % неонатологических септических штаммов гипервирулентного типа [5]. Также капсула способствует маскировке микроорганизма от воздействия иммунной системы и нарушает активацию системы комплемента [6]. Липополисахарид (ЛПС) клеточной стенки также вносит свой вклад, защищая бактерию от воздействия фагоцитов и системы комплементов иммунной системы организма [7].

Escherichia coli представляет собой грамотрицательную бактерию палочковидной формы. Данный микроорганизм был впервые выделен в 1885 году из стула младенца Теодором Эшерихом. У младенцев *E. coli* колонизируется в ЖКТ через несколько часов после рождения. Несмотря на то, что бактерия отлично вступает в комменсализм с человеком, данный вид микроорганизма может вызывать заболевания у пациентов с нарушенным желудочно-кишечным барьером и с ослабленным иммунитетом. *E. coli* классифицируют на различные группы: A, B1, B2, C, D, E, F и клада. Данная классификация

была основана на различии генетических подструктур. Штаммы *E. coli*, вызывающие патологические процессы, являются B2 и D, в то время, как группы A и B1, в большинстве случаев, не вызывают патологических изменений [8]. Выделенные с человека штаммы *E. coli* могут вызывать диарейные заболевания 9 патоваров, 7 из которых описаны, как энтеропатогенный *E. coli* (EPEC), энтерогеморрагический *E. coli* (EHEC), энтеротоксигенный *E. coli* (ETEC), энтероинвазивный *E. coli* (EIEC), энтероагрегативный *E. coli* (EAEC), диффузно-адгезивный *E. coli* (DAEC) и адгезивно-инвазивный *E. coli* (AIEC) [9].

E. coli, также как и *K. pneumoniae*, относятся к группе патогенов «ESKAPE». Данная группа микроорганизмов включена в список приоритета в борьбе с их растущей резистентностью, поскольку «ESKAPE» патогены наиболее часто встречаются в качестве возбудителя ИСМП. В случае с новорожденными, *E. coli* и *K. pneumoniae* часто встречаются в отделениях интенсивной терапии новорожденных (ОИТН). Примечательно, что ESML – продуцирующие *E. coli* (ESBL-PEco) и ESML – *K. pneumoniae* (ESBL-PKpn) присутствуют среди устойчивых штаммов, и являются распространенным явлением среди пациентов госпитализированных новорожденных. Более того, генетическое родство между ESBL-PEco и ESBL-PKpn проявляет важность эндогенной инфекции и клональной диссеминации [10].

Спектр препаратов выбора для лечения инфекционных болезней небольшой в связи с особенностями иммунной системы новорожденных и стремительно растущей резистентностью к антимикробным препаратам у представителей вида *K. pneumoniae*. Среди антибактериальных препаратов используют антибиотики группы цефалоспоринового ряда, также аминогликозиды, карбапенемы и фторхинолоны. Применяют бактериофаги и комбинации антибиотиков. Но уже в 2013 г. сообщалось, что комбинация ампициллина и гентамицина для лечения неонатального сепсиса может быть неэффективна [11]. Комбинация цефтазидим/авибактам, которая была предложена в 2023 г., применяется лишь для лечения взрослых и детей, больше 3-х месяцев, а новорожденным данная комбинация противопоказана. Уже сообщаются случаи инфекции кровотока у новорожденных, вызванные штаммом *K. pneumoniae*, совместно продуцирующим *bla*_{KPC-2} и *bla*_{VEB-25} β-лактамазы. Данный случай лишь подчеркивает, что варианты использования антимикробных препаратов сильно ограничиваются и приходится использовать либо препараты «последней линии», такие как полимиксины и тигециклин, либо использовать комбинацию цефтазидим/авибактам, меропенем/ваборбактам, фармакокинетические данные которых ограничены [12, 13].

Все это наталкивает на важность микробиологического мониторинга резистентности и грамотного назначения антимикробных препаратов. Проведение контроля чувствительности к антимикробным препаратам необходимо для формирования клинических рекомендаций по рациональному использованию антимикробных препаратов. Так, осуществленный микробиологический мониторинг в рамках внутривузовского гранта Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации г. Волгограда, в 2023 г. выявил из 95 штаммов клинически значимых микроорганизмов 30,53 % представителей рода *Staphylococcus*, почти 27 % патогенных бактерий рода *Klebsiella* и 22,11 % представителей рода *Escherichia*. Были выявлены резистентные штаммы *K. pneumoniae* и *E. coli* к таким антибактериальным препаратам, как амикацин, ампициллин, азтреонам, цефепим, цефтриаксон, ципрофлоксацин, эртапенем, гентамицин, левофлоксацин, пиперациллин-тазобактам, пиперациллин, тобрамицин, ампициллин-сульбактам, цефотаксим, цефтазидим, цефуроксим, и лишь промежуточную чувствительность проявили к имипенему и меропенему у *K. pneumoniae*, а *E. coli* – промежуточную чувствительность к цефотаксиму, цефтазидиму, цефуроксиму и ампициллину-сульбактаму. Помимо высокого проявления резистентности к широкому спектру антибиотиков, *K. pneumoniae* стала лидером по количеству выделенных генов резистентности, по сравнению с представителями рода *Staphylococcus* и *Escherichia*. Были выделены гены *ctx-M-1*, *kpc*, *shv*, *tem*, *ndm* и 4 штамма с сочетанием 4 генов резистентности. У *E. coli* были выявлены гены резистентности *tem* и *ctx-M-1* [14].

Цель: оценка распределения антибиотикорезистентных штаммов микроорганизмов *E. coli* и *K. pneumoniae* в отделениях интенсивной терапии новорожденных г. Волгограда.

Материалы и методы. Работа проводилась в клинике «Семейная медицина» г. Волгограда. Материалами для исследования послужили мазки из зева, фекалии, кровь, моча новорожденных от 4 дней до 4 мес. Выделение и идентификация микроорганизмов проводились бактериологическими методами по классическим методикам. Всего в исследование был изучен 61 штамм бактерий рода *Klebsiella* и *E. coli*. Из общего числа пациентов были образованы 2 группы: 1 группа – бактерии рода *Klebsiella* (*n* = 36), 2 группа – бактерии вида *E. coli* (*n* = 25). Определение чувствительности бактерий к

антимикробным препаратам производилось с помощью автоматического бактериологического анализатора «MicroScan WalkAway 40 Plus» (Beckman Coulter, Inc., США). Анализ антибиотикорезистентности штаммов проводился с помощью платформы «AMRcloud» (<https://amrcloud.net/>). Определение генов резистентности проводилось методом real-time ПЦР с использованием набора реагентов БакРезиста GLA (ЗАО «НПФ «ДНК-технология», Россия).

Результаты. В результате исследования из проб новорожденных пациентов был выделен и изучен 61 штамм микроорганизмов, дающих обильный рост и идентифицированных как представители рода *Escherichia* и *Klebsiella*. Графически это отражено на рисунке 1.



Рисунок 1. Суммарное количество возбудителей рода *Escherichia* и *Klebsiella*, выделенных из пациентов отделения неонатологии

Figure 1. The total number of pathogens of the genus *Escherichia* and *Klebsiella*, isolated from patients of the Department of Neonatology

Суммарное количество различных видов возбудителей составило 61 штамм, их процентное соотношение представлено в таблице 1. Количественно преобладают представители *K. pneumoniae* (55,74 %), дальнейшая градация по убыванию соответствует следующему: *E. coli* (40,98 %), *K. oxytoca* (3,28 %).

Таблица 1. Соотношение таксономических видов микроорганизмов *K. pneumoniae*, *E. coli* и *K. oxytoca*, выделенных из пациентов отделения неонатологии

Table 1. The ratio of taxonomic species of microorganisms *K. pneumoniae*, *E. coli* and *K. oxytoca*, isolated from patients of the Department of Neonatology

Вид микроорганизма	N	%
<i>K. pneumoniae</i>	34	55,74
<i>E. coli</i>	25	40,98
<i>K. oxytoca</i>	2	3,28

Среди изолятов *K. pneumoniae* к левофлоксацину резистентны 32 штамма, с промежуточной чувствительностью 2 штамма; к пиперациллину резистентны 34 штамма; к тобрамицину резистентны 34 штамма; к цефтриаксону резистентны 34 штамма; к цефуроксиму резистентны 24 штамма, с промежуточной чувствительностью 10 штаммов; к цiproфлоксацину резистентны 34 штамма; к эртапенему резистентны 34 штамма, к гентамицину резистентны 34 штамма, к азтреонаму резистентны 34 штамма, к цефазолину резистентны 2 штамма, к цефепиму резистентны 34 штамма, к цефотаксиму резистентны 24 штамма с промежуточной чувствительностью 10 штаммов, к цефокситину резистентен 1 штамм, к

ампициллину-сульбактаму чувствительны 15 штаммов, резистентны 19 штаммов, к цефтазидиму чувствительны 10 штаммов, резистентны 23 штамма, с промежуточной чувствительностью 1 штамм, к пиперациллину-тазобактаму чувствительны 2 штамма, резистентны 32 штамма, к амикацину резистентны 34 штамма, к ампициллину резистентны 34 штамма, к хлорамфениколу чувствительны 2 штамма, к имипенему чувствительны 22 штамма, резистентны 11 штаммов с промежуточной чувствительностью 1 штамм, к меропенему чувствительны 19 штаммов, резистентны 11 штаммов с промежуточной резистентностью 4 штамма, к тикарцеллину-клавуланату чувствителен 1 штамм с промежуточной чувствительностью 1 штамм, к триметоприм-сульфаметоксазолу чувствительны 16 штаммов с промежуточной чувствительностью 18 штаммов. Данные представлены в таблице 2.

Таблица 2. Оценка распределения категорий чувствительности к левофлоксацину, пиперациллину, тобрамицину, цефтриаксону, цефуроксиму, цiproфлоксацину, эртапенему, гентамицину, азтреонаму, цефазолину, цефепиму, цефотаксиму, цефокситину, ампициллину-сульбактаму, цефтазидиму, пиперациллину-тазобактаму, амикацину, ампициллину, хлорамфениколу, имипенему, меропенему, тикарцеллину-клавуланату, триметропим-сульфаметоксазолу среди изолятов *K. pneumoniae*

Table 2. Assessment of the distribution of sensitivity categories to levofloxacin, piperacillin, tobramycin, ceftriaxone, cefuroxime, ciprofloxacin, ertapenem, gentamicin, aztreonam, cefazolin, cefepime, cefotaxime, cefoxitin, ampicillin-sulbactam, ceftazidime, piperacillin-tazobactam, amikacin, ampicillin, chloramphenicol, imipenem, meropenem, ticarcillin-clavulanate, trimethoprim-sulfamethoxazole among *K. pneumoniae* isolates

diff_disc	Микроорганизмы	% R: 0–20 %	% R: 21–50 %	% R: 51–100 %
Точность результата ≥ 80 %	<i>K. pneumoniae</i> (94,44 %; 34/36)	Триметоприм-сульфаметоксазол (0 %; 0/34)		Левофлоксацин (94,12 %; 32/34), пиперациллин-тазобактам (94,12 %; 32/34), амикацин (100 %; 34/34), ампициллин (100 %; 34/34), азтреонам (100 %; 34/34), цефепим (100 %; 34/34), цефтриаксон (100 %; 34/34), цiproфлоксацин (100 %; 34/34), эртапенем (100 %; 34/34), гентамицин (100 %; 34/34), пиперациллин (100 %; 34/34), тобрамицин (100 %; 34/34)
Точность результата < 80 %	<i>K. pneumoniae</i> (94,44 %; 34/36)	Хлорамфеникол (0 %; 0/2), тикарцеллину-клавуланат (0 %; 0/2)	Имипенем (32,35 %; 11/34), меропенем (32,35 %; 11/34)	Ампициллин-сульбактам (55,88 %; 19/34), цефтазидим (67,65 %; 23/34), цефотаксим (70,59 %; 24/34), цефуроксим (70,59 %; 24/34), цефазолин (100 %; 2/2), цефокситин (100 %; 1/1)
Точность результата < 80 %	<i>K. oxytoca</i> (5,56 %; 2/36)	цефотаксим (0 %; 0/2), цефтазидим (0 %; 0/2), имипенем (0 %; 0/2), меропенем (0 %; 0/2), триметоприм-сульфаметоксазол (0 %; 0/2)	Ампициллин-сульбактам (50 %; 1/2) цефуроксим (50 %; 1/2)	Амикацин (100 %; 2/2), ампициллин (100 %; 2/2), азтреонам (100 %; 2/2), цефепим (100 %; 2/2), цефтриаксон (100 %; 2/2), цiproфлоксацин (100 %; 2/2), эртапенем (100 %; 2/2), гентамицин (100 %; 2/2), левофлоксацин (100 %; 2/2), пиперациллин-тазобактам (100 %; 2/2), пиперациллин (100 %; 2/2), тобрамицин (100 %; 2/2)

Среди изолятов *E. coli* к ампициллину-сульбактаму чувствительны 13 штаммов, резистентны 12 штаммов; к ампициллину чувствительны 11 штаммов, резистентны 14 штамма; к пиперациллину-тазобактаму чувствителен 1 штамм, резистентны 24 штамма; к амикацину резистентны 25 штаммов; к азтреонаму резистентны 25 штаммов; к цефазолину резистентен 1 штамм; к цефепиму резистентны 25 штаммов; к цефотаксиму резистентны 8 штаммов с промежуточной чувствительностью 17 штаммов; к цефтриаксону резистентны 25 штаммов; к цефуроксиму резистентны 9 штаммов с промежуточной чувствительностью 16 штаммов; к цiproфлоксацину резистентны 25 штаммов; к эртапенему резистентны 25 штаммов; к гентамицину резистентны 25 штаммов; к левофлоксацину резистентны 25 штаммов; к пиперациллину резистентны 25 штаммов; к тикарцеллину-клавуланату резистентен 1 штамм; к тигециклину резистентны 25 штаммов; к тобрамицину резистентны 25 штаммов, к хлорамфениколу чувствителен 1 штамм; к имипенему чувствительны 24 штамма, резистентен 1 штамм;

к меропенему чувствителен 22, с промежуточной чувствительностью 3 штамма, к триметропим-сульфаметоксазолу чувствительны 17 штаммов с промежуточной чувствительностью 8 штаммов; к цефтазидиму чувствительны 16 штаммов, резистентны 8 штаммов с промежуточной чувствительностью 1 штамм. Данные представлены в таблице 3.

Таблица 3. Оценка распределения категорий чувствительности к ампициллину-сульбактаму, ампициллину, амикацину, азтреонаму, цефазолину, цефепиму, цефотаксиму, цефтриаксону, цефуроксиму, ципрофлоксацину, эртапенему, гентамицину, левофлоксацину, пиперациллину, тикарцеллину-клавуланату, тигециклину, тобрамицину, хлорамфениколу, имипенему, меропенему, триметропим-сульфаметоксазолу, цефтазидиму среди изолятов *E. coli*
Table 3. Assessment of the distribution of ampicillin sensitivity categories-sulbactam, ampicillin, amikacin, aztreonam, cefazolin, cefepime, cefotaxime, ceftriaxone, cefuroxime, ciprofloxacin, ertapenem, gentamicin, levofloxacin, piperacillin, ticarcillin-clavulanate, tigecycline, tobramycin, chloramphenicol, imipenem, meropenem, trimethoprim-sulfamethoxazole, ceftazidime among *E. coli* isolates

diff_disc	Микроорганизмы	% R: 0–20 %	% R: 21–50 %	% R: 51–100 %
Точность результата ≥ 80 %	<i>E. coli</i> (100 %; 25/25)	Меропенем (0 %; 0/25), триметоприм-сульфаметоксазол (0 %; 0/25), имипенем (4 %; 1/25)		Левофлоксацин (100 %; 25/25), пиперациллин-тазобактам (96 %; 24/25), амикацин (100 %; 25/25), азтреонам (100 %; 25/25), цефепим (100 %; 25/25), цефтриаксон (100 %; 25/25), ципрофлоксацин (100 %; 25/25), эртапенем (100 %; 25/25), гентамицин (100 %; 25/25), пиперациллин (100 %; 25/25), тобрамицин (100 %; 25/25), тигециклин (100 %; 25/25)
Точность результата < 80 %	<i>E. coli</i> (100 %; 25/25)	Хлорамфеникол (0 %; 0/1)	Цефотаксим (32 %; 8/25), цефтазидим (32 %; 8/25), цефуроксим (36 %; 9/25), ампициллин-сульбактам (48 %; 12/25)	Ампициллин (56 %; 14/25), цефазолин (100 %; 1/1), имкарциллин-клавуланат (100 %; 1/1)

В сравнительном аспекте, в равной степени, выделенные микроорганизмы видов *K. pneumoniae*, *K. oxytoca* и *E. coli* были резистентны в 100 % случаев к таким антибактериальным препаратам, как левофлоксацин, пиперациллин-тазобактам, амикацин, азтреонам, цефепим, цефтриаксон, ципрофлоксацин, эртапенем, пиперациллин, тобрамицин гентамицин.

В отличие от *K. oxytoca* и *E. coli*, *K. pneumoniae* проявила устойчивость к таким антибактериальным препаратам, как ампициллин-сульбактам (60 %), цефтазидим (68 %), цефотаксим (71 %), цефуроксим (71 %) и цефокситин (100 %). *E. coli*, в свою очередь, проявила резистентность к таким антибактериальным препаратам, как тигециклин и тикарциллин-клавулановой кислоте в 100 % случаев. *K. pneumoniae* и *E. coli* в равной степени, проявляют резистентность в 100 % случаев к цефазолину (табл. 4).

Таблица 4. Соотношение резистентности микроорганизмов *K. pneumoniae*, *E. coli*, и *K. oxytoca* к традиционным антибактериальным препаратам, %

Table 4. Resistance of microorganisms *K. pneumoniae*, *E. coli*, and *K. oxytoca* to traditional antibacterial drugs, %

Антибактериальные препараты	<i>K. pneumoniae</i>	<i>K. oxytoca</i>	<i>E. coli</i>
Тигециклин	0	0	100*
Триметропим-сульфаметоксазол	0	0	0
Хлорамфеникол	0	–	0
Тикарциллин-клавулановая кислота	0	–	100*
Имипенем	32	0	4

Продолжение табл. 4

Антибактериальные препараты	<i>K. pneumoniae</i>	<i>K. oxytoca</i>	<i>E. coli</i>
Меропенем	32	0	0
Левифлоксацин	94*	100*	100*
Пиперациллин-тазобактам	94*	100*	96*
Амикацин	100*	100*	100*
Ампициллин	100*	100*	56
Азтреонам	100*	100*	100*
Цефепим	100*	100*	100*
Цефтриаксон	100*	100*	100*
Ципрофлоксацин	100*	100*	100*
Эртапенем	100*	100*	100*
Гентамицин	100*	100*	100*
Пиперациллин	100*	100*	100*
Тобрамицин	100*	100*	100*
Ампициллин-сульбактам	60	50	48
Цефтазидим	68	0	32
Цефотаксим	71	0	32
Цефуросим	71	50	36
Цефазолин	100*	–	100*
Цефокситин	100*	–	–

Обсуждение. Антибиотикорезистентность (АР) – одна из важнейших проблем современного здравоохранения, особенно значимая в неонатологических отделениях. Инфекции, вызванные полирезистентными штаммами, представляют серьезную угрозу жизни и здоровью новорожденных. Микроорганизмы семейства *Enterobacteriales*, включая *E. coli* и *K. pneumoniae*, выделяются как ключевые патогены в данной ситуации. Эти бактерии характеризуются высокой степенью устойчивости к различным группам антибиотиков, что затрудняет проведение эффективной терапии и повышает риски неблагоприятных исходов.

Иммунная система новорожденных отличается незрелостью и недостаточным развитием механизмов защиты против инфекционных агентов. Бактериальные инфекции, вызванные резистентными штаммами, оказывают дополнительное давление на иммунитет ребенка, способствуя увеличению риска развития тяжелых форм заболевания и осложнений. Например, высокая степень резистентности к антибиотикам увеличивает продолжительность пребывания пациента в отделении интенсивной терапии, повышает вероятность развития суперинфекций и ассоциируется с худшими клиническими исходами.

Кроме того, некоторые патогены, такие как *K. pneumoniae*, обладают специфическими механизмами уклонения от иммунного ответа, такими как образование капсулы, препятствующей распознаванию и уничтожению бактерий системой комплемента и фагоцитами. Такие особенности увеличивают нагрузку на организм новорожденного и снижают эффективность защитных реакций иммунитета.

Исследование продемонстрировало значительную распространенность антибиотикорезистентных штаммов среди исследованных образцов *E. coli* и *K. pneumoniae* в отделениях интенсивной терапии новорожденных города Волгограда. В ходе работы было установлено, что *K. pneumoniae* оказалась доминирующей группой среди выделенных микроорганизмов (55,74 %), демонстрируя широкую и глубокую устойчивость практически ко всем изучаемым антибиотикам. Среди штаммов *K. pneumoniae* абсолютная резистентность наблюдалась к большинству распространенных классов антибиотиков, включая бета-лактамы (например, цефалоспорины I поколения, цефепим, цефтриаксон), аминогликозиды (гентамицин, амикацин), фторхинолоны (ципрофлоксацин, левофлоксацин) и даже некоторые карбапенемы (эртапенем). Лишь небольшая доля (около трети) демонстрировала частичную чувствительность к имипенему и меропенему. Напротив, *E. coli*, хотя и имела меньшую частоту выделения (40,98 %), показала аналогично высокий уровень резистентности. Все исследованные штаммы *E. coli* показали полную устойчивость к ряду важных групп антибиотиков, включая цефалоспорины II поколения (цефазолин, цефуросим), аминогликозиды (гентамицин, амикацин), фторхинолоны

(ципрофлоксацин, левофлоксацин) и карбапенемы (эртапенем). Тем не менее, отдельные штаммы сохранили небольшую чувствительность к другим классам антибиотиков, таким как имипенем и меропенем.

По уровню антибиотикорезистентности *K. pneumoniae* превосходит *E. coli*, показывая универсальную устойчивость к гораздо большему числу препаратов. Хотя оба микроорганизма обладают высокой степенью резистентности, *K. pneumoniae* демонстрирует особенно широкий спектр устойчивости, включающий критически важные классы антибиотиков – карбапенемы и фторхинолоны. Эти различия важны для понимания динамики инфекций и стратегии лечения.

Таким образом, полученные данные подчеркивают необходимость строгого контроля над применением антибиотиков в медицинских учреждениях, особенно в отделениях интенсивной терапии новорожденных, где пациенты находятся в зоне риска развития тяжелых осложнений, связанных с антибиотикоустойчивостью.

Выводы. Антибиотикорезистентность микроорганизмов, относящихся к порядку *Enterobacterales*, в частности *E. coli* и *K. pneumoniae*, представляет серьезную проблему в современной медицине, особенно в неонатологических отделениях. Настоящая работа демонстрирует значительное повышение степени резистентности штаммов *Enterobacterales* к основным антибиотикам, используемым в педиатрии. В частности, показано, что подавляющее число штаммов *K. pneumoniae* абсолютно устойчивы к целому ряду антибиотиков широкого спектра действия, включая пенициллины, цефалоспорины, аминогликозиды и фторхинолоны. Более того, несмотря на относительно меньшее выделение *E. coli*, этот микроорганизм также характеризуется высоким уровнем устойчивости к ключевым антибиотикам. Отмеченная динамика резистентности совпадает с данными, полученными в ходе аналогичных российских исследований последнего пятилетия. Согласно результатам Национального мониторинга антибиотикорезистентности, опубликованным в 2023 г., наблюдается стойкий рост доли полирезистентных штаммов *E. coli* и *K. pneumoniae* среди пациентов стационаров [15]. Российские специалисты также акцентируют внимание на необходимости внедрения инновационных подходов к профилактике и лечению инфекций, обусловленных этими высокорезистентными микроорганизмами [16]. В мировом масштабе подобные исследования демонстрируют схожие закономерности: например, ученые из Эфиопии фиксируют аналогичный рост устойчивости *Enterobacterales* к традиционному набору антибиотиков в педиатрической практике [17].

Полученные данные показывают, что проблема антибиотикорезистентности в неонатологических отделениях остается актуальной и требует пристального внимания специалистов. Наблюдаемый рост устойчивости штаммов *E. coli* и *K. pneumoniae* свидетельствует о необходимости усиления профилактических мероприятий, совершенствования методов диагностики и адекватного подбора антимикробных препаратов. Для снижения рисков распространения полирезистентных штаммов необходима разработка региональных протоколов и руководств по контролю за использованием антибиотиков, регулярный мониторинг резистентности и внедрение инновационных подходов к лечению, включая применение бактериофагов и комбинаторной терапии.

Раскрытие информации. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Disclosure. The authors declare that they have no competing interests.

Вклад авторов. Авторы декларируют соответствие своего авторства международным критериям ICMJE. Все авторы в равной степени участвовали в подготовке публикации: разработка концепции статьи, получение и анализ фактических данных, написание и редактирование текста статьи, проверка и утверждение текста статьи.

Authors' contribution. The authors declare the compliance of their authorship according to the international ICMJE criteria. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

Источник финансирования. Авторы декларируют отсутствие внешнего финансирования для проведения исследования и публикации статьи.

Funding source. The authors declare that there is no external funding for the exploration and analysis work.

Список источников

1. World Health Organization. Global antimicrobial resistance and use surveillance system (GLASS) report 2022. World Health Organization, 2022.
2. Иванова М. В. Оптимизация эпидемиологического надзора за внутриутробными инфекциями и инфекциями, связанными с оказанием медицинской помощи у новорождённых. Москва, 2021. 24 с.

3. Swartz E. P., Rohde P. A. Klebsiella (Friedländer's Bacillus) infections in an army hospital // American Journal of Clinical Pathology. 1946. Vol. 16, no. 2. P. 88–97.
4. Mukherjee S., Mitra S., Dutta S., Basu S. Neonatal sepsis: the impact of carbapenem-resistant and hypervirulent Klebsiella pneumoniae // Frontiers in Medicine. 2021. Vol. 8. P. 634349.
5. Mukherjee S., Bhadury P., Mitra S., Naha S., Saha B., Dutta S., Basu S. Hypervirulent Klebsiella pneumoniae causing neonatal bloodstream infections: emergence of NDM-1-producing hypervirulent ST11-K2 and ST15-K54 strains possessing pLVPK-associated markers // Microbiology Spectrum. 2023. Vol. 11, no. 2. P. e04121–e04122.
6. Merino S., Camprubí S., Albertí S., Benedí V. J., Tomas J. Mechanisms of Klebsiella pneumoniae resistance to complement-mediated killing // Infection and immunity. 1992. Vol. 60, no. 6. P. 2529–2535.
7. Чеботарь И. В., Бочарова Ю. А., Подопрігора И. В., Шагин Д. А. Почему Klebsiella pneumoniae становится лидирующим оппортунистическим патогеном // Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия. 2020. Т. 22, № 1. С. 4–19.
8. Nasrollahian S., Graham J. P., Halaji M. A review of the mechanisms that confer antibiotic resistance in pathotypes of *E. coli* // Frontiers in Cellular and Infection Microbiology. 2024. Vol. 14. P. 1387497.
9. Pakbin B., Brück W. M., Rossen J. W. A. Virulence factors of enteric pathogenic *Escherichia coli*: A review // International Journal of Molecular Sciences. 2021. Vol. 22, no. 18. P. 9922.
10. Jiménez-Rojas V., Villanueva-García D., Miranda-Vega A. L., Aldana-Vergara R., Aguilar-Rodea P., López-Marceliano B., Reyes-López A., Alcántar-Curiel M. D. Gut colonization and subsequent infection of neonates caused by extended-spectrum beta-lactamase-producing *Escherichia coli* and *Klebsiella pneumoniae* // Frontiers in Cellular and Infection Microbiology. 2024. Vol. 13. P. 1322874.
11. Roy S., Gaind R., Chellani H., Mohanty S., Datta S., Singh A. K., Basu S. Neonatal septicaemia caused by diverse clones of *Klebsiella pneumoniae* & *Escherichia coli* harbouring blaCTX-M-15 // Indian Journal of Medical Research. 2013. Vol. 137, no. 4. P. 791–799.
12. Zarras C., Iosifidis E., Simitsopoulou M., Pappa S., Kontou A., Roilides E., Papa A. Neonatal Bloodstream Infection with Ceftazidime-Avibactam-Resistant bla KPC-2-Producing *Klebsiella pneumoniae* Carrying bla VEB-25 // Antibiotics. 2023. Vol. 12, no. 8. P. 1290.
13. Carattoli A., Hasman H. PlasmidFinder and in silico pMLST: identification and typing of plasmid replicons in whole-genome sequencing (WGS) // Horizontal gene transfer: methods and protocols. 2020. P. 285–294.
14. Косов В. А., Степаненко И. С., Тимофеева А. С., Михайлова Л. В., Соловьева А. А. Изучение локальных особенностей антибиотикочувствительности госпитальных штаммов микроорганизмов // Проблемы медицинской микологии. 2024. Т. 26, № 2. С. 147–148.
15. Козлов Р. С., Палагин И. С., Иванчик Н. В., Трушин И. В., Дехнич А. В., Эйдельштейн М. В., Перепанова Т. С. и исследовательская группа «ДАРМИС – 2023». Национальный мониторинг антибиотикорезистентности возбудителей внебольничных инфекций мочевых путей в России: результаты многоцентрового эпидемиологического исследования «ДАРМИС – 2023» // Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия. 2024. Т. 26, № 3. С. 328–337.
16. Боронина Л. Г., Кочнева Н. А., Саматова Е. В., Асновская А. Г., Устюгова С. С., Панова С. А., Степанова А. Ю., Захарчук К. В. Сравнительная характеристика бактериальных патогенов, выделенных от пациентов реанимационных отделений детского стационара // Клиническая лабораторная диагностика. 2024. Т. 69 (5). С. 215–221. doi: <https://doi.org/10.51620/0869-2084-2024-69-5-215-221>.
17. Sherif M., Abera D., Desta K. Prevalence and antibiotic resistance pattern of bacteria from sepsis suspected neonates at St. Paul's Hospital Millennium Medical College, Addis Ababa, Ethiopia // BMC Pediatrics. 2023. Vol. 23, no. 1. P. 575.

References

1. World Health Organization. Global antimicrobial resistance and use surveillance system (GLASS) report 2022. World Health Organization, 2022.
2. Ivanova M. V. Optimizatsiya epidemiologicheskogo nadzora za vnutritrobnymi infektsiyami i infektsiyami, svyazannymi s okazaniem meditsinskoy pomoshchi u novorozhdennykh = Optimization of epidemiological surveillance of intrauterine infections and infections related to the provision of medical care in newborns. Moscow; 2021. 24 p. (In Russ.).
3. Swartz E. P., Rohde P. A. Klebsiella (Friedländer's Bacillus) infections in an army hospital. American Journal of Clinical Pathology. 1946; 16 (2): 88–97.
4. Mukherjee S., Mitra S., Dutta S., Basu S. Neonatal sepsis: the impact of carbapenem-resistant and hypervirulent Klebsiella pneumoniae. Frontiers in Medicine. 2021; 8: 634349.
5. Mukherjee S., Bhadury P., Mitra S., Naha S., Saha B., Dutta S., Basu S. Hypervirulent Klebsiella pneumoniae causing neonatal bloodstream infections: emergence of NDM-1-producing hypervirulent ST11-K2 and ST15-K54 strains possessing pLVPK-associated markers. Microbiology Spectrum. 2023; 11 (2): e04121-22.
6. Merino S., Camprubí S., Albertí S., Benedí V. J., Tomas J. Mechanisms of Klebsiella pneumoniae resistance to complement-mediated killing. Infection and immunity. 1992; 60 (6): 2529–2535.

7. Chebotar I. V., Bocharova Yu. A., Podoprigora I. V., Shagin D. A. Why *Klebsiella pneumoniae* is becoming a leading opportunistic pathogen. *Klinicheskaya mikrobiologiya i antimikrobnaya khimioterapiya* = Clinical Microbiology and antimicrobial chemotherapy. 2020; 22 (1): 4–19 (In Russ.).
8. Nasrollahian S., Graham J. P., Halaji M. A review of the mechanisms that confer antibiotic resistance in pathotypes of *E. coli*. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*. 2024; 14: 1387497.
9. Pakbin B., Brück W. M., Rossen J. W. A. Virulence factors of enteric pathogenic *Escherichia coli*: A review. *International Journal of Molecular Sciences*. 2021; 22 (18): 9922.
10. Jiménez-Rojas V., Villanueva-García D., Miranda-Vega A. L., Aldana-Vergara R., Aguilar-Rodea P., López-Marceliano B., Reyes-López A., Alcántar-Curiel M. D. Gut colonization and subsequent infection of neonates caused by extended-spectrum beta-lactamase-producing *Escherichia coli* and *Klebsiella pneumoniae*. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*. 2024; 13: 1322874.
11. Roy S., Gaiind R., Chellani H., Mohanty S., Datta S., Singh A. K., Basu S. Neonatal septicemia caused by diverse clones of *Klebsiella pneumoniae* & *Escherichia coli* harbouring blaCTX-M-15. *Indian Journal of Medical Research*. 2013; 137 (4): 791–799.
12. Zarras C., Iosifidis E., Simitsopoulou M., Pappa S., Kontou A., Roilides E., Papa A. Neonatal Bloodstream Infection with Ceftazidime-Avibactam-Resistant bla KPC-2-Producing *Klebsiella pneumoniae* Carrying bla VEB-25. *Antibiotics*. 2023; 12 (8): 1290.
13. Carattoli A., Hasman H. PlasmidFinder and in silico pMLST: identification and typing of plasmid replicons in whole-genome sequencing (WGS). *Horizontal gene transfer: methods and protocols*. 2020: 285–294.
14. Kosov V.A., Stepanenko I.S., Timofeeva A.S., Mikhailova L.V., Solovyova A.A. Study of local features of antibiotic sensitivity of hospital strains of microorganisms. *Problemy meditsinskoy mikologii* = Problem in medical mycology. 2024; 26 (2): 147–148 (In Russ.).
15. Kozlov R. S., Palagin I. S., Ivanchik N. V., Trushin I. V., Dekhnich A. V., Edelstein M. V., Perepanova T. S. and «DARMIS – 2023» Study Group. National monitoring of antibiotic resistance of pathogens causing community-acquired urinary tract infections in Russia: results of the multicenter epidemiological study “DARMIS – 2023”. *Klinicheskaya mikrobiologiya i antimikrobnaya khimioterapiya* = Clinical Microbiology and antimicrobial chemotherapy. 2024; 26 (3): 328–337 (In Russ.).
16. Boronina L. G., Kochneva N. A., Samatova E. V., Asnovskaya A. G., Ustuygova S. S., Panova S. A., Stepanova A. Yu., Zakharchuk K. V. Comparative characteristics of bacterial pathogens isolated from patients in ICU reservation departments of children’s hospital. *Klinicheskaya laboratornaya diagnostika* = Clinical laboratory diagnostics. 2024; 69 (5): 215–221 (In Russ.).
17. Sherif M., Abera D., Desta K. Prevalence and antibiotic resistance pattern of bacteria from sepsis suspected neonates at St. Paul’s Hospital Millennium Medical College, Addis Ababa, Ethiopia. *BMC pediatrics*. 2023; 23 (1): 575.

Информация об авторах

В. А. Косов, ассистент кафедры микробиологии, Волгоградский государственный медицинский университет, Волгоград, Россия, ORCID: 0009-0005-4254-3868, e-mail: slava.kosov.1999@bk.ru;

И. С. Степаненко, доктор медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой микробиологии, Волгоградский государственный медицинский университет, Волгоград, Россия, ORCID: 0000-0001-5793-438X, e-mail: ymahkina@mail.ru;

М. Р. Киценко, ассистент кафедры микробиологии, Волгоградский государственный медицинский университет, Волгоград, Россия, ORCID: 0009-0006-5742-5108, e-mail: kits.m@mail.ru;

Р. А. Кузнецов, аспирант, Волгоградский государственный медицинский университет, Волгоград, Россия, ORCID: 0009-0007-6574-1618, e-mail: RomanK2004@inbox.ru.

Information about the authors

V. A. Kosov, Assistant of the Department, Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia, ORCID: 0009-0005-4254-3868, e-mail: slava.kosov.1999@bk.ru;

I. S. Stepanenko, Dr. Sci. (Med.), Associate Professor, Head of the Department, Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia, ORCID: 0000-0001-5793-438X, e-mail: ymahkina@mail.ru;

M. R. Kitsenko, Assistant of the Department, Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia, ORCID: 0009-0006-5742-5108, e-mail: kits.m@mail.ru;

R. A. Kuznetsov, postgraduate student, Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia, ORCID: 0009-0007-6574-1618, e-mail: RomanK2004@inbox.ru.

Статья поступила в редакцию 01.12.2025; одобрена после рецензирования 22.05.2026; принята к публикации 17.06.2026.

The article was submitted 01.12.2025; approved after reviewing 22.05.2026; accepted for publication 17.06.2026.