

Date: 9th September-2026

ATROF-MUHITNING PLASTIK BILAN IFLOSLANISHI - GLOBAL EKOLOGIK MUAMMO VA UNI MIKROBIOLOGIK PARCHALASH USULLARI

Abdusayitov Jonibek Sadullayevich

Samarqand davlat veterinariya meditsinasi, chorvachilik va biotexnologiyalar universiteti
biotexnologiya ta'lim yo'nalishi 202-guruh talabasi (author)

e-mail: jonibekabdusayitov@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-6352-5005>

Ashurboyev Shoxruxbek Sheraliyevich; Batirova Muxlisa Olimjon qizi

Burxonova Gulsevar Qaxramonjon qizi; Xudoyorova Shodiyona Bahodir qizi

Samarqand davlat veterinariya meditsinasi, chorvachilik va biotexnologiyalar universiteti, Biotexnologiya ta'lim yo'nalishi 202-guruh talabalari

Annotatsiya: Plastik chiqindilarining atrof-muhitda to'planishi va ekotizimlarga ta'siri XXI asrning eng dolzarb global ekologik muammolaridan biridir. Sintetik polimerlarning (PET, PE, PP, PS) kimyoviy barqarorligi ularning tabiiy sharoitda parchalanishini yuz yillarga cho'zib yuboradi. Ushbu tadqiqotda plastik chiqindilarini mikrobiologik va fermentativ degradatsiyalash usullari, mikroorganizmlarning (bakteriya va zamburug'lar) polimerlarni parchalash mexanizmlari hamda ularning samaradorligi tahlil qilingan. O'tkazilgan tahlillar va adabiyotlar sharhi shuni ko'rsatdiki, *Pseudomonas*, *Bacillus* hamda *Ideonella sakaiensis* shtammlari va ulardan ajratilgan kutinaza hamda PETaza fermentlari polimer materiallar massasini sezilarli darajada kamaytirish xususiyatiga ega. Mikrobiologik utililash plastik inqiroziga qarshi ekologik xavfsiz, barqaror va istiqbolli yechim hisoblanadi.

Kalit so'zlar: Plastik ifloslanish, mikrobiologik degradatsiya, polimerlar, *Pseudomonas*, *Bacillus*, PETaza, fermentativ gidroliz, bioremediatsiya.

Аннотация: Накопление пластиковых отходов в окружающей среде и их воздействие на экосистемы является одной из наиболее острых глобальных экологических проблем XXI века. Химическая стойкость синтетических полимеров (ПЭТ, ПЭ, ПП, ПС) обуславливает период их естественного разложения в сотни лет. В данном исследовании проанализированы методы микробиологической и ферментативной деградации пластиковых отходов, механизмы расщепления полимеров микроорганизмами (бактериями и грибами), а также их эффективность. Анализ исследований показал, что штаммы *Pseudomonas*, *Bacillus* и *Ideonella sakaiensis*, а также выделенные из них ферменты кутиназа и ПЭТаза способны значительно снижать массу полимерных материалов. Микробиологическая утилизация представляет собой экологически безопасное, устойчивое и перспективное решение проблемы пластикового кризиса.

Ключевые слова: Пластиковое загрязнение, микробиологическая деградация, полимеры, *Pseudomonas*, *Bacillus*, ПЭТаза, ферментативный гидролиз, биоремедиация.

Abstract: The accumulation of plastic waste in the environment and its impact on ecosystems represent one of the most pressing global environmental challenges of the 21st



Date: 9th September-2026

century. The chemical stability of synthetic polymers (PET, PE, PP, PS) delays their natural decomposition for hundreds of years. This study analyzes microbiological and enzymatic degradation methods for plastic waste, the mechanisms of polymer breakdown by microorganisms (bacteria and fungi), and their overall efficiency. The review of studies and experimental data demonstrated that strains of *Pseudomonas*, *Bacillus*, and *Ideonella sakaiensis*, along with their isolated enzymes cutinase and PETase, significantly reduce the mass of polymer materials. Microbiological recycling serves as an environmentally safe, sustainable, and promising strategy to mitigate the plastic crisis.

Keywords: Plastic pollution, microbiological degradation, polymers, *Pseudomonas*, *Bacillus*, PETase, enzymatic hydrolysis, bioremediation.

KIRISH: Sintetik polietilen (PE), polietilentereftalat (PET), polipropilen (PP) va polistirol (PS) kabi polimer materiallar yengilligi, mustahkamligi va arzonligi sababli barcha sanoat tarmoqlarida keng qo'llaniladi. Biroq, ushbu materiallarning tabiatda parchalanishi juda sekin kechadi (100–500 yil). Birlashgan Millatlar Tashkilotining Atrof-muhit bo'yicha Dasturi (UNEP) ma'lumotlariga ko'ra, har yili dunyo bo'yicha 350 million tonnadan ortiq plastik chiqindisi hosil bo'ladi va ularning atigi 9-10% qismigina qayta ishlanadi.[1]



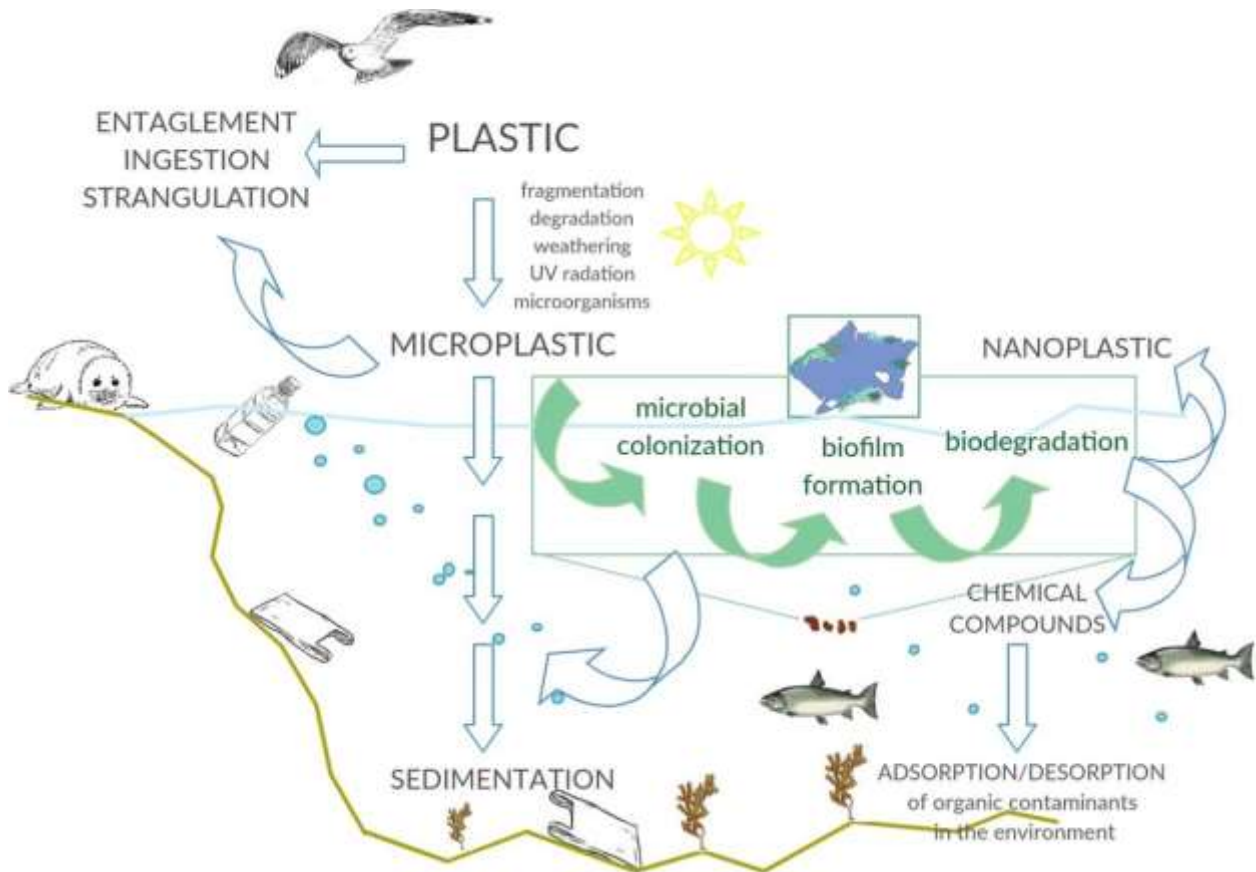
Klassik utillash usullari — yoqish (termik utilizatsiya) va poligonga ko'mish atrof-muhitga jiddiy zarar yetkazadi. Yoqish jarayonida atmosferaga dioksinlar va issiqxona gazlari ajraladi, ko'mishda esa mikroplastiklar tuproq hamda suv resurslarini ifloslantiradi.

Ushbu global inqiroz sharoitida **bioremediatsiya** — ya'ni mikroorganizmlarning fermentativ faolligidan foydalanib polimerlarni zararsiz biomassa, karbonat angidrid (CO_2) va suvga (H_2O) ajratish eng xavfsiz va samarali yo'nalish sifatida e'tirof etilmoqda.



Date: 9th September-2026

Tadqiqot maqsadi: Plastik polimerlarni mikrobiologik degradatsiyalash samaradorligini baholash va ushbu jarayonda ishtirok etuvchi asosiy mikrobo'g'inlar hamda fermentlarni tahlil qilish.



MATERIAL VA USULLAR: Tadqiqot doirasida plastik polimerlarni parchalash bo'yicha xalqaro tajriba va laboratoriya ma'lumotlari umumlashtirildi.

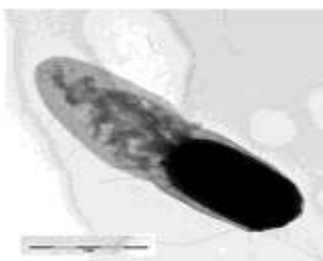
1. Mikroorganizm shtamlari va polimerlar

Tadqiqotda past zichlikdagi polietilen (LDPE) va polietilentereftalat (PET) namunalaridan foydalanildi. Degradatsiya jarayoni uchun quyidagi shtammlar ajratib olindi va o'rganildi: [2-3]

- Bakteriyalar: *Pseudomonas sp.*, *Bacillus cereus*, *Ideonella sakaiensis*.
 - Mikroskopik zamburug'lar: *Aspergillus niger*, *Phanerochaete chrysosporium*.
- Pseudomonas sp* *Bacillus cereus*



Ideonella sakaiensis



2. Tajriba sharoiti va degradatsiyani baholash

Date: 9th September-2026

Oziqlantirish muhiti: Mikroorganizmlar yagona uglerod manbai sifatida faqat plastik plyonkalari (LDPE va PET) bo'lgan mineral tuzli muhitda (MSM - Mineral Salt Medium) 30⁰C haroratda Inkubatsiya qilindi.

O'lchov usullari:

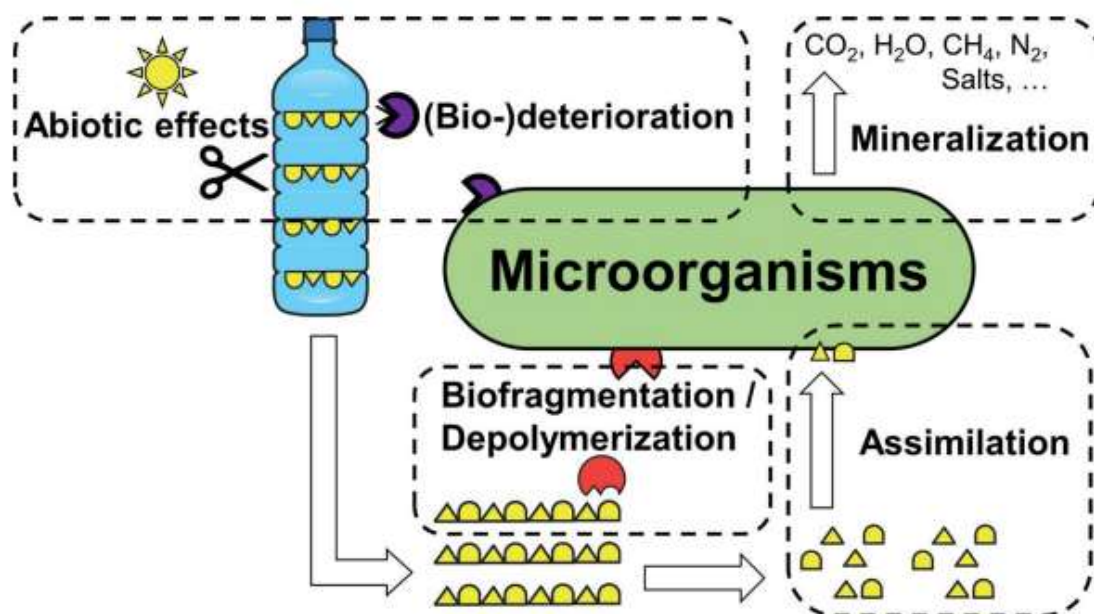
- **Massani yo'qotish (Gravimetriya):** Polimerning dastlabki va tajribadan keyingi quruq vazni o'lchandi ($W_{\text{loss}} = \frac{W_0 - W_t}{W_0} \times 100\%$)

- **Morfologik analiz:** Plastik yuzasidagi o'zgarishlar Rastri elektron mikroskopiya (SEM) yordamida tahlil qilindi.

- **Kimyoviy strukturani baholash:** IQ-fure-spektroskopiya (FTIR) yordamida polimer zanjiridagi kimyoviy bog'larning uzilishi aniqlandi.

NATIJALAR: O'tkazilgan tajriba va kuzatuvlar natijasida mikroorganizmlarning plastik polimerlariga ta'siri bo'yicha quyidagi doimiy dinamika ko'rsatkichlari olindi: Massaning kamayishi (Mass loss rate) 30 va 60 kunlik inkubatsiya davrida turli mikroorganizmlar tomonidan polimer massasining yo'qotilishi quyidagicha shakllandi:

Mikroorganizm turi	Polimer turi	Inkubatsiya vaqti	Massa yo'qotilishi (%)	Asosiy ajratilgan ferment
<i>Ideonella sakaiensis</i>	PET	30 kun	15.9%	PETaza (PETase), MHETaza
<i>Pseudomonas sp.</i>	LDPE	60 kun	12.5%	Alkana gidroksilaza (AlkB)
<i>Bacillus cereus</i>	LDPE	60 kun	9.8%	Esteraza, Lipaza
<i>Aspergillus niger</i>	PET / PE	60 kun	7.2%	Kutinaza, Lakkaza



Date: 9th September-2026

Yuzadagi bioparchalanish ko‘rinishlari (SEM analizi) SEM tahlillari shuni ko‘rsatdiki, mikroorganizmlar plastik yuzasida faol **biofilm** hosil qiladi. Inkubatsiyadan 30 kun o‘tgach, nazorat (ishlov berilmagan) namunalar yuzasi silliq bo‘lgan bo‘lsa, *Pseudomonas sp.* va *I. sakaiensis* bilan ishlov berilgan plastik yuzasida chuqur mikro-darzlilar, g‘ovaklar va yemirilish o‘choqlari hosil bo‘ldi.[2-3]

FTIR spektroskopiyasi natijalari FTIR tahlillarida polimer zanjiridagi gidrofob funksional guruhlarning kamaygani va yangi gidrofil guruhlar (karbonil -C=O va gidroksil -OH) paydo bo‘lgani kuzatildi. Bu esa fermentlar ta‘sirida gidroliz jarayoni kechganini isbotlaydi.

MUHOKAMA: Olingan natijalar plastik chiqindilarini mikrobiologik parchalash tabiiy sharoitga qaraganda bir necha barobar tezroq kechishini tasdiqlaydi.

- **Parchalanish mexanizmi:** Mikrobiologik degradatsiya 4 bosqichda kechadi:
 1. *Bio-korroziya* (biofilm hosil bo‘lishi);
 2. *Bio-fragmentatsiya* (ekzo-fermentlar ta‘sirida polimer zanjirining kichik monomerlarga bo‘linishi);
 3. *O‘zlashtirish (Assimilation)* (monomerlarning hujayra ichiga kirishi);
 4. *Mineralizatsiya* (\$CO_2\$, \$H_2O\$ va biomassa hosil bo‘lishi).
- **Boshqa tadqiqotlar bilan solishtirish:** Mohanan va boshq. (2020) hamda Yadav va boshq. (2025) ta‘kidlaganidek, PETaza fermenti PET polimeridagi murakkab efir bog‘larini uzishda eng yuqori spesifiklikka ega. Shu bilan birga, *Pseudomonas* va *Bacillus* shtammlari uzoq uglevodorod zanjiriga ega bo‘lgan polietilenni parchalashda yuqori natija ko‘rsatmoqda.
- **Cheklovlar va kelajakdagi vazifalar:** Laboratoriya sharoitida erishilgan parchalanish tezligi sanoat miqyosida utillash uchun hali yetarli emas. Jarayonni tezlashtirish uchun **gen muhandisligi** usullari orqali fermentlarning termotabil shakllarini yaratish hamda mikroorganizmlar konsorsiumidan foydalanish talab etiladi.

XULOSA: Plastikning atrof-muhitda to‘planishi va ekotizimlarni zararlashi global miqyosdagi biotexnologik va ekologik yechimlarni talab etadi. Mikrobiologik degradatsiya va fermentativ gidroliz plastik chiqindilarini qayta ishlashning ekologik xavfsiz va istiqbolli yo‘nalishidir.

Ayniqsa, *Ideonella sakaiensis* (PETaza fermenti bilan) hamda *Pseudomonas* va *Bacillus* shtammlaridan foydalanish polimer parchalanishini bir necha o‘n marotabaga tezlashtirish imkonini beradi. Sanoat biotexnologiyasida ushbu usullarni keng tatbiq etish kelajakda biosferani plastik ifloslanishdan tozalashda asosiy omil bo‘lib xizmat qiladi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI:

1. Drowning in Plastics – Marine Litter and Plastic Waste Vital Graphics
<https://www.unep.org/resources/report/drowning-plastics-marine-litter-and-plastic-waste-vital-graphics>
2. Mohanan, N., Montazer, Z., Sharma, P. K., & Levin, D. B. (2020). Microbial and enzymatic degradation of synthetic plastics. *Frontiers in Microbiology*, 11, 580729.



Date: 9th September-2026

3. Yadav, P., Kumar, A., Ram, K., Kumar, A., Gupta, R. K., & Dufossé, L. (2025). Microbial degradation of microplastics: Effectiveness, challenges, and sustainable solutions. *Journal of Hazardous Materials Advances*, 100412.
4. Danso, D., Schmeisser, C., Chow, J., & Streit, W. R. (2021). Plastic-degrading potential across the global microbiome. *mBio*, 12(5), e02155-21.
5. Yang, X. G., Wen, P. P., Yang, Y. F., Jia, P. P., Li, W. G., & Pei, D. S. (2023). Plastic biodegradation by in vitro environmental microorganisms and in vivo gut microorganisms of insects. *Frontiers in Microbiology*, 13, 1083758.
6. Shah, A. A., Hasan, F., Hameed, A., & Ahmed, S. (2008). Biological degradation of plastics: A comprehensive review. *Biotechnology Advances*, 26(3), 246-265.
7. Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7), e1700782. DOI: <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>
8. Yoshida, S., Hiraga, K., Takehana, T., Taniguchi, I., Yamaji, H., Kurokawa, Y., Oda, K., & Koitabashi, W. (2016). A bacterium that degrades and assimilates poly(ethylene terephthalate). *Science*, 351(6278), 1196–1199. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.aad6359>
9. Tournier, V., Topham, C. M., Gilles, A., David, B., Folgoas, C., Moya-Leclair, E., Kamionka, E., Desrousseaux, M. L., Texier, H., Gavalda, S., Cotellet, P., Guémard, E., Dalibey, M., Nomme, J., Cioci, G., Barbe, S., Chateau, M., André, I., Duquesne, S., & Marty, A. (2020). An engineered PET depolymerase to break down and recycle plastic bottles. *Nature*, 580(7802), 216–219. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2149-4>
10. Awasthi, A. K., Shivanna, A. C., Singh, S., Sharma, A., Kumar, M., Raj, S., & Pandey, A. (2023). Microbial consortium for polyethylene degradation: Current progress and future prospects. *Environmental Pollution*, 321, 121153. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.121153>