PLASTIK CHIQINDILARDAN TERFTALAMID SINTEZ QILISH TEXNOLOGIYASI

J.B. Normurotov
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti
Email: jahongirnormurotov1310@gmail.com
O‘.Ch. Ahmedov
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

Annotatsiya. Plastik chiqindilarni qayta ishlash masalasi global miqyosda dolzarb muammolardan biri bo‘lib, ularni sanoat miqyosida foydali mahsulotlarga aylantirish ekologik va iqtisodiy jihatdan katta ahamiyatga ega. Ushbu tadqiqotda polietilen teraftalat (PET) chiqindilarini gidrolizlash orqali terftal kislota olish va undan karbamid bilan reaksiyaga kirishib terftalamid sintez qilish texnologiyasi ishlab chiqildi. Tadqiqot natijalari sintezlangan mahsulotning tarkibi va tuzilmasi IQ-spektroskopik va fizik-kimyoviy usullar bilan tahlil qilingan holda tasdiqlandi. Taklif etilgan texnologiya ekologik xavfsiz, iqtisodiy samarali va sanoatda qo‘llashga yaroqlidir.

Kalit so‘zlar: plastik chiqindilar, PET, gidroliz, terftal kislota, terftalamid, neytrallash, polimerlar, IQ-spektroskopiya, qayta ishlash.

Annotation. The issue of plastic waste recycling is one of the most pressing global problems, and converting such waste into useful industrial products is of great ecological and economic significance. In this study, a technology was developed for synthesizing terephthalamide by hydrolyzing polyethylene terephthalate (PET) waste to obtain terephthalic acid, which then reacts with urea. The structure and composition of the synthesized product were confirmed using IR spectroscopy and physicochemical analysis methods. The proposed technology is environmentally safe, economically efficient, and suitable for industrial application.

Keywords: plastic waste, PET, hydrolysis, terephthalic acid, terephthalamide, neutralization, polymers, IR spectroscopy, recycling

Аннотация. Проблема переработки пластиковых отходов является одной из наиболее актуальных в глобальном масштабе, а их превращение в полезные промышленные продукты имеет большое экологическое и экономическое значение. В данном исследовании разработана технология получения терефталамида путём гидролиза отходов полиэтилентерефталата (ПЭТ) с образованием терефталевой кислоты и её последующей реакции с карбамидом. Состав и структура синтезированного продукта подтверждены методами ИК-спектроскопии и физико-химического анализа. Предлагаемая технология является экологически безопасной, экономически эффективной и пригодной для промышленного применения.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: пластиковые отходы, ПЭТ, гидролиз, терефталевая кислота, терефталамид, нейтрализация, полимеры, ИК-спектроскопия, переработка

Kirish

So‘nggi yillarda plastik chiqindilar hajmi yildan-yilga oshib bormoqda. Xususan, PET (polietilen teraftalat) asosidagi butilkalar, oziq-ovqat idishlari va boshqa maishiy mahsulotlar tarkibidagi polimerlar tabiatda oson parchalanmaydi va 100 yillargacha atrof-muhitda saqlanib qoladi. Bu esa suv havzalari, tuproq va havo sifatiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Shu bois, plastik chiqindilarni ekologik toza texnologiyalar asosida qayta ishlash orqali ikkilamchi xomashyoga aylantirish istiqbolli yo‘nalish hisoblanadi. Xususan, PET tarkibidagi polimer zanjirlarni gidrolizlash orqali terftal kislota (TPA) ajratib olish va undan kimyoviy yo‘l bilan turli hosilalar, xususan, terftalamid sintez qilish mumkin. Terftalamid – bu amidlarga mansub bo‘lgan organik birikma bo‘lib, polimerlar sintezida, maxsus plastmassalar, qoplamalar va tolalar ishlab chiqarishda xomashyo sifatida keng qo‘llaniladi.PET chiqindilarining gidrolitik parchalanishi gidrolizlovchi agentlar (masalan, NaOH, HCl, suv yoki organik erituvchilar) ishtirokida turli sharoitlarda olib borilishi mumkin. Ushbu jarayon natijasida PET polimeri monomer holatiga qaytariladi va uning asosiy komponentlari – etilenglikol va terftal kislota olinadi. Ayniqsa, gidroliz jarayoni avtoklav sharoitida, yuqori harorat va bosim ostida olib borilganda yuqori samaradorlik ko‘rsatiladi.Bundan tashqari, PET chiqindilaridan olingan terftal kislota — yuqori reaktivlikka ega aromatik diksilota sifatida kimyoviy modifikatsiyaga yaroqli hisoblanadi. Undan amidlar, efirlar, poliesterlar va boshqa murakkab moddalarning sintezi mumkin. Terftalamid esa, strukturaviy jihatdan barqaror, gidrofob xususiyatga ega bo‘lgan birikma bo‘lib, maxsus plastmassalar va sintetik tolalar ishlab chiqarishda qo‘llanishi mumkin.Ushbu ilmiy ishda plastik chiqindilarni sanoat sharoitiga mos, nisbatan sodda usulda gidrolizlab, undan terftal kislota, va undan terftalamid sintez qilish texnologiyasi ishlab chiqildi. Tadqiqotda ekologik xavfsizlik, reaksiya unumdorligi, xomashyo va energiya sarfi, texnologik sharoitlarning soddaligi kabi omillar inobatga olindi. Shuningdek, sintez mahsulotlari spektral va fizik-kimyoviy usullar bilan baholandi. Ushbu yondashuv chiqindilarni muammo emas, balki imkoniyat sifatida qayta ko‘rib chiqishga yo‘l ochadi.

Materiallar va usullar

Tadqiqotlar Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universitetining “Kimyoviy texnologiyalar” laboratoriyasida olib borildi. Ishlab chiqilgan texnologiya ikki asosiy bosqichdan iborat:

1. PET chiqindilarni gidrolizlab terftal kislota olish

ISSN 3030-3907

Ishlab chiqarishdan yoki iste'moldan chiqqan PET asosidagi chiqindilar dastlab quyidagi tarzda tayyorlab olindi:

- **Chiqindilarni saralash**: faqat PET asosli shaffof idishlar tanlab olindi.
- **Yuvish va quritish**: chang, ifloslik va etiketalardan tozalandi.
- **Maydalash**: 5–10 mm bo'laklarga bo'lindi.

Gidroliz jarayoni:

- **Reaktivlar nisbati**: PET : NaOH = 1:2 (massaviy)
- **Suv miqdori**: 100 ml suvga 10 g NaOH va 5 g plastik qo'shildi
- **Reaksiya harorati**: 180 °C
- **Bosim**: atmosfera bosimi yoki biroz yuqori (idish yopiq holda)
- **Vaqt**: 3 soat

Jarayon tugagach, eritma filtrlanib, HCl kislotasi yordamida neytrallandi. Hosil bo'lgan qattiq mahsulot – **terftal kislota** suvdan ajratilib, 45–50 °C da quritildi.

Natijada, 55–60% unum bilan TPA (terftal kislota) olindi. Mahsulot oq kristall holatida bo'lib, suvda yomon eriydi, ammo ishqoriy muhitda yaxshi eriydi. Polietilen teraftalat (PET) asosidagi chiqindilarni kimyoviy qayta ishlash uchun dastlab ularni gidrolitik parchalash usuli tanlandi. Ushbu jarayon orqali PET polimerining ester bog'lari NaOH ta'sirida parchalandi va natijada asosiy mahsulot – terftal kislota (TPA) hosil qilindi.

Boshlang'ich shart-sharoitlar:

Reaktivlar nisbati: PET : NaOH = 1 : 2 (massaviy nisbatda)

Bu nisbat gidroliz reaksiyasi to'liq va samarali kechishi uchun tanlandi. NaOH ortiqcha miqdorda olinishi reaktsiyaning to'liq bo'lishini ta'minlaydi, shuningdek, polimer zanjirlarning samarali parchalanishiga yordam beradi.

Suv miqdori: Har 10 g NaOH uchun 100 ml distillangan suv va 5 g maydalangan PET.

Erituvchi sifatida suvdan foydalanildi. Suv faqat reaksiya muhiti bo'lib qolmay, NaOH ni eritib, uni bir jinsli gidrolizlovchi agentga aylantiradi. Optimal eritma konsentratsiyasi 10% NaOH atrofida saqlab turildi.

Reaksiya sharoiti: Harorat: 180 °C.

Bunday yuqori haroratda PET polimerining molekulyar harakati kuchayadi, ester guruhlari faolroq holatga o'tadi va NaOH bilan reaksiyaga kirishadi. 180 °C dan past haroratda reaktsiya sekin kechadi, yuqoriroq haroratda esa reaktivlar degradatsiyalanishi mumkin. Bosim: Qisman yopiq idishda — atmosfera bosimi yoki biroz yuqori. Reaksiya maxsus yuqori bosim talab qilmaydi, ammo yopiq idishda suyuqlikning qaynash nuqtasi oshib, reaksiya samaradorligi yuqori bo'ladi. Vaqt: 3 soat.

ISSN 3030-3907

Ushbu davomiylik reaksiya to‘liq kechishi va maksimal unumdorlikka erishish uchun optimal hisoblanadi. Vaqtdan ortiq ushlash mahsulot sifatining pasayishiga olib kelishi mumkin.

Keyingi jarayonlar: Reaksiya yakunlangach, hosil bo‘lgan alkalin eritma dastlab filtrlab tozalanadi. Suvda erimaydigan qattiq moddalardan ajratilgan eritma keyin HCl (xlorid kislota) yordamida neytrallanadi, ya’ni pH ≈ 7 ga keltiriladi. Bu bosqichda ishqoriy muhitdagi Na-tereftalat tuzi parchalanib, erkin terftal kislota (TPA) cho‘kmaga tushadi. Cho‘kma holatidagi TPA ajratib olinadi va quyidagi sharoitda quritiladi:

Quritish harorati: 45–50 °C. Bu harorat mahsulotni buzmasdan, kristall tuzilmasini saqlab qolgan holda, namlikdan tozalash uchun tanlangan. Yuqori harorat mahsulotning parchalanishiga olib kelishi mumkin.

Natijalar:

Unumdorlik: 55–60%

Bu natija tajriba sharoitida PET polimerining to‘liq parchalanmaganini, lekin yetarlicha miqdorda TPA ajralib chiqqanini ko‘rsatadi. Unumdorlikni oshirish uchun bosim, vaqt yoki NaOH konsentratsiyasini optimallashtirish mumkin.

Mahsulot holati:

Hosil bo‘lgan terftal kislota – oq kristall shaklidagi, suvda yomon eriydigan, ammo ishqoriy muhitda yaxshi eriydigan organik birikmadir. U o‘zining aromatik tuzilmasi va ikki karboksil guruhi bilan oson reaksiyaga kirishuvchan bo‘lib, undan turli kimyoviy modifikatsiyalarni amalga oshirish mumkin.

Texnologik va amaliy ahamiyat: Bu bosqich PET chiqindilarni foydali birikmaga aylantirishda asosiy va zaruriy texnologik halqa hisoblanadi.Olingan TPA ning keyingi ishlov berish imkoniyatlari juda keng: amidlar, efirlar, polikondensatsion polimerlar, katalizatorlar va boshqalar.PET chiqindilarini gidrolizlash orqali hosil bo‘lgan TPA – sintetik poliamidlar (masalan, terftalamid) sintezi uchun yuqori qiymatli xomashyo bo‘lib xizmat qiladi.

2. Terftalamid sintezi

Olingan terftal kislota quyidagi sharoitda karbamid bilan reaksiyaga kiritildi:

- **Nisbat**: TPA : karbamid = 1:2
- **Reaksiya qurilmasi**: Avtoklav
- **Sharoit**: 185 °C harorat, 3–5 atm bosim
- **Vaqt**: 3 soat
- **Natija**: oq rangli amorf yoki kristall holatdagi terftalamid

Reaksiyada amid guruhlar hosil bo‘ladi va terftalamid molekulasi tarkibida ikkita amid funksional guruhi mavjud bo‘ladi. Reaksiya quyidagicha yoziladi:

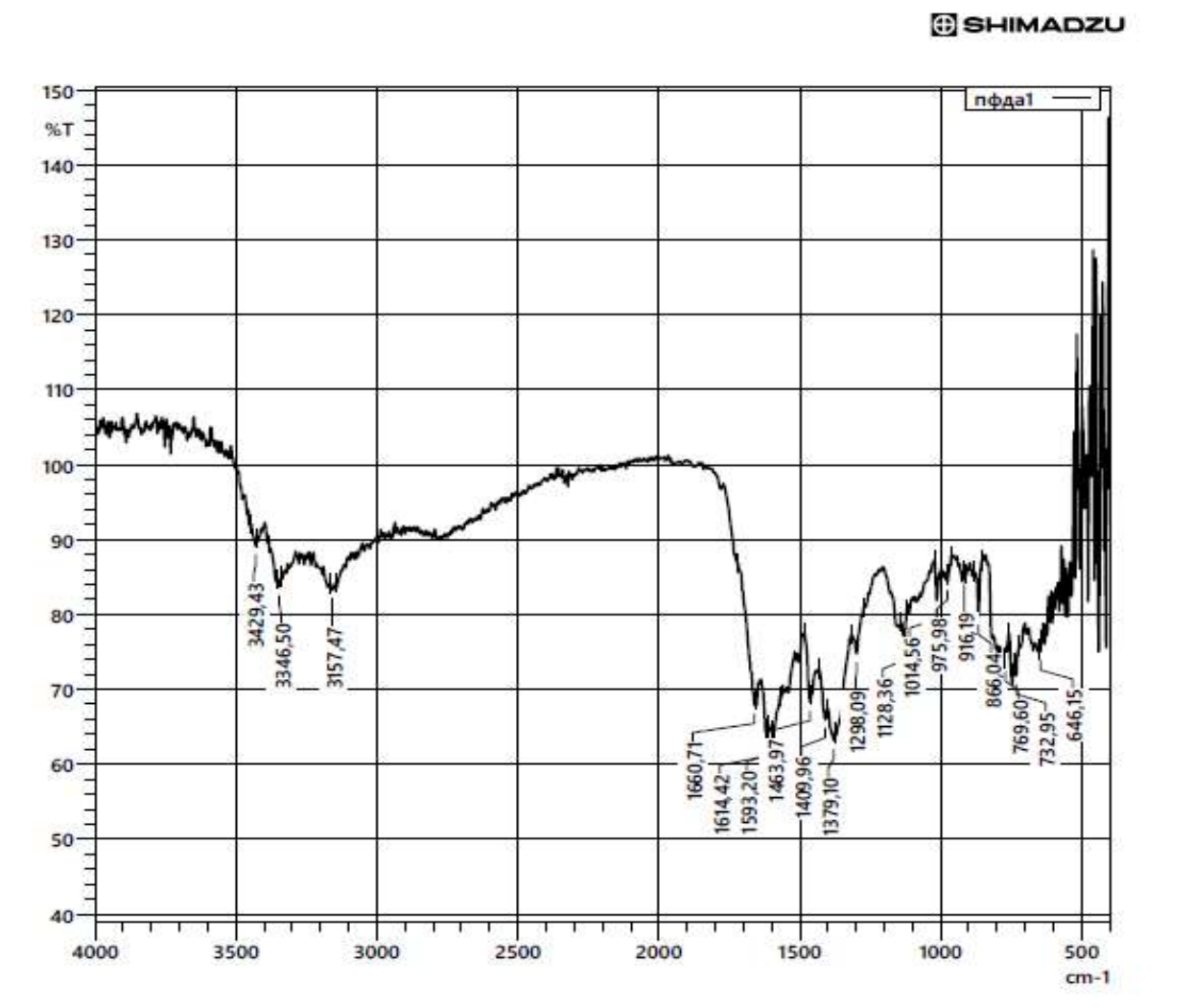
$$C_6H_4(COOH)_2 + 2NH_2CONH_2 \rightarrow C_6H_4(CONH_2)_2 + 2H_2O + CO_2$$

ISSN 3030-3907

Tahlil usullari

IQ-spektroskopik tahlil:

Sintez qilingan terftalamid namunasi IR (infraqizil) spektrometriya yordamida tekshirildi. 3300–3500 sm^{-1} oralig‘ida N–H tortilish tebranishlari, 1600–1650 sm^{-1} da C=O guruhiga xos tebranishlar kuzatildi. Bu, amid guruhlar mavjudligini tasdiqlaydi.



1-rasm IQ-spektroskopik tahlil natijasi

Fizik-kimyoviy xossalar:

- **Eritish harorati**: 300 °C dan yuqori
- **Tashqi ko‘rinish**: oq kristall kukun
- **Suvdagi eruvchanlik**: juda past
- **pH**: neytral

Natijalar va muhokama (kengaytirilgan)

O‘tkazilgan laboratoriya tajribalari asosida plastik chiqindilarni (xususan, PET butilka va oziq-ovqat idishlari) gidrolizlash orqali terftal kislota ajratib olishning amaliy va nazariy asoslari ishlab chiqildi. Tadqiqotda gidroliz jarayoni 180 °C haroratda, 3 soat davomida NaOH ishtirokida olib borildi. Gidrolizdan

ISSN 3030-3907

keyingi neytrallash va quritish bosqichlarida mahsulot unumdorligi 55–60% atrofida bo‘lib, bu kichik hajmli sinovlar uchun ijobiy ko‘rsatkich hisoblanadi.

Olingan terftal kislota karbamid bilan 185 °C haroratda, 3–5 atm bosimda reaksiyaga kiritilib, terftalamid sintez qilindi. Reaksiya jarayonida suv va karbonat angidrid ajralib chiqishi qaytarilmas kondensatsiya reaksiyasi kechayotganini ko‘rsatadi. IQ-spektroskopik tahlillar natijasida 3300–3500 sm^{-1} oralig‘ida amid guruhiga xos N–H tebranishlari, 1650 sm^{-1} atrofida esa karbonil (C=O) tebranishlari aniqlandi. Bu esa sintez qilingan mahsulot tarkibida amid guruhlari mavjudligini tasdiqlaydi.

Tahlil va baholash natijalariga ko‘ra, quyidagi muhim xulosalar chiqarildi:

1. Ekologik xavfsizlik:Taklif etilgan texnologiya chiqindilarni yoqish yoki ko‘mishdan farqli ravishda ularni kimyoviy qayta ishlash orqali foydali moddaga aylantiradi. Bu usul nafaqat chiqindilarni kamaytiradi, balki atmosfera va tuproq ifloslanishining oldini oladi. Reaksiya chiqindilari asosan suv va CO_2 bo‘lgani uchun toksik ta’sir deyarli yo‘q.

2. Texnologik soddalik va amaliylik:Gidroliz va amidlanish reaksiyalari oddiy laboratoriya yoki kichik hajmli sanoat uskunalarida amalga oshiriladi. Asosiy reaktivlar (NaOH, HCl, karbamid) mahalliy bozorda mavjud, narxi arzon va saqlash sharoiti oddiy. Bu esa texnologiyani sanoat darajasiga olib chiqish uchun qulay asos yaratadi.

3. Iqtisodiy samaradorlik: PET chiqindilar – arzon va ko‘p miqdorda mavjud xomashyo bo‘lib, ularni kimyoviy moddalarga aylantirish orqali yuqori qo‘shilgan qiymatga ega mahsulotlar olish mumkin. Terftalamid, ayniqsa, polimer sanoatida, strukturali tolalar, qatronlar va maxsus materiallar sintezida foydalaniladi. Buning o‘ziyoq loyiha iqtisodiy jihatdan foydali ekanini ko‘rsatadi.

4. Moslashuvchanlik va istiqbollilik: Terftal kislota faqat karbamid bilan emas, balki boshqa amin birikmalar bilan ham reaksiyaga kirishib, turli xil amidlar sintezi uchun asos bo‘lishi mumkin. Bu esa ko‘p funksiyali polimerlar, stabilizatorlar, muhandislik plastmassalari, hamda farmatsevtik moddalarga o‘xshash mahsulotlar ishlab chiqarish imkonini beradi.

5. Atrof-muhitga ta’siri past: Gidroliz va sintez jarayonlarida ishlatilgan reaktivlar, neytrallash va filtrlash yo‘li bilan qayta ishlanishi mumkin. Bu esa chiqindi suv va havoga chiqariladigan zararli moddalarning oldini oladi.

6. Sanoatga integratsiyalash imkoniyati: Ushbu texnologiyani mavjud plastik chiqindilarni yig‘ish va ajratish infratuzilmasiga integratsiya qilish mumkin. Bu esa chiqindi yig‘ish tizimini samarali tashkil etish, mahalliy daromad manbalarini yaratish va yangi ish o‘rinlarini ochishga xizmat qiladi.

Xulosa

ISSN 3030-3907

Mazkur tadqiqot doirasida plastik chiqindilardan terftal kislota olish va undan terftalamid sintez qilish texnologiyasi ishlab chiqildi. Olingan mahsulotlarning fizik-kimyoviy va spektroskopik tahlillari ularning sifatli ekanligini tasdiqladi. Bu texnologiya ekologik muammolarning yechimiga xizmat qilishi bilan birga, yangi sanoat tarmoqlarini rivojlantirishga ham zamin yaratadi. Kelgusida sintez qilingan mahsulotni poliamidlar, optik materiallar, texnik plastmassalar va ekologik polimerlar ishlab chiqarishda qo‘llash imkoniyatlari o‘rganiladi. Ushbu tadqiqot natijalari nafaqat plastik chiqindilardan qutulish, balki ularni yuqori qo‘shilgan qiymatga ega mahsulotga aylantirish borasida ham muhim amaliy va ilmiy ahamiyatga ega. Bu esa, o‘z navbatida, O‘zbekiston Respublikasi sanoatining barqaror rivojlanishi va ekologik muvozanatni saqlash yo‘lida muhim hissa bo‘lib xizmat qilishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Normurotov J., Axmedov O. "Polimer chiqindilardan foydali modda olish texnologiyasi", Universum: Texnika va texnologiyalar, 2024, №11 (128).
2. Ergashev S.S. va boshq. Polimer kimyosi va texnologiyasi, Toshkent, 2022.
3. Kaminsky W. “Chemical recycling of plastics by fluidized bed pyrolysis”, Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 2006.
4. Goto M. et al. “Depolymerization of PET in supercritical methanol”, Industrial & Engineering Chemistry Research, 2000.
5. Uemura T., Kikuchi Y. “Recycling of plastic wastes”, Journal of Material Cycles and Waste Management, 2023.
6. Al-Sabagh A.M. et al. “Greener routes for recycling of polyethylene terephthalate”, Egyptian Journal of Petroleum, 25(1), 2016.
7. Shukurova D., Raxmonov A. “Polimer chiqindilar asosida yangi modifikatsiyalangan mahsulotlar sintezi”, Innovatsion ilmiy izlanishlar jurnali, 2023, №3.
8. Awaja F., Pavel D. “Recycling of PET”, European Polymer Journal, 2005, Vol. 41, Issue 7, pp. 1453–1477.
9. Chintagunta V.K. et al. “Chemical recycling of PET: A sustainable approach”, Materials Today: Proceedings, 2021.
10. Loos K. et al. “PET depolymerization methods: a review”, Green Chemistry, 2020, Vol. 22, pp. 7585–7602.
11. Mahmud S., Abdullah E.C. “A comprehensive review on plastic waste recycling technologies”, Journal of Cleaner Production, 2021, Vol. 292, Article 125984.
12. Zhang L. et al. “Synthesis of terephthalamide derivatives and their applications”, Polymer Bulletin, 2022.

ISSN 3030-3907

13. Ashurov J., Islomov M. “PET chiqindilarini gidrolizlab foydali moddalarga aylantirish texnologiyasi”, Kimyo va Texnologiya, 2023, №2.
14. Lee S.H., Kim S. “Aminolysis of PET waste for value-added chemicals”, Journal of Environmental Chemical Engineering, 2018, Vol. 6, Issue 1.
15. Ganiev Z.R., Tursunov B.X. “Atrof-muhitga xavfsiz bo‘lgan polimerlar va ularni qayta ishlash texnologiyasi”, Ekologiya va Atrof-muhit jurnali, 2022, №4.

ISSN 3030-3907