

## MIKROPLASTIKLAR VA ULARNING OZIQ-OVQAT ZANJIRI ORQALI INSON ORGANIZMIGA KIRIB BORISHINING TOKSIKOLOGIK XAVFLARI

**F.H.Tojiboyeva**

*Farg‘ona jamoat salomatligi tibbiyot instituti  
“Gigiyena” yo‘nalishi 1-kurs magistranti  
tojiboyevaferdavsxon@gmail.com +99893 5529501*

**M.D.Ashurova**

*Farg‘ona jamoat salomatligi tibbiyot instituti  
“Mehnat gigiyenasi” kafedrasi mudiri t.f.n dotsent*

**Ilmiy rahbar: Sh.M.Turdiyev**

*Farg‘ona jamoat salomatligi tibbiyot instituti  
Magistratura va ordinatura bo‘lim boshlig‘i*

**Annotatsiya.** Ushbu maqolada mikroplastiklar 5 mm dan kichik plastik zarrachalari oziq-ovqat zanjiri orqali inson organizmiga kirib borishi va keltirib chiqaradigan toksikologik xavflari tahlil qilinadi. Okean va tuproqdagi mikroplastiklar baliq, dengiz mahsulotlari, ichimlik suvi va havo orqali insonga o‘tishi ilmiy dalillar asosida yoritiladi. Organizmda to‘planish, endokrin buzilishlar, oksidativ stress va immunotoksik ta’sirlar zamonaviy tadqiqotlar natijalariga asoslanib bayon etiladi. Profilaktika va nazorat chora-tadbirlari muhokama qilinadi.

**Kalit so‘zlar:** mikroplastiklar, nanoplastiklar, toksikologiya, oziq-ovqat xavfsizligi, bioakkumulyatsiya, endokrin disraptr, oksidativ stress, ichimlik suvi.

### Kirish

**Dolzarbligi.** XXI asrda plastik moddalarning global ishlab chiqarilishi keskin o‘shib, hozirda yiliga 400 million tonnadan oshdi. Bu moddalarning atrof-muhitga chiqindilari to‘planib borishi natijasida mikroplastiklar — diametri 5 mm dan kichik bo‘lgan plastik zarrachalar — global ekologik muammoga aylandi. Mikroplastiklar okeanlar, chuchuk suv havzalari, tuproq va hatto atmosferada keng tarqalgan bo‘lib, turli tadqiqotlar ularni Antarktida muzliklari va eng baland tog‘ cho‘qqilarida ham aniqlaganini ko‘rsatmoqda.

Dunyo bo‘ylab o‘tkazilgan tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, bir kishi yiliga o‘rtacha 39,000–52,000 dona mikroplastik zarrachasini iste‘mol qilishi mumkin. Nafas olish hisobga olinsa, bu ko‘rsatkich yanada yuqori bo‘ladi. Ichimlik suvida (jumladan, polimer idishlarda saqlangan suvda), dengiz mahsulotlarida, tuz, asal, pivo va go’sht mahsulotlarida mikroplastiklar aniqlangan.

**Tadqiqotning maqsadi.** mikroplastiklarning oziq-ovqat zanjiri orqali inson organizmiga kirib borish yo'llarini va toksikologik xavflarini zamonaviy ilmiy manbalar asosida tizimli bayon etishdan iborat.

**Adabiyotlar sharhi.** Mikroplastiklarning tasnifi va manbalari: Mikroplastiklar kelib chiqishi bo'yicha ikki turga bo'linadi: birlamchi va ikkilamchi. Birlamchi mikroplastiklar dastlab kichik o'lchamda ishlab chiqarilgan (masalan, kosmetikadagi mikrodonalar, sanoat granullari). Ikkilamchi mikroplastiklar esa yirik plastik buyumlarning UV nurlar, mexanik ta'sir va kimyoviy jarayonlar natijasida parchalanishidan hosil bo'ladi.

O'lchamiga ko'ra farqlanadi: mikroplastiklar (1 mkm — 5 mm), submikron zarrachalar (100 nm — 1 mkm) va nanoplastiklar (< 100 nm). Nanoplastiklar ayniqsa xavfli hisoblanadi, chunki ular hujayra membranasidan o'tib, to'qimalarga chuqur kirib borish qobiliyatiga ega.

**Material va usullar.** Ushbu ishda mikroplastiklarning oziq-ovqat zanjiri orqali inson organizmiga kirib borishi va uning toksikologik xavflarini o'rganishda nazariy-tahliliy metodologiyadan foydalanildi: Ma'lumotlar bazasi: Tadqiqot ob'ekti sifatida 2016–2026-yillar oralig'ida Google Scholar, PubMed va ScienceDirect bazalarida chop etilgan 50 dan ortiq fundamental ilmiy maqolalar va meta-analizlar tanlab olindi. Tizimli tahlil: Mikroplastiklarning atrof-muhitdan (suv, tuproq, havo) oziq-ovqat mahsulotlariga o'tish yo'llari va ularning biologik to'siqlardan (ichak epiteliysi, qon-tomir tizimi) o'tish mexanizmlari qiyosiy tahlil qilindi. Toksikologik baholash: Mikroplastiklar tarkibidagi kimyoviy qo'shimchalarning (bisfenollar, ftalatlar) gormonal tizimga va hujayra metabolizmiga ko'rsatadigan ta'siri bo'yicha nazariy modellash o'tkazildi. Umumlashtirish: To'plangan statistik ma'lumotlar asosida mikroplastiklarning inson salomatligi uchun uzoq muddatli xavf-xatarlari umumlashtirilib, ilmiy xulosalar shakllantirildi.

#### **Asosiy plastik turlari:**

- Polietilentereftalat (PET) — ichimlik suvi idishlari, oziq-ovqat qadoqlari
- Polipropilen (PP) — qoplar, qadoq materiallari
- Polistiroil (PS) — bir martalik idishlar, ko'pikli qadoqlar
- Polivinilxlorid (PVC) — suv quvurlari, plenkalar
- Polikarbonat (PC) — qayta ishlatiladigan idishlar (BPA manbasi)

**Oziq-ovqat zanjiriga kirish yo'llari.** Mikroplastiklar oziq-ovqat zanjiriga bir necha asosiy yo'l bilan kiradi. Dengiz muhitida plankton va mayda organizmlar mikroplastiklarni yutadi; bu moddalar keyinchalik baliqlar va dengiz mahsulotlari orqali insonga o'tadi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, tijorat maqsadida tutilgan Atlantika makrelida 73%, Shimoliy dengiz seldisida esa 94% gacha mikroplastik zarrachalari aniqlangan.

Ichimlik suvi mikroplastiklarning asosiy manbasidan biri hisoblanadi. WHO (2019) ma'lumotlariga ko'ra, har litr qadoqlangan suvda o'rtacha 325 dona, kranli suvda esa 5,5 dona mikroplastik aniqlangan. Polimer idishlarda (ayniqsa PET) saqlangan suv isitilganda yoki mexanik ta'sirga uchraganda mikrozarra ajralishi sezilarli darajada kuchayadi. Bu Farg'ona viloyatining issiq iqlim sharoitida ichimlik suvi xavfsizligi uchun alohida ahamiyat kasb etadi.

Tuproq yo'li ham muhim ahamiyatga ega: plastik chiqindilar bilan ifloslangan tuproqda o'stirilgan sabzavotlar ildizi mikroplastiklarni so'rib olishi ilmiy jihatdan isbotlangan. Bundan tashqari, havo orqali ham mikroplastiklar oziq-ovqatga tushishi mumkin — oshxona sharoitida sintetik to'qimalardan ajralib chiqqan tolalar oziq-ovqatni ifloslantiradi.

**Tadqiqot metodlari.** Ushbu sharh maqolasi 2015–2024 yillar davomida PubMed, Scopus, Web of Science va Google Scholar ma'lumotlar bazalarida chop etilgan 120 dan ortiq ilmiy maqola asosida tayyorlandi. Qidiruv so'zlari sifatida "microplastics", "food chain contamination", "toxicological effects", "endocrine disruptors", "nanoplastics human health" atamalaridan foydalanildi. WHO, EFSA (Evropa oziq-ovqat xavfsizligi agentligi) va UNEP hisobotlari ham tahlilga jalb etildi.

**Natijalar va muhokama.** Organizmda to'planish va tarqalish: So'nggi yillarda o'tkazilgan klinik tadqiqotlar mikroplastiklarni inson to'qimalarida aniqlay boshladi. 2022 yilda Nature Medicine jurnalida e'lon qilingan tadqiqotda aterosklerozli bemorlarning qon tomir devoridan PET va polivinil xlorid zarrachalari aniqlandi. Ushbu bemorlarda yurak-qon tomir kasalliklaridan o'lim xavfi plastik zarrachalar aniqlanmagan bemorlarga nisbatan 4,5 baravar yuqori ekanligi ko'rsatildi.

Mikroplastiklar ingichka ichakda bir qismi so'riladi va limfa hamda qon aylanish tizimi orqali jigar, o'pka, buyrak va miya kabi organlarga yetib boradi. Hayvonlarda o'tkazilgan tajribalarda nanoplastiklar qon-miya to'sig'ini o'ta olishi, miyada yallig'lanish va oksidativ stress jarayonlarini keltirib chiqarishi isbotlangan.

**Toksikologik mexanizmlar.** Endokrin buzilishlar (Endocrine disruption): Plastik tarkibidagi kimyoviy moddalar — bisfenol A (BPA), ftalatlar, styrene — endokrin disraptir sifatida harakat qiladi. BPA estrogen gormoniga tuzilishi jihatidan o'xshash bo'lgani uchun organizmda estrogenga uxshash ta'sir ko'rsatadi va gormonlar muvozanatini buzadi. Tadqiqotlar BPA kontsentratsiyasi yuqori bo'lgan populyatsiyalarda polikistoz tuxumdon sindromi, erta balog'atga yetish, gipogonadizm va qandli diabet 2-tur xavfining oshganini ko'rsatmoqda.

**Oksidativ stress va yallig'lanish.** Mikroplastiklar hujayra ichida reaktiv kislorod turlarini (ROS) hosil qilishi orqali oksidativ stressni keltirib chiqaradi. Bu jarayon mitoxondrial disfunktsiyaga, DNK zanjirining uzilishiga va apoptoz (dasturlashtirilgan hujayra o'limi)ga olib kelishi mumkin. In vitro tadqiqotlarda

polipropilen nanozarrachalari jigar hujayralari (HepG2)da oksidativ stress markerlari — MDA (malon dialdegid) va 8-OHdG darajasini sezilarli oshirishi ko'rsatildi.

**Immunotoksik ta'sirlar.** Mikroplastiklar immunitet tizimini bir necha mexanizm orqali zaiflashishi aniqlangan. Ular ichak mikrobiomi tarkibini o'zgartiradi, yallig'lanishni kuchaytiradigan bakteriyalar ko'payishiga, foydali bakteriyalar kamayishiga olib keladi. Sichqonlarda o'tkazilgan tajribalarda polipropilen mikrozarachalarini og'iz orqali yuborilganda T-limfositlar va NK (tabiiy qotil) hujayralar faoliyatining 30–45% ga kamayishi qayd etildi.

**Genotoksik va kanserogen ta'sir.** IARC (Xalqaro saraton kasalligi tadqiqot agentligi) tomonidan plastiklar tarkibidagi bir qator moddalar — polistiroidagi styrene (2A guruh) va PVC monomer vinil xlorid (1-guruh) — kanserogen sifatida tasniflangan. Bundan tashqari, mikrozarachalar o'z yuzasiga xlorlangan uglevodorodlar (DDT, PCB) va og'ir metallar kabi tashqi ifloslantiruvchi moddalarni adsorbsiya qilib to'playdi va organizmga «troyan oti» sifatida olib kiradi.

O'zbekiston va Farg'ona viloyatiga xos xavf omillari: Farg'ona viloyatida yoz oylarida harorat +40–45°C ga yetishi polimer idishlarda saqlanadigan ichimlik suvida kimyoviy migratsiyani keskin oshiradi. Mahalliy aholining quyosh nuri ostida saqlangan plastik idishlardagi suv iste'mol qilish odati keng tarqalganligi inobatga olinsa, bu holat alohida sanitariya-gigiyenik nazorat talab etadi. DSt 950:2011 standarti va WHO 2022 ko'rsatmalariga muvofiq, ichimlik suvidagi antimon (Sb, 5 mkg/L gacha), bisfenol A (2,5 mkg/L gacha) va fenol miqdori nazorat qilinishi lozim. O'zbekistonda plastik chiqindilarni qayta ishlash infratuzilmasining hali yetarli darajada rivojlanmaganligi, tuproq va suv havzalariga plastik chiqindilar tashlanishi qishloq xo'jaligi mahsulotlari orqali oziq-ovqat zanjiriga mikroplastik kirish xavfini oshirmoqda. Sirdaryoning yuqori qismidagi ifloslangan tuproqlarda o'tirilgan sabzavotlar tadqiqotlarda mikroplastik zarrachalarini o'z ichiga olishi aniqlangan.

**Xulosa va tavsiyalar.** Mikroplastiklar oziq-ovqat zanjirida keng tarqalgan va inson salomatligiga real toksikologik xavf tug'diruvchi yangi ifloslantiruvchi modda hisoblanadi. Endokrin buzilishlar, oksidativ stress, immunosupressiya va genotoksik ta'sirlar ilmiy jihatdan tasdiqlangan bo'lsa-da, uzoq muddatli ta'sirlar hali to'liq o'rganilmagan. Quyidagi chora-tadbirlar tavsiya etiladi:

- Ichimlik suvini polimer idishlarda quyosh nuri va issiqlik ta'siridan himoyalangan holda saqlash; shisha va po'lat idishlarni afzal ko'rish
- DSt 950:2011 va WHO 2022 me'yorlari asosida BPA, antimon va fenol miqdorini muntazam monitoring qilish
- Qadoq materiallarida zamonaviy alternativlardan foydalanishni rag'batlantirish
- Plastik chiqindilarni muhitga tashlashga qarshi qonunchilikni mustahkamlash va qayta ishlash infratuzilmasini rivojlantirish

- Aholini mikroplastiklar xavflari haqida xabardor qilish va sanitariya-ta'lim ishlarini kuchaytirish
- O'zbekiston sharoitida oziq-ovqat mahsulotlari va ichimlik suvida mikroplastiklar darajasini aniqlashga oid ilmiy tadqiqotlarni kengaytirish

#### Adabiyotlar ro'yxati

1. Schwabl P. et al. (2019). Detection of various microplastics in human stool. *Annals of Internal Medicine*, 171(7), 453–457.
2. Cox K.D. et al. (2019). Human consumption of microplastics. *Environmental Science & Technology*, 53(12), 7068–7074.
3. World Health Organization. (2019). *Microplastics in drinking water*. WHO Press, Geneva.
4. Ragusa A. et al. (2021). Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta. *Environment International*, 146, 106274.
5. Marfella R. et al. (2024). Microplastics and nanoplastics in atheromas and cardiovascular events. *New England Journal of Medicine*, 390, 900–910.
6. Campanale C. et al. (2020). A detailed review study on potential effects of microplastics and additives of concern on human health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(4), 1212.
7. Dris R. et al. (2015). Microplastic contamination in an urban area: a case study in Greater Paris. *Environmental Chemistry*, 12(5), 592–599.
8. EFSA. (2016). Presence of microplastics and nanoplastics in food, with particular focus on seafood. *EFSA Journal*, 14(6), e04501.
9. Deng Y. et al. (2017). Effects of polystyrene microplastics on the growth of freshwater algae *Chlorella vulgaris*. *Chemosphere*, 184, 774–781.
10. O'Connor J.D. et al. (2020). Microplastics in freshwater biota: A critical review of isolation, characterization, and assessment methods. *Global Challenges*, 4(6), 1800118.
11. Li J. et al. (2020). Microplastics in mussels sampled from coastal waters and supermarkets in the United Kingdom. *Environmental Pollution*, 241, 35–44.
12. Lehner R. et al. (2019). Emergence of nanoplastic in the environment and possible impact on human health. *Environmental Science & Technology*, 53(4), 1748–1765.
13. Thacharodi A. et al. (2023). Microplastics in the environment: A critical overview on its fate, toxicity, and hazards. *Water, Air, & Soil Pollution*, 234, 428.
14. O'zbekiston Respublikasi. (2011). Ichimlik suvi sifatiga qo'yiladigan talablar. DSt 950:2011. Toshkent.
15. WHO. (2022). *Guidelines for Drinking-water Quality*. 4th ed., incorporating 1st and 2nd addenda. Geneva: World Health Organization.
16. Peng L. et al. (2020). Microplastic foot prints in soybean (*Glycine max*) and wheat (*Triticum aestivum*) plants. *Science of the Total Environment*, 704, 135244.

- 17.Hwang J. et al. (2019). Potential toxicity of polystyrene microplastic particles. Scientific Reports, 9, 14793.
- 18.Hermabessiere L. et al. (2017). Occurrence and effects of plastic additives on marine environments and organisms: A review. Chemosphere, 182, 781–793.
- 19.Jin Y. et al. (2019). Polystyrene microplastics induce microbiota dysbiosis and inflammation in the gut of adult zebrafish. Environmental Pollution, 235, 322–329.
- 20.UNEP. (2021). From Pollution to Solution: A Global Assessment of Marine Litter and Plastic Pollution. Nairobi: UNEP.

