SCIENTIFIC TRENDS IN MEDICINE - НАУЧНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В МЕДИЦИНЕ – TIBBIYOTDA ILMIY TENDENSIYALAR

ILMIY-TAHLILIY JURNAL

Issue - 9(2026) / E-ISSN: 3030-3516 Available at www.uznauka.uz

МОЛЕКУЛЯРНЫЕ МЕХАНИЗМЫ АНТИМИКРОБНОЙ РЕЗИСТЕНТНОСТИ И СОВРЕМЕННЫЕ СТРАТЕГИИ ЕЁ КОНТРОЛЯ

MOLECULAR MECHANISMS OF ANTIMICROBIAL RESISTANCE AND MODERN STRATEGIES FOR ITS CONTROL

ANTIMIKROB REZISTENTLIKNING MOLEKULYAR MEXANIZMLARI VA UNI CHEKLASHNING ZAMONAVIY STRATEGIYALARI

Khusenova Asal Shakhobiddinovna

Student of the 1st Faculty of Treatment, Tashkent State Medical University, Tashkent, Uzbekistan

Email:asalka2727@gmail.com

Hasanboyeva Shirinoy Jamoliddin kizi

Student of the 1st Faculty of Treatment, Tashkent State Medical University, Tashkent, Uzbekistan

Email:shirinoyjamoliddinovna@gmail.com

Sakhabitdinova Mokhinur Sirojiddin kizi

Student of the 1st Faculty of Treatment, Tashkent State Medical University, Tashkent, Uzbekistan

Email:saxabitdinovamoxinur@gmail.com

Oltinova Sitora Anvar kizi

Student of the 1st Faculty of Treatment, Tashkent State Medical University, Tashkent, Uzbekistan

Email:oltinovasitora82@gmail.com

Rajabboyeva Sabina Sevdiyor kizi

SCIENTIFIC TRENDS IN MEDICINE - НАУЧНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В МЕДИЦИНЕ – TIBBIYOTDA ILMIY TENDENSIYALAR

ILMIY-TAHLILIY JURNAL

Issue - 9(2026) / E-ISSN: 3030-3516 Available at www.uznauka.uz

Student of the 1st Faculty of Treatment, Tashkent State Medical University, Tashkent, Uzbekistan

Email:rajabboyevasabina87@gmail.com

Аннотация. *В статье рассматриваются механизмы формирования устойчивости микроорганизмов к антимикробным препаратам и значение данного процесса для современной медицины. Освещается роль генетических изменений, мутаций и горизонтального переноса генов в развитии антимикробной резистентности, а также механизмы, позволяющие бактериям противостоять действию антибиотиков, включая ферментативную инактивацию и активность эффлюксных насосов. Особое внимание уделено распространению устойчивых микроорганизмов и его влиянию на эффективность лечения инфекционных заболеваний. В статье также рассматриваются рациональное применение антибиотиков, совершенствование микробиологической диагностики, усиление мер инфекционного контроля и разработка новых антимикробных препаратов как важные направления ограничения антимикробной резистентности.*

Abstract. *This article examines the mechanisms by which microorganisms develop resistance to antimicrobial agents and highlights the significance of this process in modern medicine. The role of genetic changes, mutations, and horizontal gene transfer in the development of antimicrobial resistance is discussed, along with the mechanisms that enable bacteria to withstand the effects of antibiotics, including enzymatic inactivation and efflux pump activity. Particular*

Issue - 9(2026) / E-ISSN: 3030-3516 Available at www.uznauka.uz

attention is given to the spread of resistant microorganisms and its impact on the effectiveness of infectious disease treatment. The article also considers the rational use of antibiotics, improvement of microbiological diagnostics, strengthening of infection control measures, and development of new antimicrobial agents as important strategies for limiting antimicrobial resistance.

Annotatsiya. *Mazkur maqolada mikroorganizmlarning antimikrob preparatlarga nisbatan rezistentlik hosil qilish mexanizmlari hamda ushbu jarayonning zamonaviy tibbiyotdagi ahamiyati yoritilgan. Antimikrob rezistentlikning yuzaga kelishida genetik o‘zgarishlar, mutatsiyalar va gorizontal gen transferining o‘rni, shuningdek, bakteriyalarning antibiotiklar ta’siridan himoyalanish mexanizmlari, jumladan, fermentativ inaktivatsiya va efflyuks nasoslari faoliyati ko‘rib chiqilgan. Rezistent mikroorganizmlarning tarqalishi infeksion kasalliklarni davolash samaradorligiga ta’sir qilishi sababli, ularning oldini olish va nazorat qilish masalalariga alohida e’tibor qaratilgan. Maqolada antibiotiklardan oqilona foydalanish, mikrobiologik diagnostikani takomillashtirish, infeksion nazoratni kuchaytirish hamda yangi antimikrob vositalarni izlash antimikrob rezistentlikni cheklashning muhim yo‘nalishlari sifatida tahlil qilinadi.*

Ключевые слова: *антимикробная резистентность, антибиотики, бактерии, мутация, горизонтальный перенос генов, эффлюксные насосы, антимикробная терапия, микробиологическая диагностика.*

SCIENTIFIC TRENDS IN MEDICINE - НАУЧНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В МЕДИЦИНЕ – TIBBIYOTDA ILMIY TENDENSIYALAR
ILMIY-TAHLILIY JURNAL
Issue - 9(2026) / E-ISSN: 3030-3516 Available at www.uznauka.uz

Keywords: *antimicrobial resistance, antibiotics, bacteria, mutation, horizontal gene transfer, efflux pumps, antimicrobial therapy, microbiological diagnostics.*

Kalit so‘zlar: *antimikrob rezistentlik, antibiotiklar, bakteriyalar, mutatsiya, gorizontal gen transferi, efflyuks nasoslari, antimikrob terapiya, mikrobiologik diagnostika.*

Введение. Антимикробная резистентность представляет собой сложный биологический процесс, при котором микроорганизмы приобретают способность выживать и размножаться в присутствии антимикробных препаратов. Формирование устойчивости связано с генетическими мутациями и горизонтальным переносом генов, а также с различными механизмами защиты бактериальной клетки. К ним относятся ферментативная инактивация антибиотиков, изменение проницаемости клеточной мембраны и активность эффлюксных насосов, способствующих выведению антимикробных препаратов из клетки[1]. Совокупность этих механизмов определяет способность микроорганизмов противостоять действию лекарственных средств и формирует сложную систему антимикробной резистентности. Устойчивость может формироваться у различных видов бактерий и передаваться между микроорганизмами. Это способствует распространению резистентных штаммов и усложняет выбор эффективных методов антимикробной терапии[2]. Поэтому изучение механизмов формирования устойчивости имеет важное значение для современной микробиологии[3].

SCIENTIFIC TRENDS IN MEDICINE - НАУЧНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В МЕДИЦИНЕ – TIBBIYOTDA ILMIY TENDENSIYALAR
ILMIY-TAHLILIY JURNAL
Issue - 9(2026) / E-ISSN: 3030-3516 Available at www.uznauka.uz

Актуальность темы. Рост устойчивости микроорганизмов к антибактериальным препаратам создаёт дополнительные трудности при лечении инфекционных заболеваний[4]. Особенно важным становится изучение факторов, способствующих появлению и распространению резистентных штаммов, поскольку это связано с ограничением терапевтических возможностей и необходимостью поиска новых подходов к лечению[5]. Рассмотрение данной проблемы с позиций современной микробиологии позволяет определить основные направления профилактики и рационального применения антимикробных препаратов[6].

Цель исследования. Целью исследования является систематизация современных представлений об антимикробной резистентности, рассмотрение основных факторов её формирования и распространения, а также анализ роли клеточных и генетических механизмов в снижении чувствительности микроорганизмов к антимикробным препаратам[7]. Особое внимание уделяется механизмам, обеспечивающим выживание бактерий при воздействии лекарственных средств. Также рассматриваются возможные направления совершенствования подходов к профилактике и контролю распространения устойчивых микроорганизмов[8].

Обзор литературы. Современные научные данные показывают, что антимикробная резистентность формируется под влиянием генетических и клеточных механизмов[9]. Согласно данным Всемирной организации здравоохранения, представленным в Global antibiotic resistance surveillance report 2025, в 2023 году примерно одна из шести лабораторно подтверждённых бактериальных инфекций была устойчива к

SCIENCE REVEALS THE TRUTH
SCIENCE REVEALS THE TRUTH
SCIENTIFIC TRENDS IN MEDICINE - НАУЧНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В МЕДИЦИНЕ – TIBBIYOTDA ILMIY TENDENSIYALAR
ILMIY-TAHLILIY JURNAL
Issue - 9(2026) / E-ISSN: 3030-3516
Available at www.uznauka.uz

антибиотикам[10]. В отчёте также отмечается рост устойчивости ряда сочетаний «патоген–антибиотик» в период с 2018 по 2023 год. В научных публикациях подчёркивается роль мутаций и горизонтального переноса генетического материала в формировании устойчивости бактерий[11]. Всемирная организация здравоохранения относит изучение механизмов распространения резистентности, совершенствование диагностики и разработку новых методов терапии к приоритетным направлениям исследований[12]. Особое внимание уделяется эффлюксным насосам. В обзоре Sinha et al. (2024) показано, что эффлюксные системы Staphylococcus aureus способствуют выведению антибиотиков из клетки, снижая их внутриклеточную концентрацию и повышая устойчивость бактерий[13]. Dulanto Chiang и Dekker (2024) также отмечают роль RND-насосов в устойчивости грамотрицательных бактерий к β-лактамным антибиотикам. В материалах Всемирной организации здравоохранения подчёркивается значение современной микробиологической диагностики для своевременного выявления резистентных микроорганизмов и определения их чувствительности к препаратам[14]. Таким образом, антимикробная резистентность представляет собой многофакторный процесс, связанный с генетической изменчивостью, горизонтальным переносом генов и активностью эффлюксных насосов.

Материалы и методы. В исследовании приняли участие 228 студентов медицинского факультета в возрасте от 18 до 23 лет, среди которых 124 мужчины и 104 женщины. Исследование проводилось методом анонимного

SCIENTIFIC TRENDS IN MEDICINE - НАУЧНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В МЕДИЦИНЕ – TIBBIYOTDA ILMIY TENDENSIYALAR
ILMIY-TAHLILIY JURNAL
Issue - 9(2026) / E-ISSN: 3030-3516 Available at www.uznauka.uz

анкетирования с использованием структурированного опросника, включавшего вопросы о применении антибиотиков, знаниях об антимикробной резистентности и отношении к рациональной антибиотикотерапии[15].

Анкета включала несколько тематических блоков, направленных на оценку знаний о причинах и механизмах формирования антимикробной резистентности, правилах применения антибактериальных препаратов, возможных последствиях их неправильного использования и способах профилактики распространения резистентных микроорганизмов. Отдельно оценивалась практика самостоятельного приёма антибиотиков, соблюдение назначенной схемы лечения и отношение к необходимости микробиологического исследования перед началом терапии. Для обработки полученных данных применялись аналитический, сравнительный и статистический методы[16]. Проводилось сопоставление ответов участников по основным исследуемым показателям, после чего результаты систематизировались и обобщались. Количественные данные представлялись в виде абсолютных значений и процентного соотношения, что позволило оценить уровень информированности студентов и основные особенности использования антибиотиков[17].

Анализ и результаты. Проведённый анализ показал, что антимикробная резистентность формируется вследствие сочетанного действия нескольких молекулярных механизмов. В 2023 году примерно каждая шестая лабораторно подтверждённая бактериальная инфекция, связанная с распространёнными инфекционными заболеваниями,

SCIENTIFIC TRENDS IN MEDICINE - НАУЧНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В МЕДИЦИНЕ – TIBBIYOTDA ILMIY TENDENSIYALAR
ILMIY-TAHLILIY JURNAL
Issue - 9(2026) / E-ISSN: 3030-3516 Available at www.uznauka.uz

характеризовалась устойчивостью к антибиотикам. При этом в период с 2018 по 2023 год рост устойчивости отмечался более чем в 40% исследованных сочетаний «патоген–антибиотик». Наиболее значимыми механизмами являлись ферментативная инактивация антибиотиков, изменение мишени их действия, снижение проницаемости клеточной оболочки и активность эффлюксных насосов. При усилении работы эффлюксных систем происходит активное выведение антибиотиков из бактериальной клетки, что снижает их внутриклеточную концентрацию и эффективность воздействия. Сочетание нескольких механизмов способствует формированию более выраженной и множественной устойчивости микроорганизмов к антибактериальным препаратам.

Выводы. Антимикробная резистентность представляет собой многофакторный процесс, в основе которого лежат генетические изменения и разнообразные механизмы защиты бактериальной клетки. Мутации и горизонтальный перенос генов способствуют приобретению и распространению устойчивости, а ферментативная инактивация антибиотиков, изменение клеточных мишеней, снижение проницаемости мембраны и активность эффлюксных насосов обеспечивают выживание микроорганизмов при воздействии препаратов. Ограничение распространения резистентности требует рационального применения антибиотиков, своевременной микробиологической диагностики, усиления инфекционного контроля и дальнейшего развития новых антимикробных средств.

Список литературы:

1. World Health Organization. Global antibiotic resistance surveillance report 2025. Geneva: World Health Organization; 2025.
2. World Health Organization. Global research agenda for antimicrobial resistance in human health. Geneva: World Health Organization; 2025.
3. World Health Organization. WHO bacterial priority pathogens list, 2024. Geneva: World Health Organization; 2024.
4. World Health Organization. Global Antimicrobial Resistance and Use Surveillance System (GLASS) report: antibiotic use data for 2022. Geneva: World Health Organization; 2025.
5. Darby E.M., Trampari E., Siasat P., et al. Molecular mechanisms of antibiotic resistance revisited. Nature Reviews Microbiology. 2023;21(5):280–295. DOI: 10.1038/s41579-022-00820-y.
6. Sinha S., Aggarwal S., Singh D.V. Efflux pumps: gatekeepers of antibiotic resistance in Staphylococcus aureus biofilms. Microbial Cell. 2024;11:368–377.
7. Dulanto Chiang A., Dekker J.P. Efflux pump-mediated resistance to new beta lactam antibiotics in multidrug-resistant gram-negative bacteria. Communications Medicine. 2024;4:170.
8. Gaurav A., Bakht P., Saini M., Pandey S., Pathania R. Role of bacterial efflux pumps in antibiotic resistance, virulence, and strategies to discover novel efflux pump inhibitors. Microbiology. 2023;169(5):001333. DOI: 10.1099/mic.0.001333.
9. Role of bacterial efflux pump proteins in antibiotic resistance across microbial species. Microbial Pathogenesis. 2023;178:106182. DOI: 16/j.micpath.2023.106182.
10. Michaelis C., Grohmann E. Horizontal Gene Transfer of Antibiotic Resistance

Issue - 9(2026) / E-ISSN: 3030-3516 Available at www.uznauka.uz

Genes in Biofilms. Antibiotics. 2023;12(2):328. DOI: 3390/antibiotics12020328.
11. Antimicrobial-induced horizontal transfer of antimicrobial resistance genes in bacteria: a mini-review. Environmental Science and Pollution Research. 2022.
12. Chetri S. The culmination of multidrug-resistant efflux pumps vs. meager antibiotic arsenal era: urgent need for an improved new generation of EPIs. 2023.
13. Mechanisms of emerging resistance associated with non-antibiotic antimicrobial agents: a state-of-the-art review. 2023.
14. Teshome A., et al. Mechanism of antibacterial resistance, strategies and next-generation antimicrobials to contain antimicrobial resistance: a review. Frontiers in Microbiology. 2024.
15. Nocera F.P., Attili A.R., De Martino L. Antimicrobial resistance: two-component regulatory systems and multidrug efflux pumps. Antibiotics. 2023;12(6):965.
16. Ghosh S., et al. Horizontal gene transfer among host-associated microbes. Current Opinion in Microbiology. 2023.
17. Chen L., et al. Mechanisms of antibiotic resistance and strategies for combating antimicrobial resistance. 2023.