

<https://doi.org/10.34883/PI.2026.29.3.009>



Гаврусев А.А.✉, Шепелькевич А.П.

Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь

Изменения бактериальной микрофлоры мочи при сахарном диабете 2-го типа у пациентов с мочекаменной болезнью

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: концепция и дизайн исследования, редактирование, сбор материала, обработка, написание текста – Гаврусев А.А.; концепция и дизайн исследования, редактирование, написание текста – Шепелькевич А.П.

Подана: 22.04.2026

Принята: 28.05.2026

Контакты: andrewagavr@yandex.by, alla.shepelkevich@mail.ru

Резюме

Введение. Особенности этиопатогенеза и высокая распространенность инфекций мочевыводящих путей (ИМП) у пациентов с сахарным диабетом 2-го типа (СД2) и мочекаменной болезнью (МКБ) диктуют необходимость дополнительного изучения характера бактериальной микрофлоры и ее резистентности к антибиотикам.

Цель. Изучить изменение состава и антибиотикорезистентности основных возбудителей ИМП у пациентов с СД2, которым было проведено лечение МКБ.

Материалы и методы. Проанализированы результаты бактериологического исследования мочи у пациентов, которым выполняли эндохирургические вмешательства по поводу МКБ: катетеризации мочеточников, ретроградные интратеренальные операции. Исследования проводили в двух группах пациентов: группа 1 – 290 пациентов с СД2, группа 2 – 257 пациентов без диабета. Сведения о микроорганизмах получены из республиканской базы данных WHONET. Для статистической обработки результатов исследования применяли непараметрические методы, критерий хи-квадрат Пирсона.

Результаты. Установлено, что 12,0% пациентов с МКБ имели диагноз СД2. Среди возбудителей ИМП у пациентов без диабета на долю *Escherichia coli* приходилось 37,5%, у пациентов с СД2 – 22,8%. *Enterococcus faecalis* при диабете выявлен в 21,0%, без диабета – 14,6% случаев. *Klebsiella pneumoniae* более чем в 2 раза чаще выявлялась у пациентов с диабетом, чем без него (24,5% и 10,4% соответственно). Все различия были статистически значимы. Анализ результатов антибиотикорезистентности показал, что для *Escherichia coli* наибольшему эффекту имели имипенем, меропенем, амоксициллин, гентамицин, полимиксин В. Для *Klebsiella pneumoniae* наиболее активным оказался полимиксин В. *Enterococcus faecalis* наиболее чувствительны к ампициллину, линезолиду и нитрофурантоину. *Klebsiella pneumoniae* имела 100% устойчивость к цефепиму и ципрофлоксацину, а *Enterococcus faecalis* – к цефуроксиму и тетрациклину. Резистентность *Escherichia coli* отмечена к цефтриаксону, доксициклину, триметоприму/сульфаметоксазолу (23–36%).

Заключение. Характер бактериальной микрофлоры при СД2 и МКБ отличается от состава уропатогенов у пациентов без диабета. Ведущую роль в этиологии ИМП

при диабете приобретает *Klebsiella pneumoniae*, значение *Escherichia coli* снижается. Отмечена высокая резистентность возбудителей ИМП к цефепиму, цiproфлоксацину, цефуроксиму и тетрациклину. Статистически значимых различий в чувствительности бактерий к антибиотикам у пациентов с диабетом и без него не получено.

Ключевые слова: сахарный диабет 2-го типа, инфекция мочевыводящих путей, мочекаменная болезнь, бактериальная микрофлора, антибиотикорезистентность

Gavrusev A. ✉, Shepelkevich A.
Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

Changes in the Bacterial Microflora of Urine in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus and Urolithiasis

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: concept and design of research, editing, collection of material, processing, writing of text – Gavrusev A.; concept and design of research, editing, writing of text – Shepelkevich A.

Submitted: 22.04.2026

Accepted: 28.05.2026

Contacts: andrewagavr@yandex.by, alla.shepelkevich@mail.ru

Abstract

Introduction. The etiopathogenesis and high prevalence of urinary tract infections (UTIs) in patients with type 2 diabetes mellitus (T2DM) and urolithiasis necessitate further investigation of the bacterial microflora and its antibiotic resistance.

Purpose. To study changes in the composition and antibiotic resistance of the main pathogens causing UTIs in patients with T2DM who underwent treatment for urolithiasis.

Materials and methods. We analyzed the results of urine bacteriological examinations in patients who underwent endoscopic surgery for urolithiasis, including ureteral catheterization and retrograde intrarenal surgery. The study was conducted in two groups of patients: Group 1, 290 patients with T2DM, and Group 2, 257 patients without diabetes. Microorganism data were obtained from the WHONET national database. Nonparametric methods and the Pearson chi-square test were used for statistical analysis of the study results.

Results. It was established that 12.0% of patients with urolithiasis were diagnosed with type 2 diabetes. Among the causative agents of UTI, *Escherichia coli* accounted for 37.5% in patients without diabetes, and 22.8% in patients with type 2 diabetes. *Enterococcus faecalis* was detected in 21.0% of cases in diabetes, and 14.6% in patients without diabetes. *Klebsiella pneumoniae* was detected more than 2 times more often in patients with diabetes than in patients without it (24.5% and 10.4%, respectively). All differences were statistically significant. Analysis of the results of antibiotic resistance showed that imipenem, meropenem, amoxicillin, gentamicin, and polymyxin B were the most effective for *Escherichia coli*. Polymyxin B was the most active for *Klebsiella pneumoniae*. *Enterococcus faecalis* is most sensitive to ampicillin, linezolid, and nitrofurantoin. *Klebsiella pneumoniae* was 100% resistant to ceftazidime and ciprofloxacin, while *Enterococcus faecalis* was resistant to cefuroxime and tetracycline. *Escherichia coli* resistance was observed to ceftriaxone, doxycycline, and trimethoprim/sulfamethoxazole (23–36%).

Conclusion. The bacterial microflora in patients with T2DM and urolithiasis differs from the composition of uropathogens in patients without diabetes. *Klebsiella pneumoniae* assumes a leading role in the etiology of UTIs in diabetes, while the role of *Escherichia coli* decreases. High resistance of UTI pathogens to cefepime, ciprofloxacin, cefuroxime, and tetracycline was observed. No statistically significant differences in bacterial susceptibility to antibiotics were found between patients with and without diabetes.

Keywords: type 2 diabetes mellitus, urinary tract infection, urolithiasis, bacterial microflora, antibiotic resistance

■ ВВЕДЕНИЕ

Сахарный диабет 2-го типа (СД2) – глобальная проблема современного здравоохранения. Это заболевание сопровождается множеством осложнений, среди которых одним из распространенных является инфекция верхних и нижних мочевыводящих путей (ИМП). По литературным данным, ИМП у пациентов с СД2 встречается в 5–7 раз чаще, чем в общей популяции [1, 2]. Спектр ИМП варьирует от бессимптомной бактериурии до угрожающих жизни состояний, таких как эмфизематозный пиелонефрит, абсцессы почек и уросепсис. Причиной развития острого пиелонефрита в большинстве случаев является мочекаменная болезнь (МКБ) и возникающая на ее фоне обструкция мочевыводящих путей. Развитие обструктивной уропатии требует неотложного дренирования полостной системы почек, чаще методом стентирования мочеточников, что способствует еще и развитию стент-ассоциированной инфекции. Сложность и многообразие этиопатогенетических факторов ИМП у пациентов с СД2 значительно затрудняет эффективное лечение. Традиционно считается, что в 80–90% случаев ведущим уропатогеном является *E. coli*. Однако в случае осложненной ИМП, в том числе при диабете, при неоднократном лечении антибиотиками главную роль в этиологии пиелонефрита приобретают другие инфекционные агенты, своевременное выявление которых имеет решающее значение для выбора рациональной антибиотикотерапии.

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучение изменений состава и антибиотикорезистентности основных возбудителей ИМП у пациентов с СД2, которым было проведено эндохирургическое лечение МКБ.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В период с 01.2024 по 01.2026 из урологических отделений 4-й ГКБ г. Минска после эндохирургических вмешательств по поводу МКБ (катетеризации мочеточников, ретроградные интратеренальные операции) было выписано 5157 пациентов. У 621 (12,0%) имелся диагноз СД2, из них женщин – 484 (77,9%), мужчин – 137 (22,1%). Средний возраст пациентов с диабетом – 66,1 года (минимальный – 27, максимальный – 89). Для изучения характера возбудителей ИМП у пациентов с диабетом и МКБ было проведено исследование 290 результатов бактериологического посева мочи (группа 1). Полученные данные сравнивали с данными посева мочи 257 пациентов без диабета (группа 2). Бактериологическое исследование мочи проводили методом

стандартного посева на плотные среды с определением антибиотикорезистентности диффузионным методом. Забор материала проводили из мочеточникового катетера или из средней порции мочи. Сведения о микроорганизмах, выделенных из мочи, получены из республиканской базы данных WHONET. Для статистической обработки результатов исследования использовали непараметрические методы, таблицы сопряженности, критерий хи-квадрат Пирсона с применением программного пакета IBM SPSS Statistics ver. 20.

■ РЕЗУЛЬТАТЫ

У пациентов из группы 1 (с СД2) бактериологическое исследование мочи показало отсутствие роста в 92 (31,7%), а в группе 2 (без диабета) – в 159 (61,8%) случаях ($p=0,027$). Структура возбудителей ИМП у пациентов обеих групп представлена в табл. 1.

Так как на долю трех бактериальных агентов (*Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* и *Enterococcus faecalis*), по нашим данным, приходилось от 62,5% до 68,3% всех уропатогенов, было проведено исследование чувствительности к антибиотикам этих возбудителей ИМП. Результаты исследования показали, что имеется тенденция к повышению резистентности к антибиотикам возбудителей ИМП у пациентов с СД2 по сравнению с резистентностью возбудителей у пациентов без диабета, однако статистически значимых различий при этом не получено, поэтому данные в обеих группах были объединены. Результаты по каждому из трех бактериальных агентов представлены в табл. 2–4.

Таблица 1
Структура возбудителей ИМП у пациентов 1-й и 2-й групп
Table 1
Structure of pathogens causing UTI in patients of groups 1 and 2

Бактерия	1-я группа (доля в % от общего количества выявленных в группе бактерий)	2-я группа (доля в % от общего количества выявленных в группе бактерий)
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	24,5*	10,4*
<i>Escherichia coli</i>	22,8*	37,5*
<i>Enterococcus faecalis</i>	21,0*	14,6*
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	5,3	3,1
<i>Proteus mirabilis</i>	7,0	5,2
<i>Candida</i> sp.	3,5	2,1
<i>Acinetobacter baumannii</i>	3,5	0
<i>Morganella morganii</i>	2,4	0
<i>Enterococcus faecium</i>	1,7	4,2
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	0	3,1
<i>Acinetobacter lwoffii</i>	3,1	3,1
<i>Streptococcus agalactiae</i>	0	1,7
<i>Staphylococcus aureus</i>	0	3,1
<i>Enterobacter cloacae</i>	1,7	1,7
Другие	3,5	10,2

Примечание: * разница статистически значима ($p<0,05$).



Таблица 2
Чувствительность к антибиотикам *Escherichia coli* (№ 120)
Table 2
Antibiotic susceptibility of *Escherichia coli* (No. 120)

Антибиотик	ЭД*, мг	Чувствительность, %	Устойчивость, %
Amoxicillin	30	100	0
Amoxicillin/Clavulanic acid	20	82	18
Ceftazidime	30	83	17
Ceftriaxone	30	77	23
Doxycycline	30	75	25
Fosfomycin	200	90	10
Gentamicin	10	100	0
Imipenem	10	100	0
Levofloxacin	5	86	14
Meropenem	10	100	0
Nitrofurantoin	300	94	6
Polymixin B	300	97	3
Trimethoprim/Sulfamethoxazole	1,2	64	36

Примечание: * ЭД – эффективность диска в мг.

Таблица 3
Чувствительность к антибиотикам *Klebsiella pneumoniae* (№ 80)
Table 3
Antibiotic susceptibility of *Klebsiella pneumoniae* (No. 80)

Антибиотик	ЭД*, мг	Чувствительность, %	Устойчивость, %
Amoxicillin	30	70	30
Amoxicillin/Clavulanic acid	20	30	70
Cefepime	30	0	100
Ceftazidime	30	21	69
Ceftriaxone	30	29	61
Ciprofloxacin	5	0	100
Doxycycline	30	52	48
Fosfomycin	200	47	53
Gentamicin	10	63	37
Imipenem	10	35	65
Levofloxacin	5	21	79
Meropenem	10	35	65
Nitrofurantoin	300	33	67
Polymixin B	300	100	0
Trimethoprim/Sulfamethoxazole	1,2	33	67

Примечание: * ЭД – эффективность диска в мг.

Таким образом, анализ результатов определения чувствительности возбудителей ИМП показал, что для *Escherichia coli* наибольшую эффективность имели антибиотики имипенем, меропенем, амоксициллин, гентамицин, полимиксин В. Для *Klebsiella pneumoniae* наиболее активным оказался полимиксин В. *Enterococcus faecalis* оказались наиболее чувствительны к ампициллину, линезолиду и нитрофурантоину.

Таблица 4
Чувствительность к антибиотикам *Enterococcus faecalis* (№ 64)
Table 4
Antibiotic susceptibility of *Enterococcus faecalis* (No. 64)

Антибиотик	ЭД*, мг	Чувствительность, %	Устойчивость, %
Ampicillin	10	100	0
Cefuroxime sodium	30	0	100
Gentamicin	10	33	67
Linezolid	10	100	0
Nitrofurantoin	300	100	0
Ofloxacin	5	11	89
Tetracycline	30	0	100
Vancomycin	30	84	16

Примечание: * ЭД – эффективность диска в мг.

В то же время *Klebsiella pneumoniae* имела 100% устойчивость к цефепиму и ципрофлоксацину, а *Enterococcus faecalis* – к цефуроксиму и тетрациклину. Наибольшая резистентность *Escherichia coli* отмечена к цефтриаксону, доксициклину, триметоприму/сульфаметоксазолу (23–36%).

■ ОБСУЖДЕНИЕ

Среди пациентов с МКБ неуклонно повышается процент пациентов с сахарным диабетом (достигая 16,2% и более) [3]. По нашим данным, 12,0% пациентов, которым проведено эндоурологическое лечение МКБ, имели СД2. ИМП, в том числе пиелонефрит, также значительно чаще встречаются у пациентов с диабетом (23,7–42,9%) по сравнению с пациентами без диабета (17,4%) [4, 5]. Это объясняется тем, что повышенные уровни гликозилированного гемоглобина, глюкозы крови приводят к микроангиопатическим изменениям в почках в форме диабетической нефропатии с задержкой азотистых веществ, вызывают протеинурию, глюкозурию, что в дальнейшем способствует частым рецидивам ИМП [6]. Кроме того, проблема ИМП у пациентов с СД2 в сочетании с МКБ осложняется еще и фактором стент-ассоциированной инфекции, которая развивается уже через двое суток после постановки мочеточникового стента.

Большинство литературных источников свидетельствует о том, что ведущим уропатогеном как у пациентов с диабетом, так и без него является *E. coli* [7]. В то же время сведения о составе и характере возбудителей ИМП при СД2 в разных исследованиях значительно различаются. Так, по результатам исследований T. Nath и соавт. основными выделенными микроорганизмами у пациентов с диабетом были *Escherichia coli* (39%), *Klebsiella spp.* (19%), *Enterococcus spp.* (12%), *Staphylococcus aureus* (12%) и *Candida spp.* (6%) [8]. В другом исследовании частота выделения *E. coli* из культуры мочи была выше (64,6%) среди пациентов с диабетом [5]. Описано также, что *Proteus sp.* и *Pseudomonas sp.* встречались чаще у пациентов с диабетом, а характеристики чувствительности к антимикробным препаратам существенно не различались в группах с диабетом и без него [9]. Многие исследователи согласны с тем, что при осложненной ИМП, к которой относится и инфекция при сахарном диабете, доля *E. coli* значительно снижается, а этиологическая значимость других грамположительных

и грамотрицательных бактерий возрастает [10]. Так, в исследовании Kar M. и соавт. ИМП у пациентов с внутренним дренированием почек выявлена в 53,5% случаев, а наиболее частыми возбудителями, выделенными со стентов, являлись *Pseudomonas aeruginosa* (21%), *Escherichia coli* (17%) и *Pseudomonas spp.* (16%), причем 38,5% бактерий обладали мультирезистентностью к антибиотикам [11]. По нашим данным, у пациентов с СД2 и МКБ структура возбудителей ИМП меняется, а основными этиологическими агентами становятся *Klebsiella pneumoniae* (24,4%), *Escherichia coli* (22,8%) и *Enterococcus faecalis* (21,0%).

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Общепризнанным фактом в мировом здравоохранении является неуклонный рост устойчивости бактерий к антибактериальным препаратам. Данные по оценке антибиотикорезистентности бактерий – возбудителей ИМП отличаются большой вариабельностью и зависят от региона, особенностей клинической организации, метода исследования. Полученные нами результаты выявили высокую резистентность у *Klebsiella pneumoniae* как основного возбудителя ИМП у пациентов с СД2 и МКБ к цефепиму и ципрофлоксацину (100%), левофлоксацину (79%), имипенему и меропенему (65%), что необходимо учитывать при лечении пациентов этой категории.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Aswani S.M., Chandrashekar U.K., Shivashankara K.N., et al. Clinical profile of urinary tract infections in diabetics and non-diabetics. *AMJ*. 2014;7(1):29–34. doi: 10.4066/AMJ.2014.1906
2. Bodke H., Wagh V., Kakar G., et al. Diabetes Mellitus and Prevalence of Other Comorbid Conditions: A Systematic Review. *Cureus*. 2023;15(11):e49374. doi: 10.7759/cureus.49374
3. Davidov M., Nikonova O., Gushchina T. The importance of diabetes mellitus in the etiopathogenesis of urolithiasis. *Medical almanac*. 2018;6(57):140–143.
4. Raya S., Belbase A., Dhakal L., et al. In-Vitro Biofilm Formation and Antimicrobial Resistance of *Escherichia coli* in Diabetic and Nondiabetic Patients. *BioMed Research International*. 2019; Article ID 1474578: 8. doi: 10.1155/2019/1474578
5. Aswani S.M., Chandrashekar U.K., Shivashankara K.N., et al. Clinical profile of urinary tract infections in diabetics and non-diabetics. *AMJ*. 2014;7(1):9–34. doi: 10.4066/AMJ.2014.1906
6. Burekovic A., Haskovic E., Ceric F., Halilovic D. Correlation Between Inflammatory and Biochemical Parameters in Patients with Diabetes and Urinary Tract Infection. *Mater Sociomed*. 2021;33(4):240–243.
7. Shahsavari S., Bakht M., Sadeghi H., et al. Effect of Diabetes Mellitus on the Spectrum of Uropathogens and the Antimicrobial Resistance in Patients with Urinary Tract Infection. *Archives of Razi Institute*. 2024;79(1):92–101. doi: 10.32592/ARI.2024.79.1.92
8. Nath T., Das S.K., Hazra S. Pattern of uropathogens and antibiotic sensitivity in diabetes patients attending to out – Patient department and diabetes clinic of a teaching hospital: A cross-sectional study. *J Family Med Prim Care*. 2021;10:3638–43.
9. Jagadeesan S., Tripathi B.K., Patel P., et al. Urinary tract infection and diabetes mellitus – Etio-clinical profile and antibiogram: A North Indian perspective. *J Family Med Prim Care*. 2022;11:1902–6.
10. Filimonov V., Vasin R., Davydova S. Characteristics of pathogens of complicated urinary tract infection in a multidisciplinary institution. *Bulletin of Volgograd State Medical University*. 2016;4(60):82–85.
11. Kar M., Dubey A., Patel S.S., et al. Characteristics of bacterial colonization and urinary tract infection after indwelling of double-J ureteral stent and percutaneous nephrostomy tube. *J Global Infect Dis*. 2022;14:75–80.