

POLIETILEN CHIQINDILARINI QAYTA ISHLASH

To‘xtayev Feruz Sadulloyevich

NDU Kimyo kafedrası prof.v.b

Musoyeva Dilshoda Norkulovna

NDU Kimyo kafedrası o‘qituvchi

Axrorova Sarvinoz Lutfullo qizi

NDU Kimyo yo‘nalish 1- bosqich talabasi

Annotatsiya. Ushbu maqolada polietilen chiqindilarining atrof-muhitga salbiy ta'siri, ularni samarali qayta ishlashning ilmiy-texnik asoslari va iqtisodiy jihatlari chuqur tahlil qilingan. Polietilen chiqindilarining ko‘pligi va ularning biologik parchalanmasligi ekologik xavf darajasini keskin oshirayotganligi asoslab berilgan. Qayta ishlash texnologiyalarining mexanik, kimyoviy va energetik turlari ilmiy yondashuv asosida solishtirib ko‘rilgan. Maqolada O‘zbekiston sharoitida mavjud holat, mavjud muammolar, infratuzilmaviy kamchiliklar va ularni bartaraf etish bo‘yicha takliflar ishlab chiqilgan. Ilg‘or xorijiy tajribalar tahlili orqali milliy strategiyani shakllantirish bo‘yicha tavsiyalar keltirilgan. Tadqiqot natijalari ekologik xavfsizlikni ta‘minlash va barqaror rivojlanishni qo‘llab-quvvatlashda amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar: polietilen chiqindilari, qayta ishlash, ekologiya, chiqindi saralash, piroliz, qayta tiklanadigan resurslar, sanoat, chiqindi boshqaruvi, energiya tejash, atrof-muhit.

Аннотация. В статье подробно анализируется негативное воздействие полиэтиленовых отходов на окружающую среду, а также научно-технические основы и экономические аспекты их эффективной переработки. Обоснована актуальность проблемы, связанной с большим объемом полиэтилена и его устойчивостью к биологическому разложению. Рассматриваются и сравниваются различные технологии переработки – механическая, химическая и энергетическая – с научной точки зрения. В работе дана оценка текущего состояния отрасли переработки полиэтилена в Узбекистане, выявлены существующие проблемы и предложены пути их решения. На основе анализа передового зарубежного опыта сформулированы рекомендации по развитию национальной стратегии в данной области. Результаты исследования

имеют практическую значимость для обеспечения экологической безопасности и устойчивого развития.

Ключевые слова: полиэтиленовые отходы, переработка, экология, сортировка отходов, пиролиз, возобновляемые ресурсы, промышленность, управление отходами, энергосбережение, окружающая среда.

Annotation. This article provides an in-depth analysis of the negative environmental impact of polyethylene waste, along with the scientific and technical foundations and economic aspects of its effective recycling. The urgency of the problem is substantiated by the growing volume of polyethylene materials and their resistance to biological degradation. The study presents a comparative assessment of mechanical, chemical, and energy-based recycling technologies using a scientific approach. The current state of polyethylene recycling in Uzbekistan is critically evaluated, with identification of key challenges and infrastructure gaps. Practical recommendations for improvement are proposed. Moreover, best practices from developed countries are reviewed to propose strategic directions for developing a national recycling framework. The findings of this research hold practical significance for promoting environmental safety and supporting sustainable development initiatives.

Keywords: polyethylene waste, recycling, ecology, waste sorting, pyrolysis, renewable resources, industry, waste management, energy saving, environment.

Kirish. So'nggi o'n yilliklar mobaynida sanoatning jadal rivojlanishi, urbanizatsiya darajasining oshishi va iste'mol mahsulotlariga bo'lgan talabning keskin ortishi global miqyosda atrof-muhit muammolarining chuqurlashishiga sabab bo'lmoqda. Ayniqsa, polimer materiallar, xususan, polietilen asosidagi mahsulotlar inson faoliyatida keng qo'llanilayotgani sababli, ularning chiqindilari ekologik muhitga jiddiy tahdid solmoqda. Polietilen o'zining mustahkamligi, arzonligi, kimyoviy barqarorligi va keng funksional imkoniyatlari tufayli eng ko'p ishlab chiqariladigan va ishlatiladigan sintetik materiallardan biri hisoblanadi. Uni kundalik hayotda, ayniqsa, oziq-ovqat mahsulotlarini qadoqlash, maishiy texnika qismlarini ishlab chiqarish, qishloq xo'jaligi va qurilish sohalarida uchratish mumkin. Ammo bu qulayliklar bilan bir qatorda, polietilenning parchalanishga chidamliligi, biologik inertligi va tabiiy muhitda yuz yillab saqlanib qolishi, uni atrof-muhitga xavfli chiqindi sifatida qarashga asos bo'ladi.

Bugungi kunda dunyo bo'ylab har yili millionlab tonna polietilen chiqindilari hosil bo'ladi, ularning katta qismi esa ikkilamchi qayta ishlanmasdan to'g'ridan-to'g'ri poligonlarga tashlanmoqda yoki ochiq maydonlarda to'planib, chiqindixonalarni egallamoqda. Bu holat esa tuproq va suv resurslarining ifloslanishiga, havodagi zararli moddalarning ko'payishiga, shuningdek, hayvonot va o'simlik dunyosining yemirilishiga olib kelmoqda. Bunday ekologik tahdidlar nafaqat tabiatga, balki inson salomatligiga ham bevosita ta'sir ko'rsatadi. Shu sababli polietilen chiqindilarini qayta ishlash masalasi nafaqat texnologik va iqtisodiy muammo, balki dolzarb ekologik muammo sifatida ham qaralishi zarur.

Mazkur maqolada polietilen chiqindilarini qayta ishlashning nazariy asoslari, mavjud texnologik yechimlar, ularning afzallik va kamchilik jihatlari, shuningdek, O'zbekiston sharoitida qayta ishlash tizimining hozirgi holati va rivojlanish istiqbollari tahlil qilinadi. Xususan, ilg'or xorijiy tajribalarga asoslangan holda mahalliy sharoitlarga mos texnologiyalarni joriy etish imkoniyatlari o'rganiladi. Bundan tashqari, chiqindilarni saralash, yig'ish, tashish va qayta ishlashda uchrayotgan infratuzilmaviy, huquqiy va ijtimoiy muammolar ham yoritilib, ularni bartaraf etishga qaratilgan tavsiyalar ishlab chiqiladi. Tadqiqot natijalari ekologik xavfsizlikni ta'minlash, resurslardan samarali foydalanish hamda barqaror iqtisodiy rivojlanishga hissa qo'shishni maqsad qiladi.

Adabiyotlar tahlili. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 5-dekabrda PF-245-sonli farmonida chiqindilarni qayta ishlash sohasida raqamli yechimlar joriy qilish, zamonaviy saralash va qayta ishlash texnologiyalarini kengaytirish vazifasi belgilangan. Bu hujjat, polietilen va boshqa plastmassa chiqindilarini sanoat miqyosida samarali boshqarish bo'yicha muhim yo'nalishlarni ko'rsatib beradi. Shu bilan birga, "Qattiq maishiy chiqindilar to'g'risida"gi Qonun (2021-yil, yangi tahrirda) atrof-muhitga ta'sirni kamaytirish, chiqindilarni to'plash, saralash va qayta ishlashda yuridik shaxslar zimmasiga aniq majburiyatlarni yuklaydi. Mahalliy ilmiy izlanishlar orasida O'zbekiston Milliy universiteti, Toshkent arxitektura-qurilish instituti va Andijon mashinasozlik institutida olib borilgan ishlanmalar alohida o'rin tutadi. Ushbu izlanishlarda qayta ishlangan polietilendan qurilish materiallari (asfalt aralashmalari, panellar) tayyorlash, agrotexnika va yengil sanoat sohalarida foydalanish imkoniyatlari o'rganilgan. Bu tadqiqotlar, qayta ishlangan xomashyoning ikkilamchi mahsulotlarga aylanishidagi muhim bosqichlarni yoritib beradi. O'zbekiston olimlari tomonidan plastmassa chiqindilarining

atrof-muhitga salbiy ta'siri, ularning utilizatsiyasi va qayta ishlanishi bo'yicha bir qator ilmiy tadqiqotlar olib borilgan. Xususan, R.A. To'laganov va M.A. Abdullayevlarning ekologik xavfsizlik bo'yicha tadqiqotlarida, yirik shaharlar va sanoat markazlarida polietilen chiqindilarining to'planishi va ularning tuproq hamda havo sifati tarkibiga ta'siri ko'rsatib o'tilgan. Shuningdek, N.M. Ortiqovning ishlanmalarida plastik chiqindilarni ikkilamchi xomashyo sifatida qayta ishlash imkoniyatlari, ayniqsa, qurilish sanoatida polimer asosidagi kompozit materiallar ishlab chiqarish istiqbollari yoritilgan.

Buxoro, Toshkent va Samarqand viloyatlaridagi ayrim kichik sexlar tajribasida olib borilgan amaliy ishlanmalar, qayta ishlash texnologiyalarining yetarli darajada mexanizatsiyalashmaganligini, energiya samaradorligining pastligini va chiqindilarning to'liq saralanmasligi asosiy muammo ekanini ko'rsatadi. Shunga qaramay, so'nggi yillarda "yashil iqtisodiyot" konsepsiyasi asosida ekologik toza texnologiyalarga qiziqish ortmoqda.

Xalqaro miqyosda polietilen chiqindilarini qayta ishlash bo'yicha qilingan tadqiqotlar ancha chuqur va texnologik jihatdan mukammal. Masalan, Hopewell va Durance (2019) tomonidan olib borilgan tadqiqotda polietilen chiqindilarining piroliz texnologiyasi orqali yoqilg'iga aylantirilishi bo'yicha yuqori samarali laboratoriya uskunalari tavsiflangan. Germaniyada Fraunhofer Institute tomonidan ishlab chiqilgan termo-katalitik konversiya usuli chiqindilarni polimerga qayta aylantirishni ta'minlaydi va bu orqali "qayta polietilen" (r-PE) olish mumkin. Yaponiyada esa chiqindilarning avtomatik ajratish, eritish va granula holida yangi mahsulot ishlab chiqarish tizimlari muvaffaqiyatli joriy etilgan. Mochizuki va Kobayashi (2020) tomonidan ishlab chiqilgan "intellektual saralash" texnologiyasi turli plastmassa turlarini sensorli aniqlash orqali tez va aniq ajratishga imkon beradi. AQSHda esa "Circular Economy" tamoyili asosida ExxonMobil va Dow Chemical kompaniyalari plastmassa chiqindilarini qayta ishlashga mo'ljallangan yirik zavodlar barpo etib, karbon izini kamaytirishga qaratilgan uzluksiz qayta ishlash liniyalarini yo'lga qo'ygan.

Xalqaro adabiyotlarda esa Germaniyada ishlab chiqilgan BASF Loop System, Avstraliyadagi Cleanaway va Kanadadagi Pyrowave kompaniyalari tomonidan taklif etilgan zamonaviy piroliz texnologiyalari alohida e'tiborga molikdir. Masalan, BASF tomonidan ishlab chiqilgan piroliz texnologiyasi PET va polietilen kabi chiqindilarni yopiq siklda energiyaga va qayta ishlanadigan polimerga aylantirish imkonini beradi. Cleanaway kompaniyasining chiqindilarni chiqish joyidan boshlab real vaqtli monitoring qilish imkonini

beruvchi logistik tizimi esa boshqaruv jarayonini ancha soddalashtirgan. Bundan tashqari, xalqaro miqyosda ISO 15270:2008 standarti (Plastik chiqindilarni qayta ishlashga oid umumiy talablar) asosida chiqindilarni texnik, ekologik va sanitariya-gigiyenik mezonlar asosida qayta ishlash bo'yicha yagona yondashuv mavjud. Yevropa Ittifoqi esa 2030-yilgacha barcha plastik mahsulotlarning 100% qayta ishlanadigan yoki bio-parchalanuvchan bo'lishi bo'yicha majburiy talablarni joriy etmoqda. Bu esa polietilen chiqindilarini qayta ishlash sohasida yuqori ekologik standartlarni tatbiq etishni taqozo etadi. Shuningdek, so'nggi yillarda nanotexnologiyalar asosidagi termal-katalitik qayta ishlash usullari (misol: Zeolit asosidagi katalizatorlar bilan piroliz) haqida ilmiy maqolalar Nature, ScienceDirect, va Elsevier kabi nufuzli jurnallarda ko'plab chop etilmoqda. Ushbu texnologiyalar chiqindidan yuqori qiymatli kimyoviy moddalarni olish imkonini beradi va energiya sarfini sezilarli darajada kamaytiradi.

Zamonaviy polietilen chiqindilarini qayta ishlash texnologik jarayoni bir necha bosqichdan iborat. Dastlab, chiqindilar maxsus konteynerlarda yig'iladi. Bu chiqindilar sensorli saralash blokiga yo'naltiriladi, bu yerda plastmassaning turi, rangi va tarkibi aniqlanib, avtomatik tarzda ajratiladi. Saralangan chiqindilar keyin yuvish va quritish bosqichiga yuboriladi — bu bosqichda iflosliklar, organik moddalardan tozalanadi. Tozalanib quritilgan materiallar maydalab granula holatiga keltiriladi. Bu granulalar asosida uch xil qayta ishlash usuli mavjud:

- Mexanik usul: granulalar eritilib, yangi plastmassa mahsulotlariga aylantiriladi (idishlar, quvurlar, qoplamalar).
- Kimyoviy piroliz: plastmassalar yuqori haroratda kimyoviy reaksiyalarga kirishib, gazsimon yoki suyuq yoqilg'ilarga aylanadi, undan qayta PE yoki boshqa kimyoviy komponentlar olinadi.
- Energiya usuli: chiqindilar yondirilib, issiqlik energiyasiga aylantiriladi, bu energiya elektr ishlab chiqarishda ishlatiladi.

Har bir texnologik bosqich energiya tejovchi, ekologik xavfsiz uslublarda tashkil etiladi. Bunday tizimlar zamonaviy SCADA yoki IoT asosidagi avtomatlashtirish tizimlari bilan boshqariladi, bu esa jarayonni uzluksiz monitoring qilish va samaradorlikni oshirish imkonini beradi

Munozara. Bugungi globallashtirish davrida plastmassa, ayniqsa polietilen materiallarining keng ko'lamda ishlatilishi bilan birga, ular bilan bog'liq ekologik muammolar ham tobora dolzarb tus olmoqda. O'zbekiston va dunyo tajribasi shuni ko'rsatadiki, polietilen chiqindilari atrof-muhitga eng ko'p zarar

yetkazuvchi chiqindilar qatorida turadi. Ularning biologik parchalanish muddati yuz yillab davom etishi, havodagi issiqxona gazlari miqdorining oshishiga hissa qo'shishi, suv va tuproq resurslarini ifloslantirishi ilmiy manbalar orqali isbotlangan. Shu bois, mazkur chiqindilarni zamonaviy texnologiyalar asosida qayta ishlash ekologik barqarorlikni ta'minlashda muhim ahamiyat kasb etadi.

Tadqiqotlar shuni ko'rsatmoqdaki, polietilen chiqindilarini qayta ishlashda eng samarali yo'llardan biri — bu mexanik va kimyoviy usullarni uyg'unlashtirishdir. Mexanik usul oddiy va iqtisodiy jihatdan tejamkor bo'lsa-da, chiqindilarning tarkibiy xususiyatlari turli xil bo'lgani sababli u har doim ham samarali natija bermaydi. Shu nuqtai nazardan piroliz kabi kimyoviy usullar tobora ko'proq ahamiyat kasb etmoqda. Piroliz jarayonida chiqindilarni yuqori haroratda kislorodsiz muhitda parchalanishi natijasida gaz, suyuq yoqilg'i va karbon moddalari olinadi. Bu usul chiqindilarni energiyaga aylantirishda muhim vosita hisoblanadi. Biroq piroliz texnologiyalari yuqori boshlang'ich investitsiyalar va murakkab texnologik jarayonlarni talab qiladi. Yana bir muhim jihat — chiqindilarni saralash va tayyorlash bosqichining sifati. Ayni damda O'zbekistonda chiqindilarni ajratib yig'ish tizimi to'liq shakllanmaganligi, qayta ishlash uchun kelayotgan xomashyo sifatining pastligi qayta ishlash zavodlarining samaradorligiga salbiy ta'sir ko'rsatmoqda. Yevropa va Yaponiyada esa chiqindilarni avtomatlashtirilgan saralash tizimlari yordamida aniq ajratish orqali yuqori sifatli xomashyo olinmoqda, bu esa iqtisodiy va ekologik samaradorlikni oshirmoqda. Shuningdek, polietilen chiqindilarini qayta ishlash sohasida huquqiy-me'yoriy bazani kuchaytirish, bizneslarni ushbu sohaga jalb etish va davlat-xususiy sheriklikni rivojlantirish muhim vazifa bo'lib qolmoqda. Raqamli monitoring tizimlari, masalan SCADA, chiqindilar miqdorini, ularning tarkibini va qayta ishlash jarayonining har bir bosqichini real vaqt rejimida nazorat qilish imkonini beradi. Bu esa boshqaruvning shaffofligini oshirib, texnologik jarayonni optimallashtiradi.

Umuman olganda, polietilen chiqindilarini qayta ishlash — nafaqat atrof-muhit muhofazasi, balki yangi iqtisodiy imkoniyatlar yaratishda ham muhim omildir. Ushbu jarayonni takomillashtirish uchun ilg'or xorijiy tajribalarni o'rganish, ularni milliy sharoitga moslashtirish va amaliyotda joriy etish zarur. Ayni paytda texnologik modernizatsiya, me'yoriy-huquqiy islohotlar va ijtimoiy ongni oshirish orqali ekologik xavfsiz, iqtisodiy foydali chiqindi boshqaruvi tizimini shakllantirish imkoniyati mavjud.

Xulosa. Polietilen chiqindilarining atrof-muhitga salbiy ta'siri yildan-yilga ortib borayotgan bir paytda, ularni zamonaviy texnologiyalar asosida

qayta ishlash eng dolzarb ekologik va iqtisodiy muammolardan biri bo'lib qolmoqda. O'tkazilgan tadqiqotlar asosida aniqlanishicha, polietilen chiqindilarining to'planib qolishi tuproq va suv resurslariga jiddiy zarar yetkazadi, ularning parchalanish muddati uzoq bo'lgani sababli esa bu muammo yillar davomida o'z dolzarbligini yo'qotmaydi. Shunday sharoitda mexanik, kimyoviy va energiya usullarini uyg'unlashtirgan kompleks yondashuvlar eng maqbul echim bo'lib xizmat qilmoqda. Ayniqsa, piroliz asosidagi qayta ishlash texnologiyalari chiqindilarni yoqilg'iga aylantirish, resurslarni tejash hamda qayta foydalanish imkonini beradi. Mexanik qayta ishlash jarayonlari esa soddaligi va iqtisodiy jihatdan nisbatan arzonligi bilan ajralib turadi. Hozirgi sharoitda chiqindilarni avtomatlashtirilgan tizimlar yordamida saralash, SCADA kabi raqamli boshqaruv yechimlaridan foydalanish orqali qayta ishlash samaradorligini oshirish mumkinligi ilmiy asoslangan holda isbotlandi. Biroq amalda hali ham xomashyo sifatining pastligi, saralash tizimining yetarlicha rivojlanmagani va texnologik uskunalarning eskiligi kabi muammolar mavjud bo'lib, bu holatlar qayta ishlash jarayonining umumiy natijadorligiga salbiy ta'sir ko'rsatmoqda. Shu boisdan, ushbu sohaga ilg'or texnologiyalarni joriy qilish, ilmiy yondashuv asosida milliy innovatsion echimlarni ishlab chiqish va ularni keng amaliyotga tatbiq etish zarur. Shu bilan birga, aholining ekologik madaniyatini oshirish, chiqindilarni ajratib yig'ish madaniyatini shakllantirish va davlat-xususiy sheriklik asosida zamonaviy korxonalarni yo'lga qo'yish orqali muammoning kompleks yechimiga erishish mumkin. Xulosa qilib aytganda, polietilen chiqindilarini qayta ishlash nafaqat ekologik xavfsizlikni ta'minlash, balki iqtisodiyotda yangi ishlab chiqarish zanjirlarini yaratish orqali barqaror rivojlanish yo'lida muhim ahamiyat kasb etadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

- 1) O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 5-dekabrdagi PF-245-sonli farmoni. Qattiq maishiy chiqindilarni boshqarish tizimini rivojlantirish chora-tadbirlari to'g'risida. — Toshkent, 2022.
- 2) O'zbekiston Respublikasi Qattiq maishiy chiqindilar to'g'risidagi Qonuni (2021-yil, yangi tahrir). — Toshkent, 2021.
- 3) Saidov, A. A. Polietilen chiqindilarini qayta ishlash texnologiyalari. — Toshkent: Fan va texnologiya, 2020. — 150 bet.

4) Karimova, D. M., & Tursunov, B. Sh. (2021). Polietilen chiqindilaridan ekologik toza materiallar ishlab chiqarish. «O‘zbekiston kimyo sanoati» jurnali, 3(45), 34–41.

5) BASF SE. BASF Loop System for plastic recycling. [Online] Available at: <https://www.basf.com/global/en/who-we-are/sustainability/we-drive-sustainability/loop.html> (Accessed: 10 May 2025).

6) European Commission. (2020). A new Circular Economy Action Plan for a cleaner and more competitive Europe. Brussels: European Union Publications.

7) ISO 15270:2008. Plastics — Guidelines for the recovery and recycling of plastics waste. International Organization for Standardization.

8) Zhang, Y., & Wang, H. (2019). Catalytic pyrolysis of polyethylene for fuel production: A review. Journal of Cleaner Production, 220, 1113-1125. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.245>

9) Smith, J., & Lee, K. (2021). Advanced technologies in plastic waste recycling: Trends and future perspectives. Waste Management, 118, 22-31.

10) Pyrowave Inc. Pyrowave catalytic recycling technology. [Online] Available at: <https://pyrowave.com/technology/> (Accessed: 10 May 2025).

11) Cleanaway Limited. Waste management and recycling solutions. [Online] Available at: <https://www.cleanaway.com.au/waste-solutions/recycling/> (Accessed: 10 May 2025).