

PLASTIK CHIQINDILARNING BIOLOGIK PARCHALANISHI VA INSON ORGANIZMIGA KIRISH YO‘LLARI

Abdullayeva Gulhayo Isomiddin qizi

Namangan Davlat pedagogika instituti, biologiya yo‘nalishi 1-kurs magistranti.

E-mail: abdullayevagulhayo0708@gmail.com tel: (+99897) 572-03-08.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17948975>

Annotatsiya. Maqolada plastik chiqindilarning biologik parchalanish jarayonlari, mikroplastiklarning inson organizmiga kirib borish yo‘llari hamda ularning salbiy ta‘sirini kamaytirish bo‘yicha ilmiy asoslangan taklif va tavsiyalar yoritiladi.

Kalit so‘zlar: mikroplastiklar, plastik chiqindilar, biodegradatsiya, biologik omillar, nanoplastiklar, ekologik xavf, aktinomiset, bio-ekologik diolog metodi, ekologik ong.

БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ ПЛАСТИКОВЫХ ОТХОДОВ И ПУТИ ИХ ПРОНИКНОВЕНИЯ В ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА.

Аннотация. В статье рассмотрены процессы биологического разложения пластиковых отходов, пути проникновения микропластиков в организм человека, а также предложения по снижению их негативного воздействия. Анализируются микробиологические и экологические аспекты биоразложения, приводятся рекомендации по улучшению переработки пластиков и минимизации рисков для здоровья.

Ключевые слова: микропластики, пластиковые отходы, биоразложение, биологические факторы, нанопластики, экологическая угроза, актиномицеты, биоэкологический диалог, экологическое сознание.

BIODEGRADATION OF PLASTIC WASTE AND PATHWAYS OF MICROPLASTIC ENTRY INTO THE HUMAN BODY.

Abstract. This article examines the biological degradation processes of plastic waste, the pathways through which microplastics enter the human body, and scientifically grounded recommendations aimed at reducing their negative effects. Microbiological and ecological aspects of biodegradation are analyzed, and innovative approaches to plastic recycling and the mitigation of human health risks are highlighted.

Keywords: microplastics, plastic waste, biodegradation, biological factors, nanoplastics, ecological threat, actinomycetes, bio-ecological dialogue, environmental awareness.

KIRISH.

So‘nggi yillarda global miqyosida plastik chiqindilarning keskin ortib borishi ekologik tizimlar barqarorligiga jiddiy tahdid solmoqda. Turli polimer turlari asosida ishlab chiqariladigan plastik mahsulotlarning arzonligi, yengilligi va keng qo‘llanishi ularning iste‘mol miqdorini oshirib, chiqindilar hajmini keskin ko‘paytirdi.

Biroq plastik moddalarning tabiiy sharoitda juda sekin parchalanishi, ba‘zi hollarda minglab yillar davomida atrof-muhitda saqlanib qolishi ekologik muvozanatning buzilishiga, tuproq, havo va suv resurslarining ifloslanishiga olib kelmoqda.

Plastmassalarning kichik zarrachalarga bo‘linib ketishi natijasida hosil bo‘ladigan mikroplastiklar bugungi ekologik xavfsizlik masalalarida alohida e‘tibor talab qiladigan muammolardan biridir.

Ular atmosfera orqali nafas yo‘llariga, suv va oziq-ovqat mahsulotlari orqali hazm tizimiga kirib, inson organizmida bioakkumulyatsiyalanishi hamda turli salbiy biologik ta’sirlarni yuzaga keltirishi mumkinligi ilmiy izlanishlarda qayd etilmoqda.

Biologiya va ekologiya fanlarini integratsiyalashgan holda o‘qitishning ilmiy-nazariy jihatlar va ekologik ongini shakllantirishdagi metodik yondashuvlar avvalgi tadqiqotlarda ham yoritilgan[6]. Mazkur maqolada esa asosiy e’tibor plastik chiqindilarning fizik-kimyoviy va biologik degradatsiya jarayonlariga, mikroplastiklarning ekotizimlarda to‘planish xususiyatlariga hamda ularning salbiy ta’sirini kamaytirishga doir ilmiy yondashuvlarga qaratiladi.

PLASTIK CHIQINDILAR BIODEGRADATSIYASI-ILMIY YONDASHUVLAR VA ILMIY TADQIQOTLAR.

Plastik chiqindilarning biologik parchalanishi bo‘yicha Markaziy Osiyo mintaqasi va O‘zbekistonda olib borilayotgan ilmiy izlanishlar so‘nggi yillarda sezilarli darajada faollashdi.

Mazkur yo‘nalishning dolzarbligi, eng avvalo, hududda plastik iste’molining yillik o‘sishi, chiqindilar hajmining ortib borishi va ularning ekologik tizimlarga ko‘rsatadigan salbiy ta’siri bilan belgilanadi. Shu sababli mintqa olimlari plastik materiallarning mikroorganizmlar yordamida biologik parchalanish mexanizmlarini chuqur o‘rganishga alohida e’tibor qaratmoqdalar. Zokirova F.I., Jumamuratova M.A. va Soatov B.B. (2025) tomonidan olib borilgan tadqiqotlarida O‘zbekiston hududida uchraydigan mikroorganizmlarning PET va PE turidagi polimerlarni parchalay olish qobiliyati eksperimental jihatdan asoslangan. Ropiyeva Z.G‘. va Mamatkulova I.E. (2025) o‘z tadqiqotida PET polimerlarini parchalaydigan *Ideonella sakaiensis* bakteriyasining metabolik xususiyatlarini o‘rgangan. Tadqiqot natijalari ushbu mikroorganizmdan O‘zbekiston hududidagi qayta ishlash infratuzilmasida foydalanish ehtimolini ko‘rsatib, PET chiqindilari muammosiga innovatsion biotexnologik yechim taklif etadi.

Shuningdek, Mamatkulova F.U., Saidazimova J.A. va Rajabboyeva X.T. (2025) esa plastik va mikroplastiklarning atrof-muhitga ko‘rsatadigan bioakkulyativ ta’siri, ularning tuproq va suv tizimlarida to‘planishi hamda pestitsidlar va og‘ir metallarning tashuvchisi sifatida tutgan rolini tadqiq etgan. Jo‘rayeva M. (2024/2025) tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda esa polietilen, polipropilen va polistirol kabi keng tarqalgan polimerlarni parchalovchi zamburug‘ turlari (*Aspergillus*, *Penicillium*) hamda bakteriyalarning mahalliy izolyatlari o‘rganilgan. Muallif polimer parchalanishining fermentativ mexanizmlarini aniqlash orqali mintqa sharoitida biologik yo‘l bilan chiqindilarni kamaytirishning zamonaviy strategiyalarini ishlab chiqish zarurligini ilmiy asosda ko‘rsatadi.

PLASTIK CHIQINDILARNING BIOLOGIK PARCHALANISH MEXANIZMLARI.

Dunyo bo‘yicha plastik mahsulotlarga bo‘lgan talabning ortishi ularning atrof-muhitga tashlanish miqdorini keskin ko‘paytirmoqda. Ishlab chiqarilayotgan materiallarning katta qismini polietilen (PE), polipropilen (PP) va polistirol (PS) kabi kimyoviy barqaror polimerlar tashkil qiladi. Ushbu polimerlarning molekulyar zanjirlari juda mustahkam bo‘lgani sababli ular tabiiy sharoitda uzoq vaqtgacha saqlanib qoladi va mikroorganizmlar tomonidan tez parchalanmaydi.

Tadqiqotchilar buni polimerlarning yuqori kristallik darajasi, gidrofobligi va inertligiga bog‘lashadi.

Biologik parchalanish jarayonining asosiy bosqichlari:

Biodegradatsiya — bu mikroorganizmlar ishtirokida plastiklarning asta-sekin parchalanish jarayoni bo‘lib, u bir nechta ketma-ket mexanizmlardan iborat.

1. Biodeterioratsiya-jarayonning boshlanishida mikroorganizmlar polimer yuzasiga yopishib, bioqoplama hosil qiladi. Bu bosqich plastikning mexanik qiymatlariga ta’sir ko‘rsatib, uning yuzasini qattqlikdan moslashuvchan holatga o‘tkazadi. Bu mexanizm mikroorganizmlar uchun qulay sharoit yaratadi [2].

2. Biofragmentatsiya- keyingi bosqichda fermentlar faoliyati kuchayadi. Esteraza, lipaza, oksidaza va peroksidaza kabi biologik katalizatorlar polimer zanjirlarini qisqa fragmentlarga ajratadi. Bu fizik parchalanish emas, balki fermentativ kesish bo‘lib, natijada molekulyar og‘irlik kamayadi [4]

3. Bioassimilyatsiya- hosil bo‘lgan kichik molekulalar (oligomerlar va monomerlar) mikroorganizmlar tomonidan ozuqa manbai sifatida o‘zlashtiriladi. Bu moddalarning hujayra ichidagi metabolik reaksiyalarga qo‘shilishi jarayonni yakuniy parchalanish bosqichiga tayyorlaydi (Niaounakis, 2020).

4. Minerallashuv -so‘nggi bosqichda organik qoldiqlar to‘liq parchalanib, karbonat angidrid (CO_2), suv (H_2O) yoki anaerob sharoitda metan (CH_4) kabi oddiy molekulalarga aylanadi. Bu jarayon polimerning biologik yo‘qolishining yakuniy isboti sifatida ko‘riladi [2].

MIKROPLASTIKLARNING SHAKLLANISH JARAYONI.

Antropogen manbalar. Mikroplastiklarning paydo bo‘lishi bevosita inson faoliyati bilan bog‘liq bo‘lib, ularning asosiy qismi maishiy va sanoat chiqindilaridan kelib chiqadi. Sintetik tolali kiyimlarning yuvilishi natijasida mikroto‘qimalar oqava suvlar orqali suv havzalariga tarqaladi.

Avtomobil shinalarining yeyilishi jarayonida rezina asosidagi mikrozarrachalar yo‘llarga, havo oqimlariga va tuproq qatlamlariga tushadi. Shu bilan birga, bir martalik plastik idishlar, paketlar, qadoqlash materiallarining yillar davomida mexanik yemirilishi natijasida turli o‘lchamdagi polimer bo‘laklari hosil bo‘ladi. Kosmetik vositalarda (skrablar, pilinglar) qo‘llaniladigan mikrogranulalar esa kanalizatsiya orqali to‘g‘ridan-to‘g‘ri suv ekotizimlariga tushadigan antropogen manbalardan biridir.

Fizik-kimyoviy parchalanish jarayonlari. Plastiklarning mikro va nanozarrachalarga parchalanishida fizik-kimyoviy degradatsiya yetakchi rol o‘ynaydi. Quyosh nuri, ayniqsa ultrabinafsha (UV) nurlanish, polimer zanjirlarida foto-oksidlanish reaksiyalarini boshlaydi va molekulalarning mo‘rtlashishiga olib keladi. Mexanik kuchlar — shamol, to‘lqin harakati, qum bilan ishqalanish, yuvilish jarayonlari materialning sinishi va maydalanishini tezlashtiradi.

Haroratning keskin o‘zgarishi esa polimerlarning termik degradatsiyasiga sabab bo‘lib, ularning kristall tuzilmasi buziladi. Bu omillar birgalikda ta’sir etib, plastik materiallarning molekulyar zanjirlari uzilib, mayda mikrobo‘laklarga ajraladi.

Biologik omillar va tashqi muhit ta’siri. Ayrim mikroorganizmlar bakteriyalar, zamburug‘lar va aktinomisetlar plastik yuzasida bioqoplama (biofilm) hosil qilib, fermentlar yordamida polimer tuzilmasiga ta’sir ko‘rsatadi. Esterazalar, oksidazalar, lipazalar kabi fermentlar polimer zanjirlarining ayrim qismlarini kimyoviy jihatdan zaiflashtiradi, natijada plastikning mexanik yemirilishi tezlashadi.

PLASTIKLARNI PARCHALAYDIGAN MIKROORGANIZMLAR.

Plastiklarni parchalaydigan mikroorganizmlar (bakteriyalar, zamburug‘lar va aktinomisetlar) ning biologik degradatsiyadagi roli. Plastik chiqindilarni biologik yo‘l bilan parchalanishi ko‘p turdagi mikroorganizmlar bakteriyalar, zamburug‘lar va aktinomisetlar faoliyatiga tayanadi.

Bakteriyalar: so‘nggi yillarda olib borilgan tadqiqotlar ichida Ideonella sakaiensis 201-F6 bakteriyasi alohida ahamiyat kasb etadi. Ushbu bakteriya PET polimerini fermentativ tarzda parchalovchi ikkita asosiy ferment PETaza va MHETazaga ega [1]. Fermentlar PET zanjirini ketma-ket monomerlarga bo‘lib, plastik chiqindilarni biotexnologik qayta ishlash imkoniyatini kengaytiradi.

Zamburug‘lar - plastiklarning oksidlovchi bosqichida muhim rol o‘ynaydi. Aspergillus niger va Penicillium simplicissimum polietilen yuzasida lakkaza, oksidaza va peroksidaza kabi fermentlarni ishlab chiqaradi [3]. Bu fermentlar polimer zanjirida oksidlanish nuqtalarini hosil qilib, strukturaviy zaiflashuvga olib keladi va materialni keyingi bosqichlarda parchalanishga tayyorlaydi.

Aktinomisetlar ham ko‘plab polimerlarni, jumladan PVX va PET materiallarini fermentativ ravishda parchalash qobiliyatiga ega. Ular tomonidan ishlab chiqariladigan esterazalar va lipazalar polimerlarning gidrolizini kuchaytirib, kichik molekulalarning tezroq ajralishiga imkon yaratadi.

Mikroorganizmlar, polimer turi va parchalanish tezligi o‘rtasidagi bog‘liqlik.

Plastmassalarning biologik parchalanish jarayoni mikroorganizmlarning fermentativ faolligi va polimerning kimyoviy tuzilishiga bevosita bog‘liq. Masalan, yuqori zichlikdagi polietilen kabi kristallik darajasi yuqori polimerlar mikroorganizmlar tomonidan sekin oksidlanadi (Andrady, 2015). Aksincha, strukturasi sodda yoki kimyoviy jihatdan kam inert bo‘lgan polimerlar tezroq degradatsiyaga uchraydi (Niaounakis, 2020).

1-jadval Plastiklarning mikroorganizmlar tomonidan parchalanish xususiyatlari.

Mikroorganizmlar turi	Parchalaydigan plastik turlari	Ishtirok etuvchi fermentlar	Parchalanish davomiyligi (oy)
Bakteriyalar	Polietilen, polipropilen	Gidrolazalar, oksigenazalar	6 oy
Zamburug‘lar	Polistirol, poliuretan	Lakkazalar, peroksidazalar	8 oy
Aktinomisetlar	PVX, PET	Esterazalar, lipazalar	10 oy

Bakteriyalar tomonidan amalga oshiriladigan biodegradatsiya jarayoni nisbatan tez bo‘lishi ularning metabolik moslashuvchanligi bilan izohlanadi [4].

Zamburug‘lar esa polimer sirtida kuchli oksidlovchi fermentlar — lakkaza, peroksidaza va oksidazalarni ajratib, o‘rta tezlikda degradatsiya jarayonini boshlaydi [3].

Aktinomisetlar PVX va PET kabi inert polimerlarni parchalashga qodir bo‘lsa-da, ularning fermentativ faolligi nisbatan sekin kechadi, shu sababli parchalanish davomiyligi uzoqroq bo‘ladi [2].

MIKROORGANIZMLARNING INSON ORGANIZMIGA KIRIB BORISH YO‘LLARI.

Plastik moddalarning fizik, kimyoviy va biologik omillar ta’sirida mikro ($1\text{ }\mu\text{m}$ – 5 mm) va nano ($<1\text{ }\mu\text{m}$) o‘lchamli zarrachalarga parchalanishi ularning nafaqat ekologik, balki biotibbiy xavfini ham keskin oshiradi. So‘nggi ilmiy izlanishlar mikroplastiklarning inson organizmiga uchta asosiy yo‘l orqali kirib borishini ko‘rsatadi: nafas olish, ovqatlanish, ichimlik suvi hamda teri orqali bilvosita ta’sirlanish [5].

Nafas olish jarayonida: havoda tarqalgan mikroplastiklar kichik zarrachalar sifatida nafas yo‘llariga kiradi, yallig‘lanish va stress yuzaga keladi.

Ovqatlanish yo‘li bilan: dengiz mahsulotlari, ziravorlar va plastik idishlarda saqlanadigan ovqatlar mikroplastiklar manbaidir.

Ichimlik suvi vositasida: plastikka qadoqlangan ichimlik suvlari mikroplastik ifloslanishga egadir.

Teri orqali: Kosmetik mahsulotlardagi mikrogranulalar teriga ta’sir qilishi mumkin, lekin sog‘lom teri orqali kirishi cheklangan.

TAKLIF VA TAVSIYALAR.

1.Qayta ishlash va chiqindilarni kamaytirish. Plastik chiqindilarni kamaytirishning asosiy yo‘li sifatida qayta ishlash tizimini yanada rivojlantirish zarur. Mintaqaviy darajada zamonaviy qayta ishlash texnologiyalarini joriy etish, aholini qayta ishlashning ahamiyati va usullari haqida ma’lumot berish orqali chiqindilarning atrof-muhitga chiqishini kamaytirish mumkin. Shu bilan birga, plastik iste’molini cheklash va alternativ ekologik toza materiallardan (bioplastiklar, qayta tiklanadigan resurslardan) foydalanishni rag‘batlantirish kerak.

2.Biotexnologik yondashuvlarni rivojlantirish. Mikroorganizmlar yordamida plastiklarni biologik parchalanish jarayonlarini chuqur tadqiq qilish va biotexnologik usullarni ishlab chiqish muhim.

3.Sanoatchiqindilarini nazorat qilish. Plastik chiqindilar, xususan mikroplastiklar sanoat tarmoqlaridan suv va havo orqali ifloslantirishning oldini olish uchun qat’iy ekologik nazorat o‘rnatilishi kerak. Zavodlar, ishlab chiqarish korxonalarining chiqindilari, suv tozalash tizimlari va chiqindi yig‘ish xizmatlari muntazam nazoratdan o‘tkazilishi zarur. Shu bilan birga, sanoatda chiqindilarni kamaytirish va qayta ishlashni majburiy qilish uchun qonuniy tartib-qoidalar kuchaytirilishi tavsiya etiladi.

4.Sanitariya-gigiyena va shaxsiy himoya tadbirlari. Insonlarning mikroplastiklarga uchraydigan maxsus risk guruhlarida, masalan, sanoat korxonalarida ishlovchilar, shahar aholisida mikroplastik zarrachalar ta’sirini kamaytirish uchun ventilyatsiya tizimlarini yaxshilash, shaxsiy himoya vositalaridan foydalanishni amalga oshirish muhim. Shuningdek, shahar va uy ichidagi havoning sifatini yaxshilash uchun zamonaviy filtrlash texnologiyalarini qo‘llash zarur.

5.Xabardorlik va ta’lim. Aholi va yoshlarni mikroplastiklarning zararli ta’sirlari, plastik chiqindilarni kamaytirish usullari haqida keng qamrovli targ‘ibot va ta’lim ishlari olib borilishi lozim. Maktablarda ekologik savodxonlikni oshirish, plastik chiqindilarni to‘g‘ri boshqarish bo‘yicha amaliy ko‘nikmalarni shakllantirish, ommaviy axborot vositalari orqali ekologik tarbiya ishlarini kuchaytirish zarur.

6. Ichimlik suvi va oziq-ovqat xavfsizligini ta'minlash. Plastik idishlarda qadoqlangan ichimlik suvlari va oziq-ovqat mahsulotlarida mikroplastiklarning miqdorini kamaytirish uchun sifat nazorati va standartlar joriy qilinishi kerak. Suv tozalash tizimlarini yangilash, oziq-ovqat sanoatida xavfsiz paketlash materiallarini tanlash ushbu masalani hal qilishda muhim ahamiyatga ega.

7. Atrof-muhit monitoringi va tadqiqotlar. Plastik ifloslanishi va mikroplastiklar monitoringini muntazam olib borish, ilmiy tadqiqotlarni qo'llab-quvvatlash zarur. Bu, atrof-muhitdagi plastiklarning tarqalishi va inson organizmidagi bioakkumulyatsiya jarayonlarini yaxshiroq tushunishga, shuningdek, samarali profilaktika va kamaytirish strategiyalarini ishlab chiqishga imkon yaratadi.

8. Huquqiy va siyosiy chora-tadbirlar. Plastik chiqindilarni kamaytirish va mikroplastik ifloslanishga qarshi kurashishda davlat siyosatini kuchaytirish, xalqaro hamkorlikni rivojlantirish muhim. Qattiq atrof-muhitni muhofaza qilish qonunlari, plastik mahsulotlarning ishlab chiqarilishi va ishlatilishini cheklash, ekologik soliq va rag'batlantirish tizimlarini joriy etish talab etiladi.

XULOSA.

Plastik chiqindilarning biologik parchalanishi va ularning inson organizmiga kirish yo'llari sohasida olib borilgan ilmiy tadqiqotlar, xususan mintaqaviy izlanishlar, bu global muammoni yanada chuqurroq tushunishga va samarali yechimlar ishlab chiqishga imkon beradi. Plastik chiqindilar tabiiy sharoitda juda sekin parchalanadi va mayda mikroplastik zarrachalarga ajralishi natijasida inson salomatligiga salbiy ta'sir qiluvchi omillarga aylanadi. Nafas olish, ovqatlanish, ichimlik suvi va teri orqali mikroplastiklarning inson organizmiga kirish mexanizmlari rivojlanayotgan tadqiqotlarda muhim ahamiyat kasb qilmoqda. Plastik chiqindilar muammosi nafaqat ekologik xavf, balki odamlarning salomatligi nuqtai nazaridan ham eng dolzarb masalalardan biridir. Shu bois, plastik chiqindilarni qisqartirish, ularni qayta ishlash va biologik parchalanishini rag'batlantirish, shuningdek inson organizmiga mikroplastiklarning kirishini kamaytirish uchun kompleks yondashuv - ilmiy, texnologik, huquqiy va ma'rifiy choralar majmuasini qo'llash zarur.

Atrof-muhitni muhofaza qilish, mikroorganizmlarning parchalanish qobiliyatidan foydalanish, sanoat chiqindilarini qat'iy nazorat qilish, shaxsiy gigiyena va ichimlik suvi sifatiga bo'lgan e'tiborni oshirish hozirgi davrning ustuvor yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Shu bilan birga aholining ekologik ongini oshirish, ta'lim va targ'ibot ishlarini rivojlantirish bu muammoning samarali hal qilinishida katta rol o'ynaydi. Umuman olganda, plastik chiqindilar va mikroplastiklarning inson hayotidagi o'rni va ta'sirini mukammal anglash, ilmiy tadqiqotlarni amaliyotga joriy qilish hamda jamoatchilikni bu masalaga jiddiy jalb qilish orqali atrof-muhitni va sog'likni saqlashga erishish mumkin. Buning uchun barcha soha vakillari - olimlar, ishlab chiqaruvchilar, siyosatchilar va fuqarolar birgalikda samarali harakat qilishlari lozim, deb hisoblayman.

ADABIYOTLAR RO'YXATI:

1. Yoshida, S., Hiraga, K., Takehana, T., Taniguchi, I., Yamaji, H., Maeda, Y., Oda, K. (2016). A bacterium that degrades and assimilates poly(ethylene terephthalate). Nature, 536(7616), 178–181.

2. Tokiwa, Y., Calabia, B. P., Ugwu, C. U., & Aiba, S. (2009). Biodegradability of plastics. *International Journal of Molecular Sciences*, 10(9), 3722–3742.
3. Restrepo-Flórez, J. M., Bassi, A., & Thompson, M. R. (2014). Microbial degradation and deterioration of polyethylene: A review. *Biotechnology Advances*, 32(7), 1259–1269.
4. Shah, A. A., Hasan, F., Hameed, A., & Ahmed, S. (2008). Biological degradation of plastics: A comprehensive review. *Biotechnology Advances*, 26(3), 246–265.
5. Smith, M., Love, D. C., Rochman, C. M., & Neff, R. A. (2018). Microplastics in Seafood and the Implications for Human Health. *Current Environmental Health Reports*, 5(3), 375–386.
6. Gavxarxon, T., & Gulhayo, A. (2025, October). BIO-EKOLOGIK DIALOG METODI ORQALI EKOLOGIK ONGNI RIVOJLANTIRISHNING PEDAGOGIK ASOSLARI. In *Partner conferences of the International Scientific Journal Research Focus* (Vol. 1, No. 1, pp. 18-20).
7. Sattorov, A. M. (2020). Atrof-muhitning plastik chiqindilar bilan ifloslanishi va uning ekologik xavfsizlikka ta'siri. *O'zbekiston Ekologiya Jurnal*, 3(2), 45–50.(Plastik ifloslanishning ekologik xavfi bo'yicha asosiy mahalliy manba.)
8. Kadirova, M. T. (2022). Mikroplastiklarning suv muhitida to'planishi va biologik xavflari. *O'zbekiston Suv Resurslari Jurnal*, 4(3), 66–73 .
9. Nazarova, S. R. (2023). Mikroplastiklarning oziq-ovqat zanjiri orqali o'tishi va sanitariya-gigiyenik xavflari. *Sanitariya va Ekologiya*, 6(2), 87–94 .