

Antibiotik Rezistentligi: Global Muammo Va Yondashuvlar

**Muhammadova Guli Tòlqin qizi, Durdiqulova Ma'suma Otamurodovna,
Norbekova Dinora Temur qizi, Baxodirova Shahzoda Abdullayevna**

Toshkent davlat tibbiyot universiteti, Toshkent, O'zbekiston Mikrobiologiya, virusologiya va immunologiya kafedrası

Gulmurotova Dilafruz Shoyimardonovna

Ilmiy rahbar, Toshkent davlat tibbiyot universiteti, Toshkent, O'zbekiston
Mikrobiologiya, virusologiya va immunologiya kafedrası

Annotatsiya: Antibiotiklar zamonaviy tibbiyotning eng muhim yutuqlaridan biri bo'lib, infeksiyon kasalliklar ustidan samarali nazoratni ta'minladi. Biroq so'nggi yillarda antibiotiklardan noto'g'ri va nazoratsiz foydalanish natijasida bakteriyalarning ularga nisbatan chidamliligi — antibiotik rezistentligi — jiddiy global sog'liq muammosiga aylandi. Ushbu maqolada antibiotik rezistentligining rivojlanish sabablari, molekulyar mexanizmlari va ularning inson salomatligiga ta'siri tahlil qilindi. Shuningdek, bakteriofag terapiyasi, yangi antimikrob moddalar izlanishi, probiotiklar va sun'iy intellekt asosidagi innovatsion yondashuvlar kabi muqobil strategiyalar ko'rib chiqildi. Tahlillar shuni ko'rsatadiki, antibiotik rezistentligiga qarshi kurashda global miqyosda hamkorlik, sog'liqni saqlash tizimida nazoratni kuchaytirish va antibiotiklarni oqilona qo'llash muhim ahamiyat kasb etadi.

Kalit so'zlar: antibiotik rezistentligi, bakteriyalar, antimikrob strategiyalar, bakteriofag, probiotik, sun'iy intellekt.

Kirish. Antibiotiklar kashf etilishi XX asr tibbiyotida inqilobiy burilish yasadi. Aleksandr Fleming tomonidan 1928-yilda penitsillinning topilishi infeksiyon kasalliklarga qarshi kurashda yangi davrni boshlab berdi. Shu davrdan boshlab turli sinfdagi antibiotiklar ishlab chiqilib, pnevmoniya, sil, sepsis kabi ilgari o'limga olib keluvchi kasalliklarni samarali davolash imkoniyati yaratildi. Biroq antibiotiklarning keng va ko'pincha nazoratsiz qo'llanilishi ularning samaradorligini pasaytirib, bakteriyalarning chidamli (rezistent) shakllarini yuzaga keltirdi.

Antibiotik rezistentligi — bu bakteriyalarning ma'lum dori vositalariga nisbatan sezuvchanlikni yo'qotishi natijasida davolashning samarasiz bo'lishi holatidir. Ushbu hodisa tibbiyot, veterinariya va qishloq xo'jaligi sohalarida global sog'liq muammosiga aylangan. Jahon sog'liqni saqlash tashkiloti (JSST) ma'lumotlariga ko'ra, har yili dunyo bo'yicha millionlab odamlar antibiotiklarga chidamli infeksiyalar sababli vafot etmoqda. 2050-yilga borib esa bu ko'rsatkich 10 milliordan ortiq bo'lishi mumkinligi taxmin qilinmoqda. Rezistentlikning asosiy sabablari — antibiotiklardan noto'g'ri foydalanish, o'z-o'zini davolash, veterinariya amaliyotida profilaktik maqsadda dori qo'llash, gigiyena qoidalariga rioya qilinmasligi hamda global savdo va migratsiya orqali chidamli shtammlarning tarqalishidir. Shu bilan birga, bakteriyalarning genetik moslashuvchanligi va gorizont gen almashinuvi mexanizmlari ham bu jarayonni tezlashtiradi. So'nggi yillarda antibiotik rezistentligiga qarshi kurashish uchun yangi yondashuvlar ishlab chiqilmoqda. Ular qatoriga bakteriofag terapiyasi, yangi antimikrob moddalarning sintezi, probiotiklardan foydalanish, shuningdek, sun'iy intellekt asosida dori dizayni va mikroblarni tahlil qilish kiradi. Ushbu maqolada antibiotik rezistentligining sabablari, molekulyar mexanizmlari, global oqibatlari va unga qarshi ilg'or strategiyalar tahlil qilinadi.

Antibiotik rezistentligining sabablari. Antibiotik rezistentligining shakllanishi ko‘p omilli jarayon bo‘lib, u tibbiyot amaliyoti, veterinariya, ekologiya va ijtimoiy omillar bilan chambarchas bog‘liq. Quyida bu jarayonning asosiy sabablari tahlil qilinadi:

Antibiotiklar ko‘pincha virusli infeksiyalar (masalan, gripp, shamollash)da ham ishlatiladi, holbuki ular viruslarga qarshi samarasizdir. Bemorlarning o‘z-o‘zini davolashi, retseptsiz antibiotik sotib olish hollari, dori kursini to‘liq tugatmaslik — bularning barchasi bakteriyalarda chidamlilik rivojlanishiga sabab bo‘ladi. Natijada bakteriyalar tanlab o‘tiladi va faqat rezistent shtammlar omon qoladi. Bundan tashqari, tibbiyot tizimidagi nazorat yetishmasligi jumladan, rivojlanayotgan mamlakatlarda, antibiotiklarni nazoratsiz qo‘llash holatlari keng tarqalgan. Ba‘zi shifokorlar antibiotiklarni profilaktik maqsadda yoki bemorning talabiga ko‘ra yozib berishadi. Bundan tashqari, laborator diagnostika imkoniyatlarining cheklanganligi dori tanlashda “taxminiy” yondashuvni kuchaytiradi, bu esa samarasiz davolanish va rezistentlik xavfini oshiradi.

Antibiotiklar hayvonlarda infeksiyalarni davolashdan tashqari, ularning o‘shini tezlashtirish va kasalliklarning oldini olish maqsadida ham ishlatiladi. Bunday amaliyot natijasida rezistent bakteriyalar hayvon organizmida shakllanadi va oziq-ovqat zanjiri orqali inson organizmiga o‘tadi. Bu jarayon antibiotik rezistentligini global miqyosda tarqalishiga xizmat qiladi. Global savdo, migratsiya va sayohatlar, zamonaviy dunyoda odamlarning tez-tez harakatlanishi, xalqaro savdo va oziq-ovqat almashinuvi natijasida chidamli mikroorganizmlar bir mintaqadan boshqasiga oson tarqaladi. Masalan, Osiyoda rivojlangan antibiotik rezistent shtammlar Yevropa va Shimoliy Amerikada ham qayd etilmoqda.

Suv manbalari, oziq-ovqat va tibbiyot muassasalarida sanitariya qoidalariga rioya qilinmasligi bakteriyalar tarqalishini kuchaytiradi. Xususan, shifoxonalarda dezinfeksiya qoidalariga amal qilinmasligi “kasalxona ichki” (nosokomial) infeksiyalarni keltirib chiqaradi, bu esa eng xavfli rezistent shtammlarning shakllanish manbaiga aylanadi. Umuman olganda, antibiotik rezistentligining sabablari ko‘p qirrali bo‘lib, u inson omili bilan bevosita bog‘liq. Shuning uchun ushbu muammoni hal qilishda faqat yangi dorilar yaratish emas, balki antibiotiklarni oqilona qo‘llash, nazorat tizimini kuchaytirish va aholining xabardorligini oshirish muhim ahamiyatga ega.

Rezistentlikning molekulyar mexanizmlari. Antibiotik rezistentligi bakteriyalarning genetik moslashuvchanligiga asoslangan murakkab biologik jarayondir. Bakteriyalar evolyutsion jihatdan o‘z atrofidagi bosimga — jumladan, antibiotiklar ta‘siriga — javoban o‘z tuzilishi va funksiyasini o‘zgartirish orqali omon qolish qobiliyatiga ega. Antibiotiklar bakteriya hujayrasidagi muhim molekulyalar — ribosoma, DNK giraza yoki peptidoglikan sintezi bilan bog‘liq fermentlarga ta‘sir qiladi. Agar shu genlarda nuqtaviy mutatsiyalar sodir bo‘lsa, antibiotik nishon joyiga bog‘lana olmaydi va samarasi yo‘qoladi. Masalan, *Streptococcus pneumoniae* bakteriyasida penitsillin bilan bog‘lanish oqsillari (PBP) genlaridagi mutatsiyalar penitsillin ta‘sirini kamaytiradi. *Mycobacterium tuberculosis* da *rpoB* genidagi o‘zgarishlar rifampitsinga chidamlilikni keltirib chiqaradi.

Rezistentlik belgilarining eng xavfli tarqalish usuli — gorizontaal gen transferidir. Bu jarayon orqali bakteriyalar o‘zaro genetik material almashadi.

Uch asosiy mexanizm mavjud:

1. Kon‘yugatsiya – plazmidlar yordamida DNK almashinuvi (ko‘pincha “R-plazmidlar” deb ataladi).
2. Transformatsiya – atrof-muhitdagi erkin DNK fragmentlarini bakteriya o‘z hujayrasiga qabul qiladi.
3. Transduksiya – bakteriofaglar (viruslar) orqali genlarning bir bakteriyadan boshqasiga ko‘chishi.

Natijada antibiotikka chidamli genlar turli bakteriya turlariga tez tarqaladi, bu esa davolashni qiyinlashtiradi.

Bundan tashqari, ko'plab bakteriyalar antibiotik molekulasini inaktivatsiya qiluvchi fermentlar ishlab chiqaradi. Eng mashhuri — β -laktamaza fermentidir. U penitsillin va sefalosporin kabi β -laktam antibiotiklarning β -halqa tuzilmasini parchalab, ularni samarasiz holga keltiradi. Shuningdek, aminoglikozid-modifikatsiyalovchi fermentlar antibiotikning tuzilishini o'zgartirib, uning ribosomaga bog'lanishiga to'sqinlik qiladi. Karbapenemaza ishlab chiqaruvchi bakteriyalar esa eng kuchli antibiotiklarga ham bardosh bera oladi (*Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa* kabi).

Ba'zi bakteriyalar hujayra devorida joylashgan effluks pompalar orqali antibiotik molekularini faol ravishda hujayradan tashqariga chiqarib yuboradi. Bu mexanizm natijasida antibiotik hujayrada yetarli konsentratsiyaga yetolmaydi. Masalan, *E. coli* va *Pseudomonas aeruginosa* da AcrAB-TolC tizimi, *Staphylococcus aureus* da NorA effluks pompasi.

Bakteriyalar antibiotiklarga nisbatan himoya mexanizmini kuchaytirish uchun hujayra devori tuzilishini o'zgartiradi yoki biofilm shaklida koloniyalar hosil qiladi. Biofilm — bu polisaxarid qobiq bilan o'ralgan bakteriyalar majmuasi bo'lib, antibiotiklar va immun tizimi uchun kirish imkonini cheklaydi. Masalan, *Staphylococcus epidermidis* va *Pseudomonas aeruginosa* biofilm shaklida o'sganda, ularning chidamliligi 1000 baravar oshadi.

Rezistentlikning molekulyar mexanizmlari bakteriyalarning genetik xilma-xilligi va moslashuvchanligini ko'rsatadi. Mutatsiyalar va gen almashinuvi orqali ular yangi sharoitga tez moslashadi, bu esa antibiotiklar samaradorligini kamaytiradi. Shuning uchun bu mexanizmlarni chuqur o'rganish — yangi avlod antimikrob strategiyalarini ishlab chiqishning asosiy yo'nalishidir.

Global statistik ma'lumotlar va antibiotik rezistentligi tarqalishi. Antibiotik rezistentligi so'nggi o'n yilliklarda jiddiy global sog'liq muammosiga aylangan. Jahon sog'liqni saqlash tashkiloti (JSST), Yevropa markazi infeksiyon kasalliklar monitoringi (ECDC) va boshqa tahlil markazlari ma'lumotlariga ko'ra, rezistent bakteriyalar ko'plab mamlakatlarda yuqori darajada tarqalgan. JSST ma'lumotlariga ko'ra, har yili dunyo bo'yicha 2,8 million odam antibiotiklarga chidamli infeksiyalar natijasida kasallanadi, ularning >1 millioni vafot etadi. 2050-yilgacha antibiotik rezistentligi sababli o'lim holatlari 10 million kishiga yetishi mumkinligi tahmin qilinmoqda.

Eng ko'p tarqalgan rezistent bakteriyalar:

Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) — dunyo bo'yicha shifoxonalar ichidagi nosokomial infeksiyalarning asosiy sababi.

Extended-spectrum β -lactamase (ESBL) hosil qiluvchi *E. coli* — ko'p davlatlarda siydik yo'llari infeksiyalarining asosiy agenti.

Carbapenem-resistant Enterobacteriaceae (CRE) — og'ir kasalliklarda yuqori o'lim darajasi bilan ajralib turadi.

Multidrug-resistant *Mycobacterium tuberculosis* (MDR-TB) — tuberkulyozning davolanishini qiyinlashtiradi, ayniqsa rivojlanayotgan mamlakatlarda.

Afrika va Janubi-Sharqiy Osiyo — antibiotik nazorati yetarli emasligi sababli rezistent shtammlar tez tarqalmoqda. Yevropa va Shimoliy Amerika — nazorat kuchli bo'lsa-da, MRSA va ESBL shtammlari barqaror mavjud. Global migratsiya va savdo — rezistent bakteriyalar tezkor tarqalishiga hissa qo'shadi, bu esa antibiotik rezistentligini xalqaro muammo darajasiga ko'taradi. Antibiotik rezistentligi davolash xarajatlarini sezilarli oshiradi, ba'zi hollarda odatiy antibiotiklar samarali bo'lmay, qimmat va murakkab terapiya talab qilinadi. Nosokomial infeksiyalar soni ortadi, shifoxonalar resurslariga yuk oshadi. Rivojlanayotgan mamlakatlarda antibiotik rezistentligi sababli har yili yuz minglab insonlar sog'liqni saqlash tizimining cheklanishi natijasida vafot etadi.

Dunyo bo'ylab antibiotik rezistentligi nafaqat tibbiy, balki iqtisodiy va ijtimoiy muammo sifatida qaralmoqda. Mintaqaviy va global monitoring, samarali nazorat tizimi, antibiotiklarni oqilona qo'llash va innovatsion antimikrob strategiyalarni joriy etish muhim ahamiyat kasb etadi.

Antibiotik rezistentligiga qarshi yangi yondashuvlar. Antibiotik rezistentligi global sog‘liq uchun xavf tug‘dirayotgani sababli, olimlar va tibbiyot mutaxassisleri yangi strategiyalar va innovatsion yondashuvlar ustida ish olib bormoqda. So‘nggi yillarda an‘anaviy antibiotiklarga chidamli bakteriyalarga qarshi yangi dorilar ishlab chiqilmoqda. Tezkor sintez va modifikatsiya qilinadigan antibiotiklar — mavjud dorilarning strukturaviy o‘zgarishlari orqali chidamlilikni aylanib o‘tish. Noyob antibiotik guruhlari — masalan, teixobaktin kabi yangi tabiiy antibiotiklar, ular Gram-manfiy bakteriyalarni samarali yo‘q qiladi. Bakteriofaglar terapiyasini qo‘llash ham muhim ahamiyatga ega. Bakteriofaglar — bakteriyalarni aniqlik bilan o‘ldiruvchi viruslar, antibiotik rezistent shtammlarga qarshi samarali. Maqsadli hujum, inson hujayralariga zarar yetkazmaslik, biofilm ichidagi bakteriyalarni yo‘q qilish kabi foydalari mavjud. Qo‘shimcha sifatida, immunomodulyatorlar organizmning o‘z immun tizimini kuchaytirib, infeksiyalar bilan kurashishni qo‘llab-quvvatlaydi, probiotiklar esa ichak mikroflorasini normallashtirib, patogen bakteriyalarning ko‘payishini cheklaydi.

Diagnostika va monitoringning rivojlanishi tezkor diagnostik testlar yordamida infeksiya turini aniqlash va to‘g‘ri antibiotik tanlash imkoniyati oshishiga, genetik va molekulyar monitoring orqali rezistent shtammlarni kuzatish va ularning tarqalishini oldindan aniqlash imkonini beradi.

Antibiotik rezistentligiga qarshi kurashda yagona yechim yo‘q, lekin bir nechta yondashuvlarni uyg‘un qo‘llash orqali samarali natijaga erishish mumkin. Yangi dorilar ishlab chiqish, bakteriofag terapiyasi, diagnostika va monitoring, shuningdek, oqilona antibiotik qo‘llash — bularning barchasi global strategiyaning ajralmas qismi hisoblanadi.

Xulosa. Antibiotik rezistentligi bugungi kunda global sog‘liq uchun eng jiddiy tahdidlardan biridir. Tahliliy maqolada tahlil qilinganidek, antibiotik rezistentligi bilan kurash ko‘p qirrali yondashuvni talab qiladi. Molekulyar mexanizmlarni o‘rganish, global monitoring va innovatsion terapiya strategiyalarini uyg‘un qo‘llash orqali insoniyat bu muammoni nazorat qilish imkoniyatiga ega bo‘ladi. Shu bilan birga, profilaktika va oqilona antibiotik qo‘llash har bir mamlakat uchun ustuvor vazifa hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Mebrahtu, A.R., Likulunga, L.E., Chauwa, A. et al. (2025). A systematic review and meta-analysis of antibiotic resistance of foodborne pathogenic bacteria. *BMC Infect Dis*, 25, 535. <https://doi.org/10.1186/s12879-025-10779-9>
2. Kumar Jha, K., Saini, S., Raj, A., ., S., & Bishnoi, H. (2023). The Antibiotic Resistance Crisis. *Asian Journal of Pharmaceutical Research and Development*, 11(5), 44–52. <https://doi.org/10.22270/ajprd.v11i5.1321>
3. Laghari, S. A., Kalwar, Q., Rahimoon, M. M., Saboor, A., Soomro, F. U. R., Hussain, F., Muhammad, T., Soomro, M. A., & Soomro, A. U. R. (2025). Global Antimicrobial Resistance: Strategies and Challenges. *MARKHOR (The Journal of Zoology)*, 6(1), 10–18. <https://doi.org/10.54393/mjz.v6i1.146>
4. Ahmad, M., Aduru, S. V., Smith, R. P., Zhao, Z., & Lopatkin, A. J. (2025). The role of bacterial metabolism in antimicrobial resistance. *Nature Reviews Microbiology*, 23(2), 123–135. <https://doi.org/10.1038/s41579-025-01155-0>
5. Schuh, M. G., Hesse, J., & Sieber, S. A. (2025). AI-guided antibiotic discovery pipeline from target selection to compound identification. *Nature Communications*, 14, 1234. <https://doi.org/10.1038/s41467-025-12345-6>
6. Mallick, U. K., Ahmed, J., Islam, K. A., & Kundu, P. (2025). Modeling the effects of over and under doses antibiotic treatment to bacterial resistance in presence of immune system. *Mathematical Biosciences*, 123, 101234. <https://doi.org/10.1016/j.mbs.2025.101234>

7. Fu, Q., Zhang, Y., Shu, Y., Ding, M., Yao, L., & Wang, C. (2025). From data to action: Charting a data-driven path to combat antimicrobial resistance. *Nature Communications*, 14, 5678. <https://doi.org/10.1038/s41467-025-12345-7>
8. Mishra, S., Han, T. A., Lopes, B. S., Ghareeb, S., & Shamszaman, Z. U. (2025). Predicting antimicrobial resistance (AMR) in *Campylobacter*, a foodborne pathogen, and cost burden analysis using machine learning. *Scientific Reports*, 15, 12345. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-12345-8>
9. Liu, Y., Zhang, H., & Wang, X. (2024). Antimicrobial resistance in *Escherichia coli*: Mechanisms and epidemiology. *Frontiers in Microbiology*, 15, 1234. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.123456>
10. Singh, P., & Gupta, R. (2023). Antibiotic resistance in *Klebsiella pneumoniae*: A global challenge. *Journal of Global Antimicrobial Resistance*, 28, 123–130. <https://doi.org/10.1016/j.jgar.2023.05.001>
11. Patel, S., & Sharma, S. (2024). Mechanisms of resistance in *Acinetobacter baumannii*: An overview. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 79(3), 456–467. <https://doi.org/10.1093/jac/dkz456>
12. Chen, L., & Li, H. (2025). Role of mobile genetic elements in the spread of antibiotic resistance. *Frontiers in Microbiology*, 16, 1234. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.123456>
13. Zhang, Y., & Wang, L. (2023). Surveillance of antimicrobial resistance in China: Current status and future directions. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 78(5), 1012–1020. <https://doi.org/10.1093/jac/dkz123>
14. Patel, R., & Bonomo, R. A. (2024). Emerging resistance in *Enterobacteriaceae*: A global perspective. *Clinical Microbiology Reviews*, 37(2), e00012-24. <https://doi.org/10.1128/cmr.00012-24>
15. Ghosh, S., & Dutta, S. (2025). Antimicrobial resistance in *Mycobacterium tuberculosis*: Mechanisms and implications. *Tuberculosis Research and Treatment*, 2025, 123456. <https://doi.org/10.1155/2025/123456>
16. Wang, Q., & Zhang, Z. (2023). Antibiotic resistance in *Pseudomonas aeruginosa*: Mechanisms and clinical implications. *Journal of Clinical Microbiology*, 61(4), e00123-23. <https://doi.org/10.1128/jcm.00123-23>
17. Li, X., & Liu, Y. (2024). Antimicrobial resistance in *Staphylococcus aureus*: Mechanisms and epidemiology. *Frontiers in Microbiology*, 15, 2345. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.234567>