

Эпидемиологические особенности мониторинга чувствительности штаммов *Escherichia coli*

Н. Х. ОТАМУРАТОВА^{1,2}

¹ Республиканский специализированный научно-практический медицинский центр эпидемиологии, микробиологии, инфекционных и паразитарных заболеваний, Ташкент, Узбекистан

² Ташкентская Медицинская Академия, Ташкент, Узбекистан

Резюме

Инфекция мочевыводящих путей (ИМП) является распространённой инфекцией, которая наблюдается как в амбулаторных, так и в стационарных условиях. Для достижения благоприятного результата лечения ИМП, терапия антибиотиками имеет важное значение. Однако растущая распространённость устойчивых к антибиотикам бактерий в моче затруднило выбор соответствующей антибактериальной терапии. **Цель исследования.** Анализ антибиотикочувствительности *Escherichia coli* при ИМП. **Материал и методы.** Исследование проводилось из биологического материала от пациентов из отделений (моча), который поступал в бактериологическую лабораторию Республиканского научно-практического медицинского центра урологии (Р6), за период январь 2020 г. по декабрь 2022 г. Использовали питательные среды и диски с антимикробными препаратами производства Himedia (Индия). **Результаты.** При анализе данных положительных результатов бактериологических исследований было выявлено, что доминирующим возбудителем является *Escherichia coli*, что составило 70% от всех выделенных возбудителей, в 9% случаях высевалась *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa* — в 6%. Проведённый анализ показал высокий уровень резистентности штаммов *E. coli*, выделенных от больных в стационаре, к противомикробным препаратам. Наиболее высокие показатели резистентности наблюдалось к ампициллину, цефтазидиму, цефепиму, норфлоксацину, ципрофлоксацину, левофлоксацину, моксифлоксацину. В исследовании выявлено, что уропатогенные штаммы *Escherichia coli* обладали высокой резистентности к бета-лактамам антимикробным препаратам, в том числе и ингибиторозащищённым, и диапазон резистентности варьировал от 23,1 до 77,8% в зависимости от вида антимикробного препарата и от года выделения штаммов *Escherichia coli*.

Ключевые слова: *Escherichia coli*; микробиологический мониторинг; эпидемиологический надзор; антимикробные препараты; чувствительность; антибиотикорезистентность; моча

Для цитирования: Отамуратова Н. Х. Эпидемиологические особенности мониторинга чувствительности штаммов *Escherichia coli*. Антибиотики и химиотерапия. 2025; 70 (3–4): 32–37. doi: <https://doi.org/10.37489/0235-2990-2025-70-3-4-32-37>. EDN: JGZODU.

Epidemiological Features of *Escherichia coli* Strains' Susceptibility Monitoring

NARGIZA KH. OTAMURATOVA^{1,2}

¹ Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center for Epidemiology, Microbiology, Infectious and Parasitic Diseases, Tashkent, Uzbekistan

² Tashkent Medical Academy, Tashkent, Uzbekistan

Abstract

Urinary tract infection (UTI) is a common infection seen in both community and hospital settings. Antibiotic treatment is essential for achieving a favorable outcome of UTI. However, the increasing prevalence of antibiotic-resistant bacteria in urine has made it difficult to select appropriate antibacterial therapy. **The aim of the study** was the analysis of antibiotic susceptibility of *Escherichia coli* in UTIs. **Material and methods.** The study was conducted using biological material (urine) collected from patients in different hospital departments, which was received in the bacteriological laboratory of the Republican Scientific and Practical Medical Center of Urology (P6), for the period from January 2020 to December 2022. Nutrient media and discs with antimicrobial drugs manufactured by Himedia (India) were used. **Results.** Analyzing the data of positive results of bacteriological studies, it was revealed that the dominant pathogen is *Escherichia coli*, which accounted for 70% of all isolated pathogens; *Klebsiella pneumoniae* was isolated in 9% of cases, and *Pseudomonas aeruginosa* — in 6%. The conducted analysis of the resistance of *E. coli* strains isolated from patients in the hospital showed a high level of resistance to antimicrobial drugs. The highest resistance rates were observed toward ampicillin, ceftazidime, cefepime, norfloxacin, ciprofloxacin, levofloxacin, and moxifloxacin. The study

*Адрес для корреспонденции:
E-mail: nargiza.otamuratova@gmail.com



EDN: JGZODU

*Correspondence to:
E-mail: nargiza.otamuratova@gmail.com



revealed that uropathogenic *E. coli* strains had high resistance to beta-lactam antimicrobial drugs, including inhibitor-protected ones, and the range of resistance varied from 23.1 to 77.8%, depending on the type of antimicrobial drug and the year of isolation of *E. coli* strains.

Keywords: *Escherichia coli*; microbiological monitoring; epidemiological surveillance; antimicrobial drugs; sensitivity; antibiotic resistance; sputum; blood; urine

For citation: Otamuratova N. Kh. Epidemiological features of *Escherichia coli* strains' susceptibility monitoring. *Antibiotiki i Khimioter = Antibiotics and Chemotherapy*. 2025; 70 (3–4): 32–37. doi: <https://doi.org/10.37489/0235-2990-2025-70-3-4-32-37>. EDN: JGZODU.

Введение

Устойчивость к противомикробным препаратам является постоянно усиливающейся проблемой во всём мире [1]. Распространение мультирезистентных нозокомиальных патогенов, провоцирующих инфекционные осложнения, особенно у госпитализированных пациентов, вызывает обеспокоенность клиницистов по всему миру [2].

Появление устойчивости возбудителей к антибиотикам при лечении инфекций мочевыводящих путей (ИМП) является серьёзной проблемой общественного здравоохранения [3]. Основные причины повышения устойчивости к противомикробным препаратам включают нерегулируемый доступ к лекарственным средствам, недостаточное обеспечение качества противомикробных препаратов, недостаточный контроль, нерациональное использование, лёгкая доступность без рецепта и низкая стоимость, которые делают противомикробные препараты предметом злоупотребления [4].

ИМП является распространённой инфекцией. Для достижения благоприятного результата лечения этой инфекции, лечение антибиотиками имеет важное значение. Однако растущая распространённость устойчивых к антибиотикам бактерий при ИМП затрудняет выбор соответствующей антибактериальной терапии [5, 6]. Чаще всего ИМП вызываются бактериями, но также могут быть грибковые и вирусные инфекции [7]. Грамотрицательные бактерии вызывают 90% случаев ИМП, в то время как грамположительные бактерии только 10% случаев. Наиболее часто выделяемым уропатогеном является кишечная палочка, на долю которой приходится 65–90% инфекций мочевыводящих путей [8, 9].

Учитывая возрастающую резистентность патогенов к антибиотикам, важнейшее значение приобретают эпидемиологические вопросы, связанные с предупреждением вспышек и сдерживанием темпов адаптации патогенов к применяемым антимикробным агентам [10]. Помимо существующих медицинских факторов, существуют факторы, относящиеся к эпидемиологическому надзору.

Эпидемиологический надзор за антимикробной резистентностью представляет собой важную аналитическую деятельность по сбору и обра-

ботке данных для последующей оценки распространения среди пациентов в стационаре [11].

Цель исследования — анализ антибиотикочувствительности *Escherichia coli* при инфекциях мочевыводящих путей.

Материал и методы

Исследования проводились в рамках Кооперационного соглашения между CDC и Республиканским специализированным научно-практическим медицинским центром эпидемиологии, микробиологии, инфекционных и паразитарных заболеваний (РСНПМЦЭМИПЗ) по проекту № 5NUHGH000089-02-00 «Повышение потенциала Республики Узбекистан по противодействию проблеме устойчивости к антимикробным препаратам». Биологический материал от пациентов из отделений (моча) поступал в бактериологическую лабораторию Республиканского научно-практического медицинского центра урологии (Р6), за период январь 2020 г. по декабрь 2022 г. Использовали питательные среды и диски с антимикробными препаратами производства Himedia (Индия).

Чувствительность ТЧА к антимикробным препаратам проводилось диско-диффузным методом, согласно руководству Европейского комитета по определению чувствительности к антимикробным препаратам (EUCAST 2024 г.). Была определена чувствительность всех штаммов к 15 антибактериальным препаратам. В работе использованы референтные штаммы *Escherichia coli* ATCC 25922.

Полученные результаты чувствительности обрабатывались с использованием программы WHONET и Microsoft Excel в референс лаборатории ЦАМР (Центр антимикробной резистентности) Республиканского специализированного научно-практического медицинского центра эпидемиологии, микробиологии, инфекционных и паразитарных заболеваний (РСНПМЦЭМИПЗ).

Результаты и обсуждение

По данным бактериологической лаборатории Республиканского специализированного научно-практического медицинского центра урологии (Р6) с 2020 г. по 2022 г., всего поступило 16342 биологических образцов от больных с инфекциями мочевыводящих путей (рис. 1). Из всех проведённых исследований только в 9060 (55,4%) случаях был выделен этиологический агент и в 7282 (44,6%) наблюдался отрицательный результат бактериологических исследований.

Анализируя данные положительных результатов бактериологических исследований, мы видим, что доминирующим возбудителем среди выделенных агентов была *Escherichia coli*, что составило 70% от всех выделенных возбудителей, в 9% случаях выявляли *Klebsiella pneumoniae* и *P. aeruginosa* — в 6% (рис. 2).

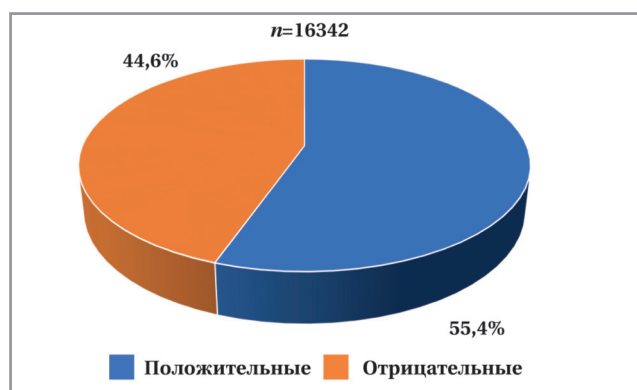


Рис. 1. Выявленные микроорганизмы, по данным бактериологических исследований РСПМЦУ (Р6), за период 2020–2022 гг.

Fig. 1. Microorganisms detected according to bacteriological studies of the Republican Scientific and Practical Medical Center of Urology (P6) for the period 2020–2022.

Таким образом, анализ возбудителей, выделенных от больных из лечебного учреждения Р6 показывает, что среди изученных изолятов доля высеваемости грамотрицательной флоры, в частности *E. coli*, остаётся стабильно высокой в урологической практике.

Учитывая высокий уровень резистентности эшерихий к антимикробным препаратам разного механизма действия и его выраженную вариативность в зависимости от региона и даже ста-

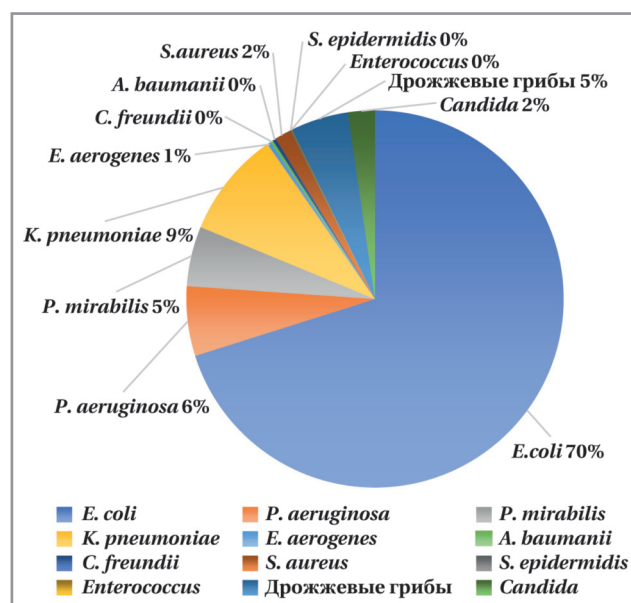


Рис. 2. Микробный пейзаж, по данным бактериологических исследований Р6, у пациентов из разных отделений (n=9891)

Fig. 2. Microbial landscape, according to bacteriological studies of P6, in patients from different departments (N=9891)

ционара, очень важным представляется изучение антибиотикорезистентности этих микроорганизмов, особенно выделенных в многопрофильных стационарах [12].

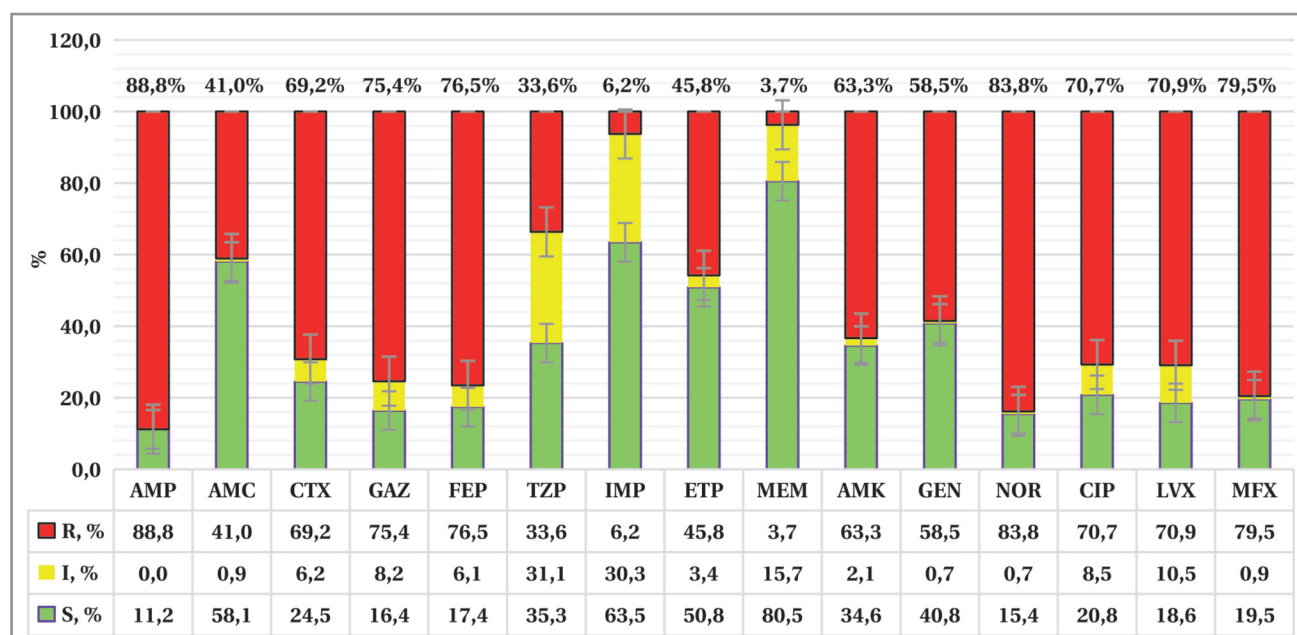


Рис. 3. Профиль резистентности штаммов *Escherichia coli* к противомикробным препаратам (n=3299).

Примечание. AMP — ампициллин; AMC — амоксициллин/клавулановая кислота; CTX — цефотаксим; GAZ — цефтазидим; FEP — цефепим; TZP — пиперацillin-тазобактам; IMP — имипенем; ETP — эртапенем; MEM — меропенем; AMK — амикацин; GEN — гентамицин; NOR — норфлоксацин; CIP — ципрофлоксацин; LVX — левофлоксацин; MFX — моксифлоксацин.

Fig. 3. Resistance profile of *Escherichia coli* strains to antimicrobial drugs. (n=3299).

Note. AMP — ampicillin; AMC — amoxicillin/clavulanic acid; CTX — cefotaxime; GAZ — ceftazidime; FEP — cefepime; TZP — piperacillin-tazobactam; IMP — imipenem; ETP — ertapenem; MEM — meropenem; AMK — amikacin; GEN — gentamicin; NOR — norfloxacin; CIP — ciprofloxacin; LVX — levofloxacin; MFX — moxifloxacin.

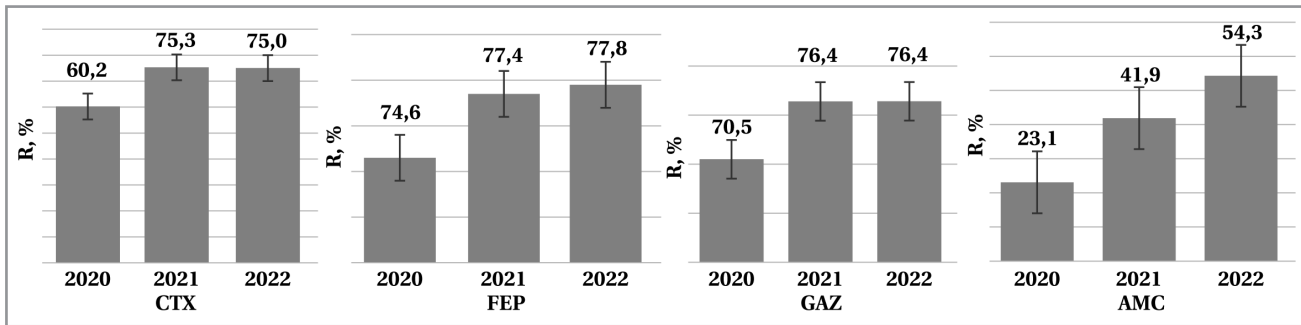


Рис. 4. Динамика резистентности штаммов *Escherichia coli* к бета-лактамам за период 2020–2022 гг.

Примечание. CTX — цефотаксим; FEP — цефепим; GAZ — цефтазидим; AMC — амоксициллин/клавулановая кислота.

Fig. 4. Dynamics of resistance of *Escherichia coli* strains to beta-lactam antimicrobials for the period 2020–2022.

Note. CTX — cefotaxime; FEP — cefepime; GAZ — ceftazidime; AMC — amoxicillin/clavulanic acid.

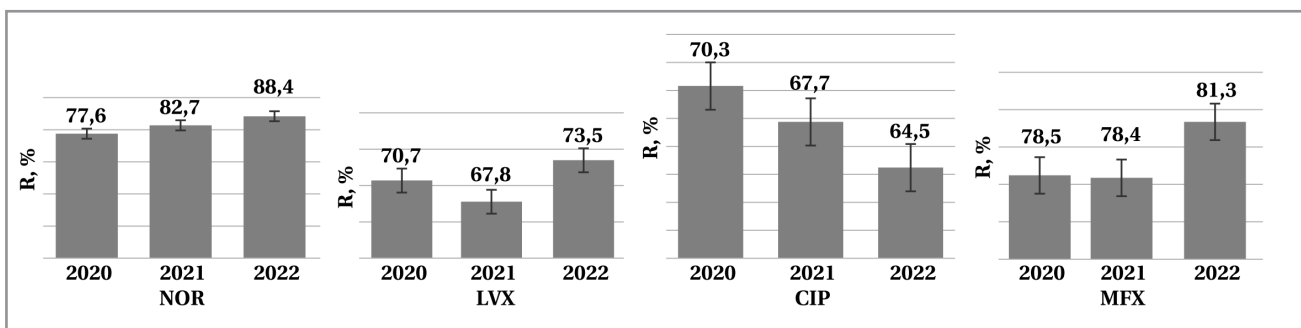


Рис. 5. Динамика резистентности штаммов *Escherichia coli* к фторхинолонам за период 2020–2022 гг.

Примечание. NOR — норфлоксацин; LVX — левофлоксацин; CIP — ципрофлоксацин; MFX — моксифлоксацин.

Fig. 5. Dynamics of resistance of *E. coli* strains to fluoroquinolones for the period 2020–2022.

Note. NOR — norfloxacin; LVX — levofloxacin; CIP — ciprofloxacin; MFX — moxifloxacin.

Проведённый анализ профиля резистентности уропатогенных штаммов *E. coli*, выделенных от больных в стационаре, к противомикробным препаратам показал высокий уровень резистентности. Наиболее высокие показатели резистентности наблюдались к ампициллину, цефтазидиму, цефепиму, норфлоксацину, ципрофлоксацину, левофлоксацину, моксифлоксацину.

Как видно из диаграммы (рис. 3), штаммы *Escherichia coli*, выделенные от больных ИМП, обладали высокой резистентностью к фторхинолонам, диапазон резистентности варьировал от 70,7 до 83,8%, а также к бета-лактамам антимикробным препаратам — от 69,2 до 88,8% в зависимости от вида антимикробного препарата.

Анализ резистентности к бета-лактамам антимикробным препаратам, в том числе и с ингибиторозащищённым, показал, что высокие показатели резистентности к цефотаксиму наблюдались за весь исследуемый период — от 60,2 до 75,3%, наибольший процент резистентных штаммов выявлен в 2021 г. — 98,1%. (рис. 4).

Стабильно высокая резистентность штаммов *E. coli* наблюдалась к цефтазидиму за трёхлетний период, которая в среднем составила 74,4%. К це-

фепиму также наблюдалась стабильно высокая резистентность — 76,6% за трёхлетний период.

На диаграмме резистентности штаммов *E. coli* к ингибиторозащищённым бета-лактамам, в частности к амоксициллину/клавуланату, в 2022 г. наблюдалось увеличение резистентности до 54,3% по сравнению с другими годами.

Анализ динамики резистентности штаммов *E. coli* к фторхинолонам показал высокую долю резистентности. Так, для изолятов *E. coli*, выделенных в период с 2020 г. по 2022 г., резистентность к ципрофлоксацину колеблется в пределах от 77,6 до 88,4% (рис. 5).

К левофлоксацину и моксифлоксацину наблюдалась стабильно высокая резистентность штаммов *E. coli* в зависимости от года выделения — 67,8 и 73,5% и от 78,4 до 81,3%, в среднем показатель резистентности к левофлоксацину составил 70,6%, а к моксифлоксацину — 79,4%. Наибольшее выявление штаммов *E. coli*, резистентных к ципрофлоксацину, было 2020 г. (70,3%), тогда как 2021 г. процент резистентности составил 67,7%, а в 2022 г. — 64,5%.

Анализ динамики резистентности штаммов *E. coli* к карбапенемам показал (рис. 6), что мак-

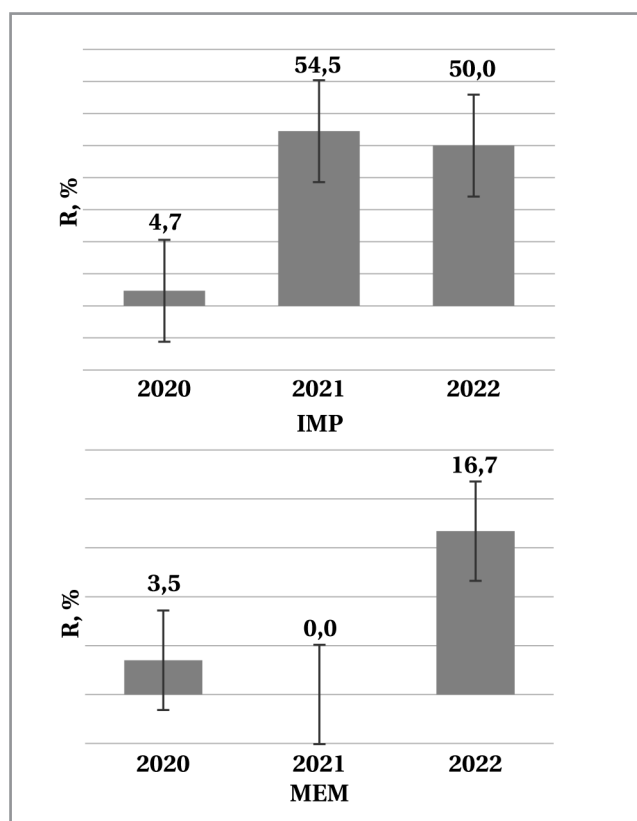


Рис. 6. Динамика резистентности штаммов *Escherichia coli* к карбапенемам за период 2020–2022 гг. ($n=3299$).
Примечание. IMP — имипенем; MEM — меропенем.

Fig. 6. Dynamics of resistance of *E. coli* strains to carbapenems for the period 2020–2022 ($N=3299$).

Note. IMP — imipenem; MEM — meropenem.

симальное выявление штаммов, резистентных к имипенему, наблюдалось в 2021 г. — 54,5% и 2022 г. — 50,0%, тогда как в 2020 г. — 4,7%. В 2022 г. резистентность к меропенему была самой высокой — 16,7%, в 2020 г. — 3,5%. В 2021 г. резистентных штаммов *E. coli* к меропенему не выявлено.

Анализ выявления резистентных изолятов *E. coli* к аминогликозидам показывает, что динамика резистентности стабильно высокая. Так, к гентамицину уровень резистентности в среднем составил 57,2% и амикацину — 60,6%. Самый высокий показатель резистентности к гентамицину наблюдалось в 2020 г. — 68,3%, тогда как к амикацину самый высокий показатель наблюдали в 2022 г. — 68,3%.

Таким образом, в настоящем исследовании показано, что уропатогенные штаммы *E. coli*, выделенные от больных с ИМП, обладали высокой резистентностью к бета-лактамам антимикробным препаратам, в том числе ингибиторозащищенным, и диапазон резистентности для этих препаратов варьировал от 23,1 до 77,8%, к фторхинолонам — от 64,5 до 88,4%, к аминогликозидам — от 46,7 до 68,3% в зависимости от вида антимикробного препарата и от года выделения штаммов *E. coli*.

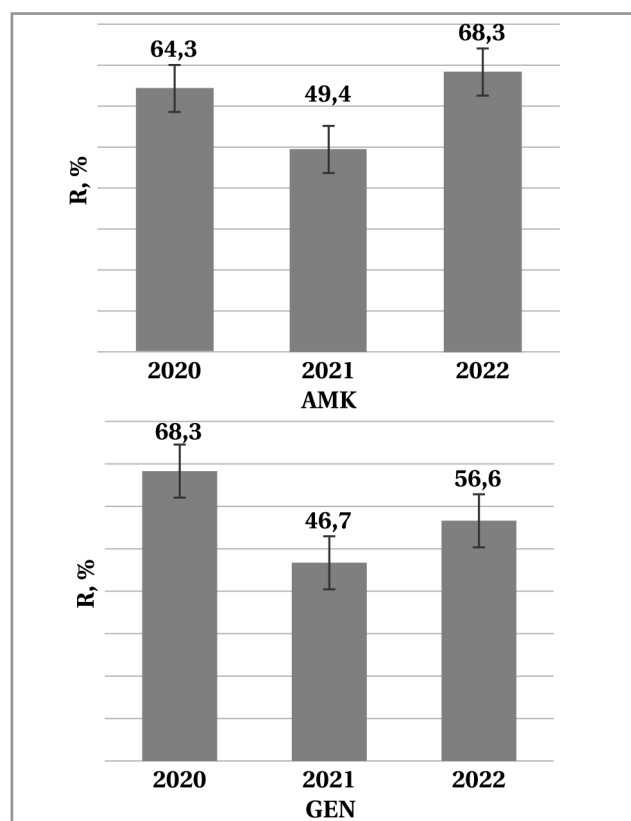


Рис. 7. Динамика резистентности штаммов *Escherichia coli* к аминогликозидным препаратам за период 2020–2022 гг. ($n=3299$).

Примечание. AMK — амикацин; GEN — гентамицин.

Fig. 7. Dynamics of resistance of *E. coli* strains to aminoglycosides for the period 2020–2022 ($N=3299$).

Note. AMK — amikacin; GEN — gentamicin.

Закключение

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что эпидемиологической особенностью заболеванием ИМП является преобладание штаммов *E. coli* (70%) в общей структуре микроорганизмов стационара. При изучении чувствительности уропатогенных штаммов *E. coli*, выделенных от больных ИМП, выявлено, что они обладали высокой резистентностью к фторхинолонам, диапазон резистентности варьировал от 70,7 до 83,8% в зависимости от антибактериального препарата.

Динамика резистентности, по годам штаммов *E. coli* в нашем исследовании для большинства групп антибиотиков с 2020 г. по 2022 гг. оставалась относительно стабильной, за исключением резистентности к бета-лактамам препаратам, в частности к цефепиму и амоксициллину/клавулановой кислоте, а также карбапенемам, в частности меропенему. Полученные результаты позволили сделать вывод, что *Escherichia coli* при ИМП может иметь тенденцию к распространению устойчивых штаммов.

Таким образом, учитывая высокий уровень устойчивости патогенов ко многим антибио-

тикам, можно утверждать, что на сегодняшний день этот патоген представляет постоянную проблему в медицинских учреждениях, и борьба с повышенной устойчивостью к антибиотикам должна вестись преимущественно в стационаре.

Важным этапом должен стать контроль использования антибиотиков, путём мониторинга и внедрения строгих мер профилактики и лечения для ограничения распространения инфекций, а также необходимость выбора антибактериальных препаратов, способных преодолевать известные механизмы резистентности госпитальной флоры.

Литература/References

1. Pumart P, Phodha T, Thamlikitkul V, Riupaiboon A, Prakongsai P. The health and economic impact of antimicrobial resistance in Thailand. *J Health Syst Res*. 2012; 6: 352–360.
2. Tacconelli E., Carrara E., Savoldi A. et al. Discovery, research, and development of new antibiotics: the WHO priority list of antibiotic-resistant bacteria and tuberculosis. *Lancet Infect*. 2018; 18 (3): 318–327. doi: 10.1016/S1473-3099(17)30753-3.
3. Лагун Л. В. Бета-лактамазы расширенного спектра и их значение в формировании устойчивости возбудителей инфекций мочевыводящих путей к антибактериальным препаратам. Проблемы здоровья и экологии 2012; 82–88. [Lagun L. V. Beta-laktamazy rasshirenogo spektra i ikh znachenie v formirovanii ustojchivosti vozbuditelej infektsij mochevyvodyashchikh putej k antibakterial'nym preparatam. Problemy Zdorov'ya i Ekologii. 2012; 82–88. (in Russian)]
4. Belkina T., Al Warafi A., Hussein Eltom E, Tadjieva N., Kubena A., Vlcek J. Antibiotic use and knowledge in the community of Yemen, Saudi Arabia, and Uzbekistan. *J Infect Dev Ctries*. 2014; 8: 424–429. doi: 10.3855/jidc.3866.
5. Seder H. S., Flamm R. K., Jones R. N. Frequency of occurrence and antimicrobial susceptibility of gram-negative bacteremia isolates in patients with urinary tract infection: results from a study in United States and European hospitals (2009–2011). *J Chemoter*. 2014; 26: 133–138. doi: 10.1179/1973947813Y.0000000121.
6. Отамуратова Н. Х., Абдухалилова Г. К. Динамика резистентности урапотажных штаммов *Escherichia coli* к антибактериальным препаратам. Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия. 2024; 6 (2): 236–240. [Otamuratova N. Kh., Abdukhaliylova G. K. Dinamika rezistentnosti urapotagennykh shtammov *Escherichia coli* k antibakterial'nym preparatam. Klinicheskaya Mikrobiologiya i Antimikrobnaya Khimioterapiya. 2024; 6 (2): 236–240. (in Russian)]
7. Amdekar S., Singh V., Singh D. D. Probiotic therapy: an immunomodulatory approach for urinary tract infection. *Surr Microscopy*. 2011; 63 (5): 484–490. doi: 10.1007/s00284-011-0006-2.

Информация об авторах

Отамуратова Наргиза Хасанджановна — к. м. н., докторант Республиканского специализированного научно-практического медицинского центра эпидемиологии, инфекционных и паразитарных заболеваний, Ташкент, Республика ORCID ID: 0009-0008-7288-3988

Дополнительная информация

Финансирование. Исследование имело спонсорскую поддержку: исследования проводились в рамках Кооперационного соглашения между CDC и Республиканским специализированным научно-практическим медицинским центром эпидемиологии, микробиологии, инфекционных и паразитарных заболеваний (РСНПМЦЭМИПЗ) № 5NUHGH000089-02-00 «Повышение потенциала Республики Узбекистан по противодействию проблеме устойчивости к антимикробным препаратам».

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов

Вклад авторов. Концепция и дизайн исследования — Отамуратова Н. Х.

8. Gupta K., Hooton T. M., Stamm W. E. Increasing antimicrobial resistance and treatment of uncomplicated community-acquired urinary tract infections. *Ann Intern Med*. 2001; 135 (1): 41–50. doi: 10.7326/0003-4819-135-1-200107030-00012.
9. Weeks L. M. Antibiotic resistance is changing the treatment of urinary tract infections in older adults. *Med J Aust*. 2015; 203 (9): 352. doi: 10.5694/mja15.01005.
10. Руднов В. А., Колотова Г. Б., Багин В. А., и др. Роль управления антимикробной терапией в службе реанимации и интенсивной терапии многопрофильного стационара. Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия. 2018; 20 (2): 132–140. [Rudnov V. A., Kolotova G. B., Bagin V. A., i dr. Rol' upravleniya antimikrobnoy terapije v sluzhbe reanimatsii i intensivnoj terapii mnogoprofil'nogo stacionara. Klinicheskaya Mikrobiologiya i Antimikrobnaya Khimioterapiya. 2018; 20 (2): 132–140. (in Russian)]
11. Габриэлян Н. И., Шарапченко С. О., Кисиль О. В. и др. Вопросы эпидемиологии в проблеме антибиотикорезистентности клинических патогенов. Медицинский алфавит. 2020; (34): 6–8. [Gabrielyan N. I., Sharapchenko S. O., Kisil' O. V. i dr. Voprosy epidemiologii v probleme antibiotikorezistentnosti klinicheskikh patogenov. Meditsinskij Alfavit. 2020; (34): 6–8. (in Russian)]
12. Козлова Н. С., Баранцевич Н. Е., Баранцевич Е. П. Чувствительность к антибиотикам эшерихий выделенных в многопрофильном стационаре. Журнал акушерства и женских болезней. 2016; LXV (4): 83–89. [Kozlova N. S., Barantsevich N. E., Barantsevich E. P. Chuvstvitel'nost' k antibiotikam esherikhiy vydelennykh v mnogoprofil'nom stacionare. Zhurnal Akusherstva i Zhenskikh Boleznij. 2016; LXV (4): 83–89. (in Russian)]

Поступила / Received 21.03.2025

Принята в печать / Accepted 04.04.2025

About the authors

Nargiza Kh. Otamuratova — Ph. D. in Medicine, doctoral student at the Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center for Epidemiology, Microbiology, Infectious and Parasitic Diseases, Tashkent, the Republic of Uzbekistan. ORCID ID: 0009-0008-7288-3988