

March 2024

INFLUENCE OF THE AMOUNT OF MONOETHANOLAMINE ON THE PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF AMINOLYSIS PRODUCTS

Soxibjon A. EGAMBERDIYEV

Tashkent Institute of Chemical Technology, Tashkent, Uzbekistan, egamberdiyevs027@gmail.com

Muzaffar G. ALIMUKHAMEDOV

Tashkent Institute of Chemical Technology, Tashkent, Uzbekistan, mga1953@mail.ru

Juraev Asror

Tashkent Chemical-Technological Institute, Uzbekistan, asror_tcti@mail.ru

Ravshan ADILOV

Tashkent Institute of Chemical Technology, Tashkent, Uzbekistan, ravshan_adilov@mail.ru

Follow this and additional works at: <https://cce.researchcommons.org/journal>

 Part of the [Polymer and Organic Materials Commons](#)

Recommended Citation

EGAMBERDIYEV, Soxibjon A.; ALIMUKHAMEDOV, Muzaffar G.; Asror, Juraev; and ADILOV, Ravshan (2024) "INFLUENCE OF THE AMOUNT OF MONOETHANOLAMINE ON THE PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF AMINOLYSIS PRODUCTS," *CHEMISTRY AND CHEMICAL ENGINEERING*: Vol. 2023: No. 4, Article 5.

DOI: 10.34920/cce202345

Available at: <https://cce.researchcommons.org/journal/vol2023/iss4/5>

This Article is brought to you for free and open access by Chemistry and Chemical Engineering. It has been accepted for inclusion in CHEMISTRY AND CHEMICAL ENGINEERING by an authorized editor of Chemistry and Chemical Engineering. For more information, please contact zuchra_kadirova@yahoo.com.

INFLUENCE OF THE AMOUNT OF MONOETHANOLAMINE ON THE PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF AMINOLYSIS PRODUCTS

Sokhibjon EGAMBERDIEV (egamberdiyevs027@gmail.com)
Muzafar ALIMUKHAMEDOV (MGA1953@mail.ru)
Asror JURAEV (asror_tcti@mail.ru)
Ravshan ADILOV (ravshan_adilov@mail.ru)
Tashkent Institute of Chemical Technology, Tashkent, Uzbekistan

The purpose of this paper is to investigate the process of aminolysis of secondary polyethylene terephthalate with monoethanolamine at low ratio. The effect of the amount of monoethanolamine on the physical and chemical properties of the aminolysis product of secondary polyethylene terephthalate was studied. With an increase of 1-4 moles of monoethanolamine obtained for synthesis (without the presence of a catalyst), it was observed that the number of amines in the aminolysis product increased from 324 to 503 mgKON/g, and the number of hydroxyls increased from 298 to 491 mgKON/g. The structure of the resulting bis(2-hydroxyethylene)terephthalamide was studied using IR and thermal analysis. As a result of TGA analysis, it was found that the obtained samples have two different melting temperatures. It was shown that the incomplete reaction of IPET with MEA in a catalyst-free medium with monoethanolamine at a ratio of 2 mol, and when the ratio was increased to 4 mol, bis(2-hydroxyethylene)terephthalamide with a yield of up to 73% was obtained.

Keywords: secondary polyethylene terephthalate, monoethanolamine, aminolysis, bis(2-hydroxyethylene)terephthalamide, polyester polyol

ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВА МОНОЭТАНОЛАМИНА НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРОДУКТОВ АМИНОЛИЗА

Сохибжон ЭГАМБЕРДИЕВ (egamberdiyevs027@gmail.com)
Музафар АЛИМУХАМЕДОВ (MGA1953@mail.ru)
Асрор ЖУРАЕВ (asror_tcti@mail.ru)
Равшан АДИЛОВ (ravshan_adilov@mail.ru).
Ташкентский химико-технологический институт, Ташкент, Узбекистан

Целью данной работы является исследование процесса аминолитиза вторичного полиэтилентерефталата моноэтанолмином при низком соотношении. Изучено влияние количества моноэтанолamina на физико-химические свойства продукта аминолитиза вторичного полиэтилентерефталата. При увеличении на 1-4 моля моноэтанолamina, полученного для синтеза (без присутствия катализатора), наблюдалось увеличение количества аминов в продукте аминолитиза с 324 до 503 мгКОН/г, а также увеличение количества гидроксильных групп с 298 до 491 мгКОН/г. Структура полученного бис(2-гидроксиэтилен)терефталата исследована методами ИК и термического анализа. В результате ТГА-анализа установлено, что полученные образцы имеют две разные температуры плавления.

Показано, что неполная реакция ИПЭТ с МЭА в безкаталитической среде с моноэтанолмином при соотношении 2 моль, а при увеличении соотношения до 4 моль – бис(2-гидроксиэтилен)терефталат с выходом до 73% был получен.

Ключевые слова: полиэтилентерефталат вторичный, моноэтаноламин, аминолитиз, бис(2-гидроксиэтилен)терефталат, полиэфирполиол

MONOETHANOLAMIN MIQDORINI AMINOLIZ MAXSULOTLARINING FIZIK-KIMYOVIY XOSSALARIGA TA'SIRI

Soxibjon EGAMBERDIEV (egamberdiyevs027@gmail.com)
Muzafar ALIMUXAMEDOV (MGA1953@mail.ru)
Asror JURAEV (asror_tcti@mail.ru)
Ravshan ADILOV (ravshan_adilov@mail.ru)
Toshkent kimyo- texnologiya instituti. Toshkent, O'zbekiston

Ushbu maqolaning maqsadi ikkilamchi polietilentereftalatni monoetanolanin bilan past nisbatda aminoliz jarayonini tadqiq qilishdir. Ikkilamchi polietilentereftalatning aminoliz mahsuloti fizik-kimyoviy xossalari qo'shlariga monoetanolanin miqdorining ta'siri o'rganilgan. Sintez uchun olingan monoetanoaminni miqdori 1-4 mol' ortishi bilan (katalizator ishtirokisiz) aminoliz mahsulotidagi amin soni 324 dan 503 mgKON/g gacha, gidroksil soni 298 dan 491 mgKON/g gacha organini kuzatildi.

Xosil bo'lgan bis(2-gidroksietilen)tereftalamidni tuzulishini IQ va termik taxlillar yordamida o'rganildi. Olingan namunalarning TGA taxlili natijasida ikki xil suyuqlanish xaroratiga ega ekanligi aniqlandi.

IPET ni MEA bilan katalizatorsiz muxitda monoetanoaminni 2 mol nisbatida to'liq reaksiya ketmasligi sodir bo'lib, 4 mol nisbatigacha ortganda chiqish unimi 73% gacha bo'lgan bis(2-gidroksietilen)tereftalamid olingani ko'rsatildi.

Kalit so'zlar: rikkilamchi polietilentereftalat, monoetanolanin, aminoliz, bis(2-gidroksietilen)tereftalamid, poliefirpoliol

DOI: 10.34920/cce202345

Kirish

Dunyoda polimerlarga bo'lgan ehtiyojlar ortgan sari ulardan chiqayotgan chiqindilar hajmi xam ortib bormoqda. 2025-yilda termoplastikaning global ishlab chiqarilishi 445,25 million tonnani tashkil etishi taxmin qilinmoqda. 2010 va 2020 yillar oralig'ida global plastmassa ishlab chiqarish 270 million tonnadan deyarli 370 million tonnagacha oshdi [1]. Bu turdagi maishiy chi-

qindilarni katta hajmi polietilentereftalatga to'g'ri kelib [2], bir martalik ichimlik idishlari, qadoqlash, kiyim-kechak va gilam ishlab chiqarish uchun so'ngi yillarda polietilentereftalat (PET) bozori 2021 yilda 80,9 million tonnani tashkil etdi va 2028 yilga kelib 114,7 million tonnaga yetishi reja qilinmoqda, bu esa 2022-2028 yillardagi taxlil davrida 5,2 foizga oshadi. Polietilen tereftalat (PET) qatronlari bozorining ken-

gayishi, birinchi navbatda, PET qatronlari tomonidan ko'rsatilgan xususiyatlarning ko'pligi bilan bog'liq bo'lishi mumkin. Ular tabiatan juda yengil va rangsizdir. Ushbu plastmassalar xech qanday kimyoviy moddalarni singdirmagani uchun qayta foydalanish mumkinligi ma'lum. Bundan tashqari, ular inson uchun xavfsizdir, bu esa ularni oziq-ovqat mahsulotlarini ishlab chiqarish uchun eng mos materialga aylantiradi.

Ma'lumki, iste'moldan keyin PETni qayta ishlashning ikkita asosiy an'anaviy usuli mavjud: mexanik qayta ishlash va kimyoviy qayta ishlash [3, 4].

IPETni-8 kimyoviy qayta ishlash jarayonlari bir necha guruhga bo'linadi, ular: metanoliz, glikoliz [5, 6], gidroliz [7], ammonoliz, aminoliz [8], va boshqa usullari mavjud. PET aminolizi natijasida bis(2-gidroksietilen) tereftalamid (BGETFA) nomi bilan tanilgan diamidlari hosil bo'ladi. Biroq, ma'lumki, qisman aminoliz aniqlangan qayta ishlash xususiyatlariga ega bo'lgan tolalarni ishlab chiqarishda PET xususiyatlarini yaxshilashda o'z qo'llanilishini topdi [9]. PET chiqindilarining aminolitik destruktiviyasi dietanolamin va etanolamin yordamida sintez qilingan chuqur evtektik erituvchilar, ZnCl₂ va karbamid, katalizator sifatida amalga oshirildi [10]. PET/monoetanolamin (MEA) molyar nisbati 1:6 bo'lgan PET chiqindi materiallarini aminolizga uchratildi. Katalizator sifatida natriy atsetat ishtirokida etanol aminining ortiqcha miqdori bis (2-gidroksil etilen) tereftalamid (BGETFA) ishlab chiqarish uchun ishlatilgan [11]. Boshqa ishda aminolizi ma'suloti BGETFA ni 1,4-butandiol bilan ta'sirlashtirib poliuretanlar olishga yaroqli murakkab poliefirpoliol olishga erishilgan va uning xossalari analog bilan solishtirilgan [12].

SHu bilan birga so'ngi yillarda yuqorida keltirilgan xorijiy olimlar olib borgan tadqiqotlari ichida aminoliz jarayonlari katta ilmiy va amaliy ahamiyatga ega ekanligini ko'rsatdi. Ushbu ilmiy ishlarda ikkilamchi polietilentereftalatni monoetanolaminning yuqori nisbatlari (1:6, 1:8 va 1:10) aminoliz jarayonining o'rganilgan va reaksiya mahsulotlar asosida to'yinmagan poliefirlar, poliuretanlar va epoksid qatronlar kabi mahsulotlar olish imkoniyatlari ko'rsatilgan. R.L Vesnin va A.A. Alalikin IPETni monoetanoamin va trietanolamin bilan aminoliz jarayonini katalizatorsiz 160 oC haroratda, 1:6 mol/mol nisbatda, 3-4 soat olib

borish natijasida chiqish unumi 73% BGETFA olishga erishilgan [13]. Boshqa ishda shu haroratda 1:4 va 1:7 nisbatlarini katalizator sifatida natriy atsetat qo'llanilganda 1-4 soat olib borilganda mahsulot chiqish unumi 69,56% dan 75,03% ga ortishi kuzatildi [14]. S.R.Shukla va Vikrant S. Palekar tomonidan aminoliz jarayonida natriy atsetat o'rniga ion katalizatorlar ostida 1:3 dan 1:12 nisbatlarda olib borilganda mahsulot chiqish unumini 15 daqiqadan 120 daqiqagacha 84 dan 91% ga yetishga erishilgan [15].

Oldingi tadqiqotimizda, ikkilamchi polietilentereftalatni monoetanolamin bilan aminoliz jarayonini 1 dan 4 mol nisbatlarda katalizatorsiz o'rganganimizda, aminni miqdori ortishi bilan suyuqlanish harorati 200 oC dan ortishi, toza BGETFA chiqish unumi 73% bo'lganligi aniqlandi. Ajratib olingan BGETFA tuzilishi IQ-va PMR spektrlari yordamida o'rganildi va BGETFA ga mosligi tasdiqlandi. SHu bilan birga olingan monoetanolaminni miqdori 4 molga ortganda reaksiya natijasida ortiqcha qo'shimcha kub miqdori hosil bo'layotgani aniqlandi.

SHu bilan birga aksariyat ilmiy ma'lumotlarda amin saqlovchi moddani past nisbatlarda o'rganilganlik darajasi ma'lumotlari kam ekanligi ma'lum bo'ldi. IPETni monoetanolamin bilan aminoliz jarayoni to'liq o'rganilishga, unga ta'sir qiluvchi omillarni aniqlash maqsadida o'z tadqiqotlarimizni IPET: MEA 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 mol el.zveno/mol nisbatlarda olib borishga qarattik.

Tadqiqot ob'ekti va usullari

Tadqiqotlar olib borishda quyidagi moddalardan foydalanildi: ikkilamchi polietilentereftalat – iste'molda bo'lgan polietilentereftalat idishlar tegirmonda maydalanilgani, monoetanolamin (GOST 2768-84, Rossiya Federatsiyasida ishlab chiqarilgan) asosiy modda miqdori – 99,3%, zichligi 1,012 g/sm³.

Bis(2-gidroksietilen)tereftalamid (BGETFA) sintez qilish jarayoni uch og'izli, qaytar sovutgich, termometr va aralashtirgich bilan jihozlangan laboratoriya qurilmaga ikkilamchi polietilentereftalat va (IPET) va monoetanolamin (MEA) solinib, reaksiyon massani asta sekin haroratni 100 °C gacha ko'tariladi. So'ng reaksiyon massa haroratini asta sekin 60 daqiqa davomida haroratni 170 °C ga va 190 °C haroratgacha ko'tarildi. Jarayon azot muhitida olib boriladi. Ha-

rorat 190 °C ga ko'tarilgandan so'ng 8 soat davomida jarayoni olib borildi. Olingan mahsulotni haroratini 100 °C ga tushirib aminoliz mahsulot ustiga 1:4 nisbatda disstirlangan suv solib 90 °C da 30 daqiqa davomida aralashtirib turildi va issiq holatda fil'trlandi. Fil'trdan o'tgan suyuqlikni – 2 °C gacha sovutib, chukmaga tushirildi, chukmaga tushgan oq kristallar qayta filtririldi. Fil'trlab olingan mahsulotlarni ortiqcha bosim (50-60 mm.sim.ust) va 75 °C xaroratda vakum pechda o'zgaras massa qolgunicha quritiladi.

Xosil bo'lgan BGETFA ning fizik – kimyoviy xossalari quyidagi metodikalar bo'yicha aniqlandi: gidroksil guruxlarning massa ulushi – GOST 25261-82, amin guruxlar sonini [16]. IPET ni IQ-spektrini "Perkielmer" markali spektrda, BGETFA ning IQ spektrlarini "IRAffinity-1" IQ spektrida TGA taxlili KL-JS-1000 Thermal Analyzer Dsc apparati natijasida.

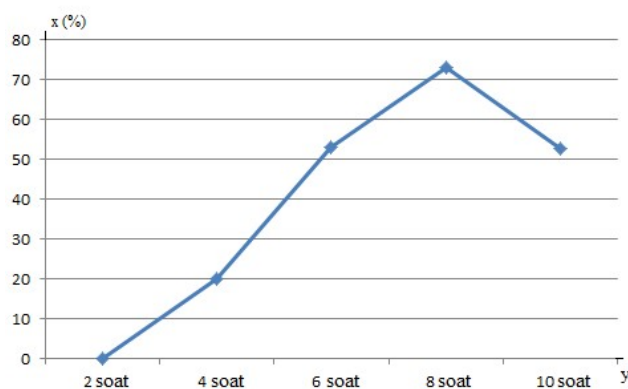
Natijalar va muhokamalar

Aminoliz jarayoni natijasida hosil bo'lgan mahsulotlar tarkibi, tuzilishi va chiqish unumini o'rganish maqsadida turli nisbatlarda sintez qilingan aminoliz mahsulotlarning xossalari o'rganildi (Jadval).

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, sintez uchun olingan monoetanoaminni miqdori 1-4 mol' ortishi bilan (katalizator ishtirokisiz) aminoliz mahsulotdagi amin soni 324 dan 503 mgKON/g gacha, gidroksil soni 298 dan 491 mgKON/g gacha ortganini ko'rishimiz mumkin, bunda aminoliz mahsuloti monoetanol miqdori ortishi bilan BGETFAni chiqish unumi 73% gacha ortgani aniqlandi. SHuni ta'kidlash lozimki, IPET:MEolA=1:1 va 1:2 mol/mol nisbatlarda suvda eriydigan oligomer hosil bo'lgani uni o'rtacha molekulyar massasi va asosiy mahsulot BGETFA ajratish imkoni bulmadi, bu esa makrozanjirda IPET va monoetanol to'liq o'zaro almashinish reaksiyasiga uchramasdan, PET

katta segmentlarini hosil bo'lishi bilan tushuntirish mumkin, namunalarni gidroksil soni ham bu xulosani tasdiqlamoqda. Umumiy olganda IPET aminoliz jarayoni monoetanolamin 2 mol miqdordan ortganda to'liqroq ketishi aniqlandi.

Undan so'ng aminoliz mahsulotini tarkibi va tuzilishini chuqurroq o'rganish maqsadida dastlab aminoliz mahsulotini 1:4 nisbatini tanlab olib issiq suvda 90±2 °C haroratda (aminoliz mahsuloti:suv=1:4 nisbatida) yarim soat aralashtirilgan holda yuvilib issiq holatda fil'trlab olindi. Fil'trda qolgani qattiq ko'rinishdagi mahsulot bo'ldi. Fil'trdan o'tganini xona haroratigacha sovutildi va oq cho'kma tushdi. O'ngdan so'ng cho'kmaga tushgan fraktsiya yana fil'trlandi. Fil'trda qolganini 0,92 kg kuch/sm² ortiqsa bosim ostida va 75 °C haroratda massa o'zgarmay qolguncha quritildi. Ajratilgan 2 chi fraktsiyamiz suyuqlanish harorati 217 °C va molekulyar massasi 1000 chiqdi. Olingan ko'rsatgichlar [8, 10] keltirilgan ma'lumotlarga



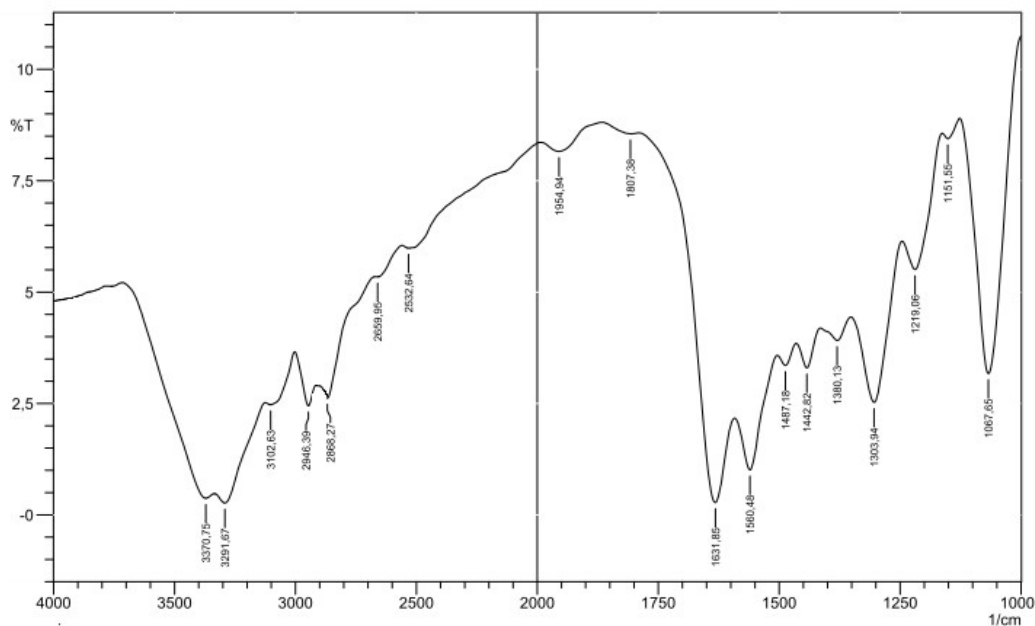
1-rasm. IPET aminoliz jarayoni davomiyligini BGETFA chiqish unumiga ta'siri.

mos kelishi aniqlandi va bis-gidroksietilentereftalatamid deb nomladik. Yuvish jarayonini shu nisbatda 2 soatdan 10 soat oralig'idagi aminoliz mahsuloti uchun ham o'rganildi (1-rasm).

1-rasmdan ko'rinib turibdiki, aminoliz 190 °C da haroratda 2 soatdan 8 soatga ortishi bilan

Turli nisbatlarda olingan aminoliz mahsulotlarining fizik kimyoviy xossalari

IPET:MEolA, mol' el.zv./ mol' nisbatida	Amin soni mgKOH/gr	Gidrooksil soni mgKOH/gr	Suyuqlanish xarorati, °C	O'rtacha molekulyar massasi	BGETFA ning xosil bo'lishi unumi, %
1:1	324,68	298,65	190	0	0
1:2	401,25	349,57	198	0	0
1:3	476,42	406,31	200	1115	53
1:4	503,94	491,27	217	1115	73



2-rasm. Sintez qilingan aminoliz mahsulotining IQ spektri (IPET:MEA=1:4 mol el.zveno/mol nisbatida).

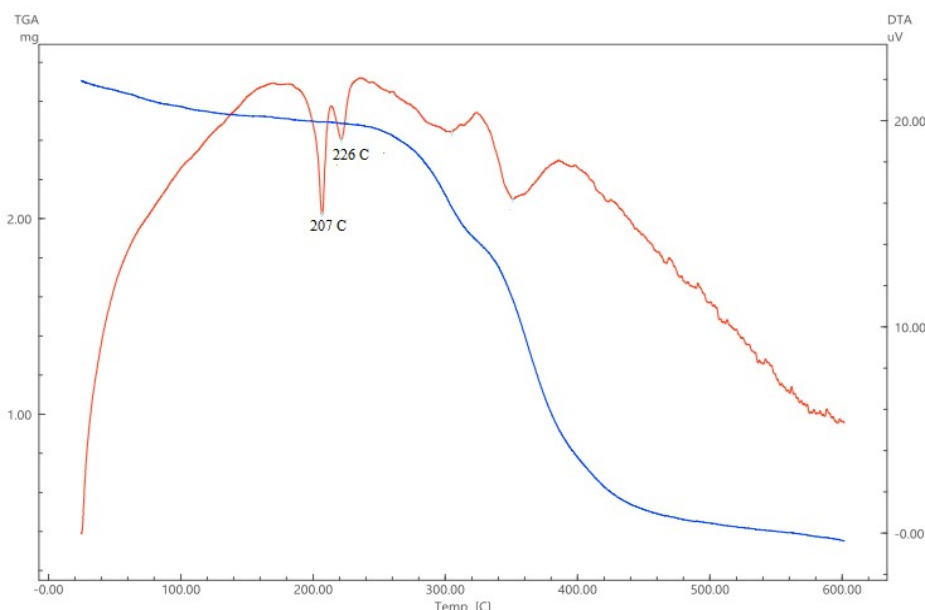
asosiy BGETFA miqdori 0 dan 73% gacha ortganini kuzatishimiz, 10 soatga aminoliz vaqtini ko'tarilishi BGETFA ni miqdori 52,7% ga kamayishi qayd qilindi. Mahsulot chiqish unumining kamayishini vaqt o'tishi bilan qo'shimcha oraliq modda hosil bo'lishi bilan tushuntirish mumkin.

Aminoliz mahsulotlarini hosil bo'lishiga yanada aniqlik kiritish maqsadida olingan namunalarning IK spektroskopiya va TGA analiz yordamida aniqlashga bag'ishladik.

IPET aminoliz mahsuloti yuvilgandan so'ng (2-rasm) IQ spektrda 3370, 1631 sm^{-1}

amid guruxiga xos bo'lgan to'ltin uzunligi, 3292, 1067 sm^{-1} gidroksil guruxiga xos bo'lgan yutilish chiziqlari 1487 sm^{-1} aromatik guruxiga xos bo'lgan yutilish chiziqlari; 1560, 1380, 1303 sm^{-1} oralig'idagi to'ltin uzunligida aniq qo'shimcha amid guruxiga xos bo'lgan yutilish chizig'i mavjudligi aniqlandi. SHu bilan birga yuvilgan aminoliz mahsulotida 1807 sm^{-1} to'ltin uzunligida qo'shimcha yutilish piklari paydo bo'lganligi kuzatishimiz mumkin.

1390, 1560, 1631 sm^{-1} amid guruxlariga xos bo'lgan piklari mavjudligi IPETni MEA bilan aminolizida past nisbatlarda xam bis-(2-gidroksi-



3-rasm. Sintez qilinga aminoliz mahsulotining TGA taxlil natijalari (IPET:MEA=1:4 mol el.zveno/mol nisbatida).

etilen) tereftalamid xosil bo'lganligidan dalolat beradi.

Bis (2-gidroksil etilen) tereftalamid (BGETFA) termofizik xususiyatlarini aniqlash uchun termogravimetrik taxlil (TGA), differentsial termik taxlil (DTA) taxlillari o'tkazildi. Taxlil natijalari shuni ko'rsatdiki IPET va MEA =1:4 mol el.zveno/mol nisbatida hosil bo'lgan BGETFA bir nechta endotermik qo'qqilari borligi aniqlandi. Kengaytirilgan endoeffekt piklar maksimumi 170 °C da, ikkinchisi 220 °C da, uchinchisi 240 °C da, to'rtinchisi 340 °C da va beshinchisi 400 °C da sodir bo'ldi. Eng katta massa yo'qolishi oxirgi uchta cho'qqi orasida sodir bo'ldi, bu uning tarkibiy buzilishi tufayli sodir bo'lganligini ko'rsatadi.

Xulosa

Shunday qilib, ikkilamchi polietilen-tereftalatni monoetanolamin bilan aminoliz jarayonini katalizatorlardan past nisbatlarda o'rganildi. Aminoliz maxsulotini chiqishi xaroratga,

nisbatga va reaksiya vaqtiga bog'liq ekanligi aniqlandi. Monoetanolamin miqdori 1 dan 4 mol-gacha ortishi bilan suyuqlanish harorati 200 °C dan ortishi kuzatilda. 1:1 va 1:2 nisbatlarda katalizatorsiz sharoitda BGETFA maxsulot xosil bo'lmasligi va 1:3 va 1:4 nisbatlarda esa maxsulot xosil bo'lishi aniqlandi. Ajratib olingan BGETFA tuzilishi IQ, termik taxlillari yordamida o'rganildi va BGETFA ga mosligi tasdiqlandi. IPET aminoliz jarayoni monoetanolamin 2 mol miqdordan ortganda to'liqroq ketishi aniqlandi. Ikkilamchi polietilentereftalatning aminoliz mahsuloti fizik-kiyoviy xossalari monoetanolamin miqdorining ta'siri o'rganilgan Shu bilan birga olingan monoetanolaminni miqdori 4 molga ortganda reaksiya natijasida ortiqcha qo'shimcha kub miqdori hosil bo'layotgani aniqlandi. Hosil bo'lish mahsulotlar tarkibiga aniqlik kiritildi. IPET ni MEA bilan katalizatorsiz muxitda monoetanoaminni 4 mol nisbatigacha ortganda chiqish unimi 73% gacha bo'lgan bis(2-gidroksietilen)tereftalamid xosil bo'lishi aniqlandi.

REFERENCES

1. Egamberdiyev. A.S., Alimukhamedov.M.G., Juraev A.B., Adilov.R.I. Study of aminolysis processes of secondary polyethylene terephthalate]. *Scientific and Technical Journal Namangan Institute of Engineering and Technology*, 3, 180-188.
2. Zhang L., Liu L., Yue Q., Zhu Ch. From Aminolysis Product of PET Waste to Value-added Products of Polymer and Assistants. *Polymers & Polymer Composites*, 2014, 22/1. DOI: 10.1177/096739111402200102
3. Nikles D.E, Farahat M.S. New motivation for the depolymerization products derived from poly(ethylene terephthalate) (PET) waste: a Review. *Macromol Mater. & Eng.*, 2005. DOI: 10.1002/mame.200400186
4. Sinha. V., Patel M.R., Patel J.V. PET waste management by chemical recycling. *J. Polym. Environ.*, 2010, 18/1, 8-25. DOI: 10.1007/s10924-008-0106-7
5. Juraev A.B., Alimuxamedov M.G., Magrupov F.A., Nazirov B.I. Nenasyshchennyye poliefiry iz PET-soderzhashchikh otkhodov i razrabotka kompozitsiy trub na ikh osnov [Unsaturated polyesters from PET-containing waste and development of compositions for pipes based on them]. *Compozitsionnyye materialy*, 2016, 4, 28-32.
6. Juraev A.B., Magrupov F.A., Alimuxamedov M.G., Adilov.R.I., Shokirova M.M. Ishmammedova M.G. Studying the Curing Conditions of Unsaturated Polyesters from Secondary Polyethylene Terephthalate Alcoholysis Products. *Open Journal of Polymer Chemistry*, 2020, 10/4, 77-86. DOI: 10.4236/ojpcem.2020.104005.
7. Abdvokhidov I., Turaboev B., Juraev A., Alimukhamedov M. Influence of parameters alcoholysis of secondary polyethylene terephthalate to the yield of bis 2-hydroxyethylene terephthalate] Universum: Khimicheskaya tekhnologiya, 2022, 76-79.
8. Al-Sabagh A.M., Yehia F.Z., Eshaq Gh., Rabie A.M., ElMetwally A.E. Greener routes for recycling of polyethylene terephthalate. *Egypt. Journal Petrol.*, 2015. DOI: 10.1016/j.ejpe.2015.03.001.
9. Collinsab M.J., Zeroniana S.H., Marshall M.L., Macromol J. Analysis of the Molecular Weight Distributions of Aminolyzed Poly(Ethylene Terephthalate) by Using Gel Permeation Chromatography. *Sci. Chem.*, 1991, 28, 775-792.
10. Musale R.M., Shukla S.R. Deep eutectic solvent as effective catalyst for aminolysis of polyethylene terephthalate (PET) waste. *Int. J. Plast. Technol.*, 2016, 20/1, 106-120. DOI: 10.1007/s12588-016-9134-7
11. Elsaed S.M., Farag R.K. Synthesis and Characterization of Unsaturated Polyesters Based on the Aminolysis of Poly(ethylene terephthalate). *Journal of Applied Polymer Science*, 2009, 112/6, 3327-3336. DOI: 10.1002/app.29527
12. Shamsi R., Abdouss M., Sadeghi G.M.M., Taromi F.A. Synthesis and characterization of novel polyurethanes based on aminolysis of polyethyleneterephthalate wastes, and evaluation of their thermal and mechanical properties. *Polymer international*, 2009, 58/1, 22-30. DOI: 10.1002/pi.2488.
13. Vesnin R.L., Alalykin A.A., Vokhmyanin M.A. Tekhnologiya utilizatsii otkhodov polietilentereftalata s polucheniym amida tereftalevoy kisloty. [Technology for recycling polyethylene terephthalate waste to produce terephthalic acid amide]. *Izv. vuzov. Khimiya i khim. tekhnologiya*, 2020, 63/2, 99-104. DOI: 10.6060/ivkkt.20206302.6055
14. More A.P., Kute R.A., Mhaske Sh.T. Chemical conversion of PET waste using ethanolamine to bis(2-hydroxyethyl) terephthalamide (BHETA) through aminolysis and a novel plasticizer for PVC. *Iranian Polymer Journal*, 2014, 23, 59-67. DOI: 10.1007/s13726-013-0200-0.
15. Palekar V.S., Rikhil V. Shah R.V., Shukla S.R. Ionic Liquid-Catalyzed Aminolysis of Polyethyleneterephthalate Waste Department of Fibres and Textile Processing Technology. *Journal of Applied Polymer Science*, 2012. DOI: 10.1002/app.36878
16. Toroptseva A.M., Belegorodskaya K.V., Bondorenko V.M. *Laboratornyy praktikum po khimii i tekhnologii vysokomolekulyarnykh soedineniy* [Laboratory practice of chemistry and technology and multimolecular connections]. Leningrad, Khimiya Publ., 1972. 119.