

MAISHIY CHIQINDILARNI RESURSGA AYLANTIRUVCHI

EKOLOGIK TEXNOLOGIYA

To‘rayev Ulug‘bek Murtazoyevich

Qarshi davlat texnika universiteti dotsenti, t.f.f.d. (PhD)

Shokirova Marjona Isomiddin qizi

Qarshi davlat texnika universiteti talabasi

Abdiqodirova Fazilatbonu Zokirovna

Qarshi davlat texnika universiteti talabasi

Annotatsiya. Mazkur maqolada maishiy chiqindilarni resursga aylantiruvchi ekologik texnologiyani ishlab chiqishning ilmiy-amaliy asoslari tahlil qilinadi. Tadqiqotda chiqindilarni fraksiyalarga ajratish, organik chiqindilarni bioenergiya va bioko‘mir (biochar) olish uchun qayta ishlash hamda plastmassa chiqindilar asosida kompozit materiallar ishlab chiqarish imkoniyatlari o‘rganildi. Hisob-kitoblarga ko‘ra, 1 tonna maishiy chiqindidan 200-400 kW energiya va 480 kg foydali material olish mumkinligi aniqlandi. Ushbu texnologiya chiqindilar hajmini 80–90% gacha kamaytirish, poligonlarga tushadigan yuklamani qisqartirish hamda issiqxona gazlari emissiyasini kamaytirishga xizmat qiladi. Tadqiqot natijalari chiqindilarni kompleks qayta ishlash asosida ekologik barqarorlikni ta‘minlash va aylanma iqtisodiyot modelini rivojlantirish uchun muhim ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: maishiy chiqindilar, ekologik texnologiya, biochar, biogaz, kompozit materiallar, qayta ishlash, aylanma iqtisodiyot, energiya ishlab chiqarish, chiqindilarni boshqarish, barqaror rivojlanish

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

БЫТОВЫХ ОТХОДОВ В РЕСУРС

Тураев Улугбек Муртазоевич

*Доцент Каршинского государственного технического
университета, кандидат технических наук*

Шокирова Марджона Исомиддин кызы

*Студент Каршинского государственного технического
университета*

Абдикодирова Фазилатбону Зокирджон кызы

*Студент Каршинского государственного технического
университета*

Аннотация. В данной статье анализируются научно-практические основы разработки экологической технологии, направленной на преобразование бытовых отходов в ресурсы. В исследовании рассмотрены возможности фракционной сортировки отходов, переработки органических отходов для получения биоэнергии и биоугля, а также производства композитных материалов на основе пластиковых отходов. Согласно расчетам, из 1 тонны бытовых отходов можно получить 200-400 кВт·ч энергии и 480 кг полезных материалов. Данная технология позволяет сократить объем отходов на 80–90%, уменьшить нагрузку на полигоны и снизить выбросы парниковых газов. Результаты исследования служат важной научной основой для обеспечения экологической устойчивости и развития модели циркулярной экономики на основе комплексной переработки отходов.

Ключевые слова: бытовые отходы, экологическая технология, биоуголь, биогаз, композитные материалы, переработка, циркулярная экономика, производство энергии, управление отходами, устойчивое развитие.

**ECOLOGICAL TECHNOLOGY FOR CONVERTING
HOUSEHOLD WASTE INTO A RESOURCE**

Turayev Ulugbek Murtazoevich

*Associate Professor, Karshi State Technical University, Doctor of
Philosophy (PhD)*

Shokirova Marjona Isomiddin qizi

Student of Karshi State Technical University

Abdiqodirova Fazilatbonu Zokirjon qizi

Student of Karshi State Technical University

Abstract. This article analyzes the scientific and practical foundations for developing an ecological technology aimed at converting municipal solid waste into valuable resources. The study examines waste fraction separation, processing of organic waste for bioenergy and biochar production, and the potential for manufacturing composite materials based on plastic waste. According to the calculations, 1 ton of municipal waste can generate up to 200-400 kWh of energy and 480 kg of useful materials. This technology enables a reduction in waste volume by 80–90%, decreases landfill load, and minimizes greenhouse gas emissions. The research findings provide an important scientific basis for ensuring environmental sustainability and promoting the development of a circular economy through integrated waste processing.

Keywords: municipal waste, ecological technology, biochar, biogas, composite materials, recycling, circular economy, energy production, waste management, sustainable development.

Kirish. Zamonaviy jamiyatda maishiy chiqindilar hajmining keskin ortib borishi global ekologik muammolardan biriga aylangan bo‘lib, u nafaqat atrof-muhitning ifloslanishiga, balki tabiiy resurslarning samarasiz ishlatilishiga ham olib kelmoqda. Aholi sonining ko‘payishi, urbanizatsiya jarayonlarining jadallashuvi hamda iste‘mol darajasining oshishi natijasida chiqindilarni boshqarish tizimi ko‘plab mamlakatlarda dolzarb masalaga aylangan. Ayniqsa, plastmassa va organik chiqindilarning ko‘payishi tuproq, suv va havo sifatiga salbiy ta‘sir ko‘rsatib, ekologik muvozanatni izdan

chiqarmoqda. Bundan tashqari, chiqindilarni poligonlarga ko‘mish amaliyoti metan va karbonat angidrid (CO₂) kabi issiqxona gazlarining ajralishiga sabab bo‘lib, iqlim o‘zgarishiga sezilarli hissa qo‘shmoqda [1].

Bugungi kunda an‘anaviy chiqindi utilizatsiyasi usullarining ekologik va iqtisodiy jihatdan yetarli darajada samarali emasligi sababli, chiqindilarni qayta ishlash hamda ularni ikkilamchi resurs sifatida qayta foydalanish konsepsiyasi tobora dolzarb ahamiyat kasb etmoqda. Ilmiy tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, chiqindilarni “muammo” sifatida emas, balki qayta ishlanishi mumkin bo‘lgan xom ashyo sifatida talqin etish barqaror rivojlanishning muhim tamoyillaridan biridir.

Shu bilan birga, mazkur yo‘nalishning rivojlanishi mustahkam huquqiy asoslar bilan ham qo‘llab-quvvatlanmoqda. Xususan, O‘zbekiston Respublikasining “Chiqindilar to‘g‘risida”gi Qonuni chiqindilar bilan muomala qilish sohasidagi asosiy huquqiy normalarni belgilab beradi hamda ularni yig‘ish, tashish, qayta ishlash va utilizatsiya qilish jarayonlarini tartibga soladi. Ushbu qonunda chiqindilarni kamaytirish, ularni qayta ishlash va ikkilamchi resurs sifatida foydalanishni rag‘batlantirish ustuvor yo‘nalish sifatida e‘tirof etilgan. Bundan tashqari, “Atrof-muhitni muhofaza qilish to‘g‘risida”gi Qonun ham ekologik xavfsizlikni ta‘minlash, tabiiy resurslardan oqilona foydalanish va chiqindilarning salbiy ta‘sirini kamaytirishga qaratilgan umumiy huquqiy mexanizmlarni belgilaydi. So‘nggi yillarda qabul qilingan davlat dasturlari va qarorlar, jumladan, chiqindilarni boshqarish tizimini takomillashtirishga qaratilgan normativ-huquqiy hujjatlar ushbu sohada zamonaviy texnologiyalarni joriy etishni rag‘batlantirmoqda.

Shu nuqtai nazardan, maishiy chiqindilarni resursga aylantiruvchi ekologik texnologiyalarni ishlab chiqish va ularni amaliyotga joriy etish dolzarb ilmiy-amaliy vazifa hisoblanadi. Ushbu yo‘nalishda olib borilayotgan izlanishlar chiqindilarni kompleks qayta ishlash orqali bir vaqtning o‘zida bir nechta muammolarni hal etish imkonini beradi. Xususan, organik

chiqindilardan energiya ishlab chiqarish, plastmassa chiqindilar asosida kompozit materiallar tayyorlash, shuningdek, biochar kabi yuqori g'ovakli materiallardan foydalanish orqali qurilish sanoatida innovatsion yechimlar yaratish mumkin [2]. Bunday texnologiyalar chiqindilar hajmini kamaytirish bilan birga, iqtisodiy samaradorlikni oshirish va ekologik barqarorlikni ta'minlashga xizmat qiladi [3].

Adabiyotlar tahlili

So'nggi yillarda maishiy chiqindilarni boshqarish va ularni resursga aylantirish masalasi ekologiya, iqtisodiyot va muhandislik yo'nalishlarida keng qamrovli tadqiqotlar markaziga aylangan. Ilmiy adabiyotlarda chiqindilarni qayta ishlashning asosiy konsepsiyasi sifatida "aylanma iqtisodiyot" (circular economy) modeli ilgari surilib, unda chiqindilarni ikkilamchi xom ashyo sifatida qayta foydalanish muhim o'rin tutadi [4]. Bu yondashuv chiqindilar hajmini kamaytirish, resurslardan samarali foydalanish hamda ekologik xavflarni minimallashtirishga xizmat qiladi. Ko'plab tadqiqotlarda organik chiqindilarni qayta ishlash orqali bioenergiya olish texnologiyalari tahlil qilingan [5]. Xususan, anaerob parchalanish (biogaz ishlab chiqarish) jarayoni orqali chiqindilardan metan gazi olish mumkinligi ilmiy jihatdan asoslab berilgan. Ushbu texnologiya nafaqat chiqindilarni kamaytiradi, balki qayta tiklanuvchi energiya manbai sifatida ham muhim ahamiyat kasb etadi. Ayrim ilmiy ishlarda organik chiqindilarni termokimyoviy qayta ishlash, xususan piroliz jarayoni orqali biochar ishlab chiqarish istiqbollari keng yoritilgan. Biochar yuqori g'ovakli tuzilishga ega bo'lib, tuproq unumdorligini oshirish, karbonni uzoq muddat saqlash hamda qurilish materiallarida qo'shimcha komponent sifatida foydalanish imkonini beradi [6].

Plastmassa chiqindilarni qayta ishlash yo'nalishida ham sezilarli ilmiy yutuqlarga erishilgan. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, plastmassa chiqindilarni mexanik va kimyoviy qayta ishlash orqali turli kompozit materiallar ishlab

chiqarish mumkin. Ayniqsa, plastmassa va biochar asosida yaratilgan kompozitlar qurilish sanoatida muqobil material sifatida keng qoʻllanilmoqda. Ilmiy manbalarda bunday materiallarning mustahkamligi, issiqlik izolyatsiyasi xususiyatlari hamda namlikka chidamliligi yuqori ekanligi taʼkidlangan. Biocharning sement matritsasiga qoʻshilishi mikrostrukturani yaxshilab, materialning mexanik xossalarini oshirishi ilmiy jihatdan asoslangan. Shuningdek, chiqindilarni kompleks qayta ishlashga qaratilgan integratsiyalashgan texnologiyalar boʻyicha ham bir qator tadqiqotlar mavjud [7]. Ushbu yondashuvda chiqindilar bir vaqtning oʻzida bir nechta yoʻnalishda qayta ishlanadi: organik qismi energiyaga aylantiriladi, plastmassa va boshqa qattiq chiqindilar esa qurilish yoki sanoat mahsulotlariga transformatsiya qilinadi. Bunday tizimlar chiqindilarni deyarli toʻliq utilizatsiya qilish imkonini berib, poligonlarga tushadigan chiqindilar hajmini keskin kamaytiradi [8].

Xalqaro ilmiy adabiyotlarda chiqindilarni resursga aylantirish texnologiyalarining iqtisodiy samaradorligi ham keng oʻrganilgan. Tadqiqot natijalari shuni koʻrsatadiki, dastlabki investitsiya talab etilishiga qaramay, bunday texnologiyalar oʻrta muddatda oʻzini oqlaydi va barqaror daromad manbai yaratadi. Xususan, modulli chiqindi qayta ishlash tizimlari kichik va oʻrta hududlar uchun mos boʻlib, ularni bosqichma-bosqich joriy etish imkoniyati mavjud [9].

Umuman olganda, mavjud ilmiy tadqiqotlar maishiy chiqindilarni resursga aylantirish nafaqat ekologik muammolarni kamaytirish, balki iqtisodiy va ijtimoiy foyda keltiruvchi samarali yoʻnalish ekanligini tasdiqlaydi. Shu bilan birga, mavjud texnologiyalarni mahalliy sharoitlarga moslashtirish, ularning samaradorligini oshirish va keng joriy etish boʻyicha qoʻshimcha ilmiy izlanishlar olib borish zarurligi taʼkidlanadi.

Metodologiya

Mazkur tadqiqotda maishiy chiqindilarni resursga aylantiruvchi ekologik texnologiyani ishlab chiqish uchun kompleks va tizimli yondashuv qoʻllanildi. Tadqiqot metodologiyasi quyidagi asosiy bosqichlarni oʻz ichiga oladi:

- Birinchi bosqichda maishiy chiqindilar tarkibi (organik, plastmassa va boshqa fraksiyalar) tahlil qilinib, ularning fizik-kimyoviy xususiyatlari oʻrganildi. Ushbu bosqich chiqindilarni samarali qayta ishlash yoʻnalishlarini aniqlashga xizmat qildi.

- Ikkinchi bosqichda chiqindilarni ajratish va qayta ishlash texnologik modeli ishlab chiqildi. Organik chiqindilar anaerob parchalanish yoki piroliz jarayonlari orqali bioenergiya va biochar olish uchun yoʻnaltirildi, plastmassa chiqindilar esa qayta ishlanib kompozit materiallar tayyorlash uchun foydalanildi.

- Uchinchi bosqichda biochar va plastmassa asosidagi kompozit materiallar laboratoriya sharoitida sinovdan oʻtkazilib, ularning mustahkamlik, issiqlik izolyatsiyasi va namlikka chidamlilik kabi xossalari baholandi. Olingan natijalar anʼanaviy qurilish materiallari bilan solishtirildi.

- Toʻrtinchi bosqichda ishlab chiqilgan texnologiyaning ekologik va iqtisodiy samaradorligi tahlil qilindi. Xususan, chiqindilar hajmini kamaytirish darajasi, energiya olish imkoniyati hamda texnologiyaning oʻzini oqlash muddati hisoblab chiqildi.

Mazkur metodologiya chiqindilarni kompleks qayta ishlash asosida ularni toʻliq resursga aylantirish va amaliy jihatdan samarali ekologik texnologiyani shakllantirishga qaratilgan.

Natijalar va muhokama

Oʻtkazilgan tadqiqotlar natijasida maishiy chiqindilarni kompleks qayta ishlash asosida ularni resursga aylantirish texnologiyasining samaradorligi tasdiqlandi. Tahlillar shuni koʻrsatdiki, chiqindilarni fraksiyalarga ajratish va

har bir turini alohida qayta ishlash orqali ekologik va iqtisodiy jihatdan yuqori natijalarga erishish mumkin [10].

Birinchi, organik chiqindilarni qayta ishlash natijasida bioenergiya va biochar olish imkoniyati mavjudligi aniqlandi. Biocharning yuqori g'ovakli tuzilishi ($200\text{--}500\text{ m}^2/\text{g}$) uni nafaqat tuproq unumdorligini oshirishda, balki qurilish materiallari tarkibida samarali qo'shimcha sifatida qo'llash imkonini berdi. Bu esa sement asosidagi materiallarning mustahkamligi va izolyatsion xususiyatlarini yaxshilaydi [11].

Ikkinchi, plastmassa chiqindilarni qayta ishlash orqali kompozit materiallar ishlab chiqarish samarali ekanligi isbotlandi. Ushbu materiallar yengil, mustahkam va suvga chidamli bo'lib, qurilish sanoatida an'anaviy materiallarga muqobil bo'la oladi [12].

Uchinchi, ishlab chiqilgan texnologiya chiqindilarni poligonlarga yuborish hajmini sezilarli darajada kamaytiradi. Bu esa o'z navbatida issiqxona gazlari (metan va CO_2) emissiyasini kamaytirib, ekologik barqarorlikni ta'minlashga xizmat qiladi. Tadqiqotda 1 tonna (1000 kg) maishiy chiqindi tarkibi o'rtacha quyidagicha qabul qilindi: 60% organik, 25% plastmassa va 15% boshqa chiqindilar. Ushbu tarkib asosida texnologiya samaradorligi hisoblab chiqildi [13-14].

Organik chiqindilar (600 kg) anaerob parchalanish va piroliz jarayonlariga yo'naltirildi. Ilmiy manbalarga ko'ra, 1 kg organik chiqindidan o'rtacha 0.35 m^3 biogaz olish mumkin [15]. Shunga ko'ra:

- $600\text{ kg} \times 0.35\text{ m}^3 = 210\text{ m}^3\text{ biogaz}$
- $1\text{ m}^3\text{ biogaz} \approx 6\text{ kWh energiya}$
- $210 \times 6 = 1260\text{ kWh energiya}$

Shuningdek, piroliz orqali 600 kg organik chiqindidan o'rtacha 30% biochar olinadi:

$$600\text{ kg} \times 0.30 = 180\text{ kg biochar}$$

Plastmassa chiqindilar (250 kg) qayta ishlanib, kompozit material ishlab chiqarishda foydalanildi. Oʻrtacha 90% samaradorlik bilan:

$$250 \text{ kg} \times 0.90 = 225 \text{ kg kompozit xom ashyo}$$

Qolgan 150 kg chiqindining 50% qayta ishlanib, 75 kg qismi foydali mahsulotga aylantirildi.

Hisoblash natijalari shuni koʻrsatadiki, 1 tonna maishiy chiqindidan:

- 200-400 kWh energiya ishlab chiqarish mumkin (bu oʻrtacha 4–5 ta xonadonning kunlik energiya ehtiyojini qoplaydi)
- 480 kg foydali material (biochar + kompozit) olinadi
- chiqindilarning 80–90% qismi qayta ishlanadi

Bu natijalar ishlab chiqilgan texnologiyaning yuqori samaradorligini koʻrsatadi. Ayniqsa, chiqindilarni bir vaqtning oʻzida energiya + qurilish materialiga aylantirish ushbu yondashuvni innovatsion va iqtisodiy jihatdan foydali qiladi. Shuningdek, poligonlarga tushadigan chiqindilar hajmining keskin kamayishi metan va CO₂ emissiyasini kamaytiradi, bu esa iqlim oʻzgarishiga qarshi kurashda muhim omil hisoblanadi.

Xulosa. Mazkur tadqiqot natijalari shuni koʻrsatadiki, maishiy chiqindilarni resursga aylantiruvchi ekologik texnologiyalar zamonaviy ekologik muammolarni hal etishda samarali va istiqbolli yechim hisoblanadi. Taklif etilgan yondashuv asosida chiqindilarni fraksiyalarga ajratish va kompleks qayta ishlash orqali bir vaqtning oʻzida energiya hamda qurilish materiallari olish imkoniyati mavjudligi aniqlandi. Hisob-kitoblar asosida 1 tonna chiqindidan 200-400 kWh energiya va 480 kg foydali material olish mumkinligi ushbu texnologiyaning yuqori samaradorligini tasdiqlaydi.

Shuningdek, chiqindilarni qayta ishlash orqali poligonlarga tushadigan chiqindilar hajmini 80–90% gacha kamaytirish, issiqxona gazlari emissiyasini qisqartirish va atrof-muhit ifloslanishini oldini olish mumkinligi ilmiy jihatdan asoslandi. Biochar va plastmassa asosidagi kompozit materiallarning

qurilish sanoatida qoʻllanilishi esa resurslardan samarali foydalanish va iqtisodiy foyda olish imkonini yaratadi.

Umuman olganda, mazkur texnologiya aylanma iqtisodiyot tamoyillariga toʻliq mos kelib, ekologik barqarorlikni taʼminlash, energiya taʼminotini diversifikatsiya qilish hamda chiqindilarni boshqarish tizimini takomillashtirishda muhim ahamiyat kasb etadi. Kelgusida ushbu texnologiyani mahalliy sharoitlarga moslashtirish va sanoat miqyosida joriy etish boʻyicha qoʻshimcha ilmiy tadqiqotlar olib borish maqsadga muvofiq.

Foydalanilgan adabiyotlar

1.Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F., “What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050,” World Bank, 2020.

2.Chen, D., Yin, L., Wang, H., & He, P., “Pyrolysis technologies for municipal solid waste: A review,” Waste Management, vol. 105, pp. 362–379, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.02.034>

3.Qambrani, N. A., et al., “Biochar properties and eco-friendly applications for climate change mitigation,” Cleaner Production, vol. 252, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119789>

4.Kumar, A., Samadder, S. R., “A review on technological options of waste to energy for effective management of municipal solid waste,” Waste Management, vol. 69, pp. 407–422, 2021.

5.Jeswani, H. K., et al., “Life cycle environmental impacts of chemical recycling via pyrolysis of mixed plastic waste,” Science of the Total Environment, vol. 769, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144483>

6.Wang, J., et al., “Recycling of plastic solid waste: A state of art review,” Materials Today Sustainability, vol. 10, 2021.

7.IEA, “Waste-to-Energy and Bioenergy Technologies Report,” International Energy Agency, 2022.

8. UNEP, "Global Waste Management Outlook 2022," United Nations Environment Programme, 2022.
9. Singh, R., et al., "Sustainable construction materials using biochar," *Construction and Building Materials*, vol. 314, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125645>
10. Al-Salem, S. M., et al., "A review of municipal solid waste-to-energy technologies," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 144, 2023.
11. Zhang, X., et al., "Plastic waste management and recycling strategies," *Journal of Environmental Management*, vol. 320, 2023.
12. OECD, "Global Plastics Outlook: Policy Scenarios to 2060," OECD Publishing, 2023.
13. Li, Y., et al., "Biochar-based composites for environmental and construction applications," *Journal of Cleaner Production*, vol. 384, 2023.
14. World Bank, "Solid Waste Management in Developing Countries," 2024.
15. European Commission, "Circular Economy Action Plan Progress Report," 2024.