

March 2019

The study of the alcoholysis regularities of secondary polyethylenethertalate with the mixture of polyhydric

Khudayberdiev Akhmadali

Tashkent Chemical-Technological Institute, Uzbekistan, axmadali.xudoyberdiyev.93@mail.ru

Sayidov Boysayid

Tashkent Chemical-Technological Institute, Uzbekistan, boysayid93@mail.ru

Juraev Asror

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

Alimukhamedov Muzaffar

Tashkent Chemical-Technological Institute, Uzbekistan, MGA1953@mail.ru

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/cce>

Recommended Citation

Akhmadali, Khudayberdiev; Boysayid, Sayidov; Asror, Juraev; and Muzaffar, Alimukhamedov (2019) "The study of the alcoholysis regularities of secondary polyethylenethertalate with the mixture of polyhydric," *Chemistry and Chemical Engineering*: Vol. 2019 , Article 6.

Available at: <https://uzjournals.edu.uz/cce/vol2019/iss1/6>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Chemistry and Chemical Engineering by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact brownman91@mail.ru.

THE STUDY OF THE ALCOHOLYSIS REGULARITIES OF SECONDARY POLYETHYLENETHERTALATE WITH THE MIXTURE OF POLYHYDRIC

Akhmadali KHUDAYBERDIEV (axmadali.xudoyberdiyev.93@mail.ru), Boysayid SAYIDOV (boysayid93@mail.ru), Asror JURAEV (asror_tcti@mail.ru), Muzaffar ALIMUXAMEDOV (MGA1953@mail.ru), Farkhod MAGRUPOV (farhad1944@mail.ru) Tashkent Chemical-Technological Institute, Uzbekistan

In this article the alcoholysis process conditions of secondary polyethylene terephthalate with the mixture of polyhydric alcohols have been investigated. This study has found that the aggregative state of the products of alcoholysis of secondary polyethylene terephthalate with glycerol is solid, and does not meet the requirements of the technological indicator of polyurethane foam. The structure of the resulting hydroxyl-containing polyether polyols was studied by IR spectroscopy. The influence of the physicochemical properties of alcoholysis products on the molar ratio of SPET with glycerine and the duration of the reaction has been shown. The structure and technological properties of the products obtained have been determined. There have been achieved to obtain adjusting the viscosity and flowing hydroxyl-containing polyether polyols on the basis of polyhydric alcohols through alcoholysis.

Keywords: secondary polyethylene terephthalate, glycerin, diethyleneglycol, alcoholysis, physicochemical properties, structure.

ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ АЛКОГОЛИЗА ВТОРИЧНОГО ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕТАЛАТА СМЕСЬЮ МНОГОАТОМНЫХ СПИРТОВ

Ахмадали Итолмасович ХУДАЙБЕРДИЕВ (axmadali.xudoyberdiyev.93@mail.ru), Бойсайид Усмонович САЙИДОВ (boysayid93@mail.ru), Асрор Бахтиёрович ЖУРАЕВ (asror_tcti@mail.ru), Музаффар Ганиевич АЛИМУХАМЕДОВ (MGA1953@mail.ru), Фархад Асадуллаевич МАГРУПОВ (farhad1944@mail.ru) Ташкентский химико-технологический институт, Узбекистан

В работе исследованы условия проведения алкоголиза вторичного полиэтилентерепталата смесью многоатомных спиртов. Выявлено, что получаемый продукт алкоголиза при комнатной температуре имеет твердое агрегатное состояние и поэтому не отвечает требованиям производства пенополиуретанов по традиционной технологии. Структура полученных гидроксилсодержащих полиэфир полиолов исследована методом ИК-спектроскопии. Показано влияние молярного соотношения ВПЭТ:глицерин и продолжительностьстиалкоголиза на физико-химические свойства получаемых гидроксилсодержащих сложных полиэфиров. Выявлено, что совместное использование трех- и двухатомных спиртов позволяет получить полиэфирполиолы имеющие жидкое, текучее агрегатное состояние. Показано влияние продолжительности реакции и количества и состава смеси многоатомных спиртов на структуру и физико-химических свойств продуктов алкоголиза. Определены оптимальные условия алкоголиза втоичного ПЭТФ со смесью многоатомных спиртов и синтезированы полиэфирполиолы с регулируемой вязкостью и концентрацией функциональных групп.

Ключевые слова: вторичный полиэтилентерепталат, глицерин, диэтиленгликоль, алкоголиз, физико-химические свойства, строение.

IKKILAMCHI POLIETILENTEREFTALATNI KO'P ATOMLI SPIRTLAR ARALASHMASI BILAN ALKOGOLIZLASH QONUNIYATLARINI O'RGANISH

Axmadali Itolmas o'g'li XUDAYBERDIEV (axmadali.xudoyberdiyev.93@mail.ru), Boysayid Usmonovich SAYIDOV (boysayid93@mail.ru), Asror Baxtiyor o'g'li JURAEV (asror_tcti@mail.ru), Muzaffar Ganiyevich ALIMUXAMEDOV (MGA1953@mail.ru), Farkhod Asadullayevich MAGRUPOV (farhad1944@mail.ru) Toshkent kimyo-texnologiya instituti, O'zbekiston

Ushbu maqolada ikkilamchi polietilentereftalatni ko'p atomli spirtlar aralashmalari bilan alkogoliz sharoitlari tadqiq qilindi. Ko'rsatildiki, ikkilamchi polietilentereftalatni glitserin bilan alkogolizlash mahsulotining agregat holati qattiq bo'lib ko'pik poliuretanlar olish texnologiyasi talablariga javob bermaydi. Hosil bo'lgan gidroksil saqlovchi poliefirpoliolning tuzilishi IQ-spektroskopik usuli bilan aniqlandi. Alkogoliz mahsulotining fizik-kimyoviy xossalari IPET bilan glitserinning molyar nisbati va reaksiya davomiyligiga bog'liqligi ko'rsatildi. Hosil bo'lgan mahsulotlarni tuzilishi va texnologik xossalari aniqlandi. Reaksiya davomiyligi va destruktiviyalovchi birikmalar miqdorining alkogoliz mahsulotlari tuzilishi va fizik-kimyoviy xossalari ta'siri ko'rsatildi. Ko'p atomli spirtlar aralashmasi asosida alkogolizlash orqali qovushqoqligi rostlangan, oqarvchan gidroksil saqlovchi murakkab poliefirpoliollar olishga erishildi. (100 ta so'zdan ko'p bo'lishi shart, adabiyotlarning rasmiylashtirilishi ham o'zgaragan).

Kalit so'zlar: ikkinchi darajali polietilen tftalat, glitserin, dietilen glikol, alkogoliz, fizik-kimyoviy xossalari, tuzilishi.

Kirish

Hozirgi kunda dunyoda polietilentereftalat (PET) ishlab chiqarilishi va qayta ishlanishi jadal ravishda o'sib bormoqda. 2015 yilga kelib dunyoda PET ishlab chiqarilishi 70 mln.tonnaga (49,3 mln.tonna ip va tola, 20,6 mln. tonna butilka). Statistics MRC ma'lumotlariga ko'ra 2015 yilda PET bozori 36,13 mlrd. AQSH dollarga baholangan bo'lsa 2022 yilga kelib 65,4 mlrd AQSH dollariga baholanishi ko'zda tutilyapti, ya'ni o'usish sur'ati yiliga 8-9% ni tashkil kiladi [1,2]. Bu esa kelgusida shuncha miqdorda polietilentereftalat chiqindilarini hosil bo'lishiga olib keladi.

Polietilentereftalat termoplast polimer bo'lgani uchun undan destruksion reaksiyalar yordamida turli sohalar uchun kerakli bo'lgan xomashyo materiallarini olish imkoniyati mavjuddir. Masalan Gintaras Makijauskas va

boshqa olimlar ikkilamchi polietilentereftalatning alkogoliz mahsulotlarini epoksi va KPU kompozitsiyalarini olishda boshlang'ich modda sifatida ishlatish mumkinligini ko'rsatishdi[3]. Bu ishda ikkilamchi polietilentereftalatlarni alkogoliz jarayonida destruktirlovchi agent sifatida propilenglikol, trietilenglikollarni qo'llashgan. Shu bilan birga IPET kimyoviy qayta ishlab, ularni turli kompozitsion materiallar olishda boshlang'ich modda sifatida qo'llash imkoniyatlarini tatbiq etish bo'yicha izlanishlar olib borilmoqda [4].

Bizning tadqiqotlarimiz ikkilamchi polietilentereftalatni (IPET) ko'p atomli spirtlar bilan poliefir hosil bo'lgunicha alkogoliz qilib ko'pik poliuretanlar olish talablariga javob beruvchi gidroksil saqlovchi murakkab poliefirlar (GSMP) sintez qilishga qaratilgan. Bunda ikki va undan ortiq (uch va to'rt) atomli spirtlar bilan alkogoliz qilish

CHEMISTRY AND TECHNOLOGY OF ORGANIC SUBSTANCES

ХИМИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ
ORGANIK MODDALAR TEXNOLOGIYASI VA KIMYO

1-Jadval

IPET: glitserin molyar nisbati va alkogolizlashning davomiyligini GSMPda gidroksil guruhlar massa ulushiga ta'siri

№	Sintez davomiyligi, min	IPET:Gl, mol el.zanjir/mol			
		1:1	1:2	1:3	1:4
		Gidroksil guruhlar massa ulushi, %			
1	30	17	29,7	32,2	36,56
2	60	16,9	24,3	32,02	36,21
3	120	16,8	23,7	31,6	36,73
4	180	16,7	23,6	31,5	36,4
5	240	16,7	23,6	30,09	36,2
6	300	16,1	23,6	30,08	36,1
7	360	16,0	23,5	27,9	36,12

2-Jadval

IPET: glitserin molyar nisbati va alkogolizlashning davomiyligini GSMP ning Ubellode bo'yicha tomchilanish haroratiga ta'siri

№	Sintez davomiyligi, min	IPET:Gl, mol el.zanjir/mol			
		1:1	1:2	1:3	1:4
		Ubellode bo'yicha tomchilanish harorati, °S			
1	30	75	60	50	50
2	60	70	59	46	48
3	120	69	59	46	48
4	180	69	57	46	47
5	240	65	54	46	47
6	300	66	54	45	47
7	360	65	53	44	45

3-Jadval

IPET: glitserin molyar nisbati va alkogolizlashning davomiyligini GSMPning

№	Sintez davomiyligi, min	IPET:Gl, el.zanjir/mol			
		1:1	1:2	1:3	1:4
		O'rtacha soniy molekulyar massa, %			
1	30	661	571	542	469
2	60	648	568	535	430
3	120	647	564	532	370
4	180	646	523	530	370
5	240	644	499	525	363
6	300	638	495	522	349
7	360	630	485	523	329

muhim ahamiyatga ega. Shularni e'tiborga olib, tadqiqotlarimizni ikkilamchi PET ko'p atomli spirt (glitserin) bilan alkogolizlab gidroksil saqlovchi oligomerlarini hosil bo'lish sharoitini va ularning fizik-kimyoviy xossalarini aniqlashga bag'ishlangan.

Tadqiqot obyekti va uslublari

Tadqiqotlar olib borishda quyidagi moddalardan foydalanildi: ikkilamchi polietilentereftalat – iste'molda bo'lgan polietilentereftalat idishlar tegirmonda maydalanilgani, glitserin (GOST 6824-96) asosiy modda miqdori – 99,3%, $n_D^{20} = 1,472$, dietilenglikol (GOST 10136-77) asosiy modda miqdori – 99,5%, $n_D^{20} = 1,445$.

GSMP quyidagi metodika bo'yicha sintez qilindi: inert gaz azot (N₂)beruvchi naycha, aralashtirgich, termometr, sovutgich bilan

jihozlangan 4 og'izli kolbaga ma'lum miqdorda IPET, glitserin solinadi, reaksiyon muxitdan azot o'tkazila boshlanadi va reaksiyon massa harorati 225±5°S ga ko'tariladi. Reaksiya 6 soat davomida olib borildi.

Hosil bo'lgan GSMPning fizik-kimyoviy xossalari quyidagi metodikalar bo'yicha aniqlandi: gidroksil guruhlarining massa ulushi – GOST 25261-82, Ubellode bo'yicha tomchilanish harorati – [5], o'rtacha soniy molekulyar massa – [6]. IPET ni IQ-spektrini “Perkielmer” markali spektrida, GSMPning IK spektrlari “Spekord-75UR” markali IK spektrometrdan yuqqa pardada olindi.

Olingan natijalar muhokamasi

Alkogoliz jarayonini to'liq o'rganish maqsadida biz tadqiqotlarni IPET va glitserinning molyar nisbatini GSMPning xossalariga ta'sirini tadqiq qildik.

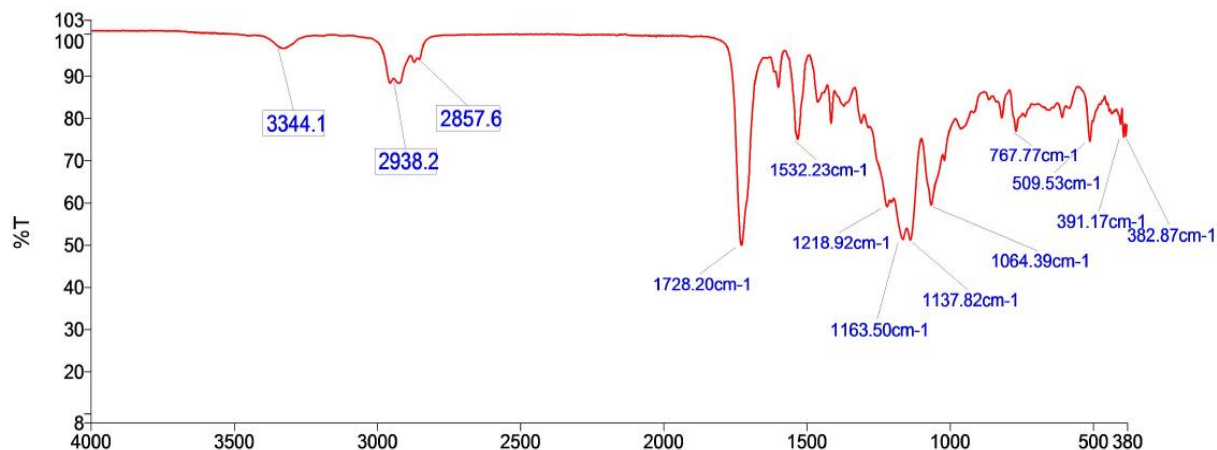
Olib borilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki (1,2,3-jadval), IPET:Gl=1:1 mol el.zveno/mol nisbatida alkogoliz davomiyligi 30 min. dan 360 min. gacha davom ettirilganda alkogoliz mahsulotlarining gidroksil guruxlar massa ulushi 17,39 dan 16,02 % , Ubellode bo'yicha tomchilanish harorati 75 °C dan 65 °C gacha va o'rtacha soniy molekulyar massasi 469 dan 329 gacha kamayganligi kuzatildi. IPET:Gl=1:2 mol el.zanjir/mol nisbatida alkogoliz mahsulotlarining gidroksil guruhlar massa ulushi 29,7 dan 23,5 % , Ubellode bo'yicha tomchilanish harorati 60 °C dan 53 °C gacha va o'rtacha soniy molekulyar massasi 571 dan 485 gacha kamayganligi kuzatildi.

IPET:Gl = 1:3 va 1:4 mol el.zanjir/mol nisbatlarida esa yuqorida qayd qilingan fizik-kimyoviy xossalarning shu tarzda o'zgarishi kuzatildi. Bunday o'zgarishlar quyi molekulyar massali ko'p atomli spirtlar bilan alkogolizlash IPETning molekulyar massasining kamayishi bilan borishidan dalolat beradi. Bundan farqli G.M.Seytlin va O.V. Studenetslar IPETni ko'p atomli spirtlar bilan alkogolizlash jarayonida polimerning molekulyar massasi va u bilan bog'liq ko'rsatkichlar (solishtirma qovushqoqlik, Ubellodi bo'yicha tomchilanish harorati) avval kamayib, so'ng ortishini kuzatdilar [7, 8].

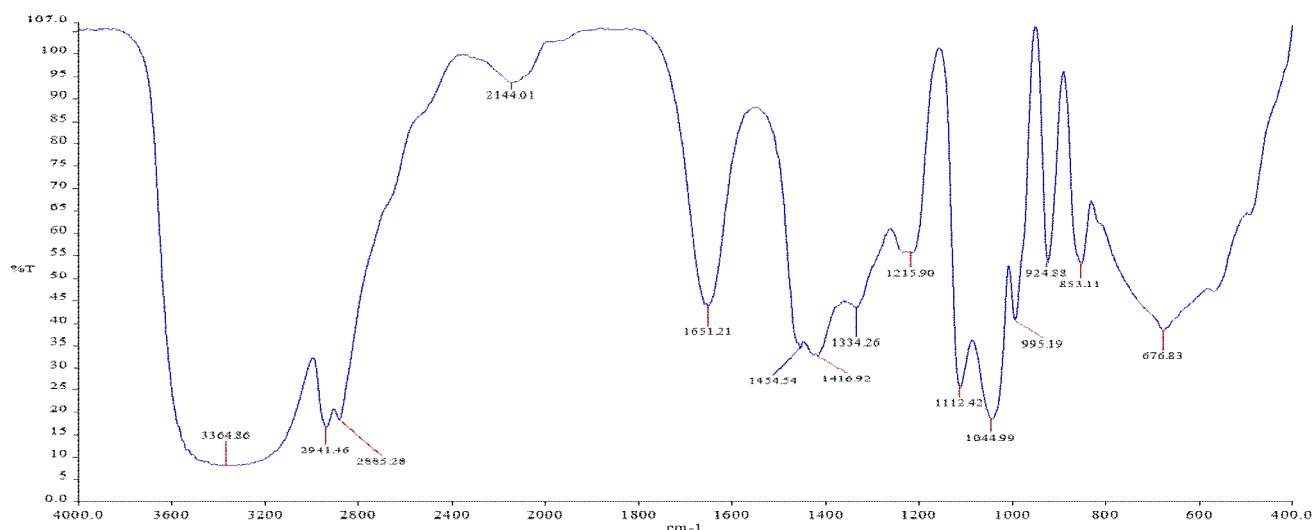
Shunday qilib, tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, ikkilamchi polietilentereftalatni glitserin ishtirokida alkogolizlash mahsuloti sifatida GSMP hosil bo'ladi. Alkogoliz mahsulotining fizik-kimyoviy xossalari IPET bilan glitserinning molyar nisbati va reaksiya davomiyligiga bog'liq.

Sintez qilingan GSMP tuzilishini IK-spektorskopiya usuli bilan o'rganildi (1,2,3-rasmlar).

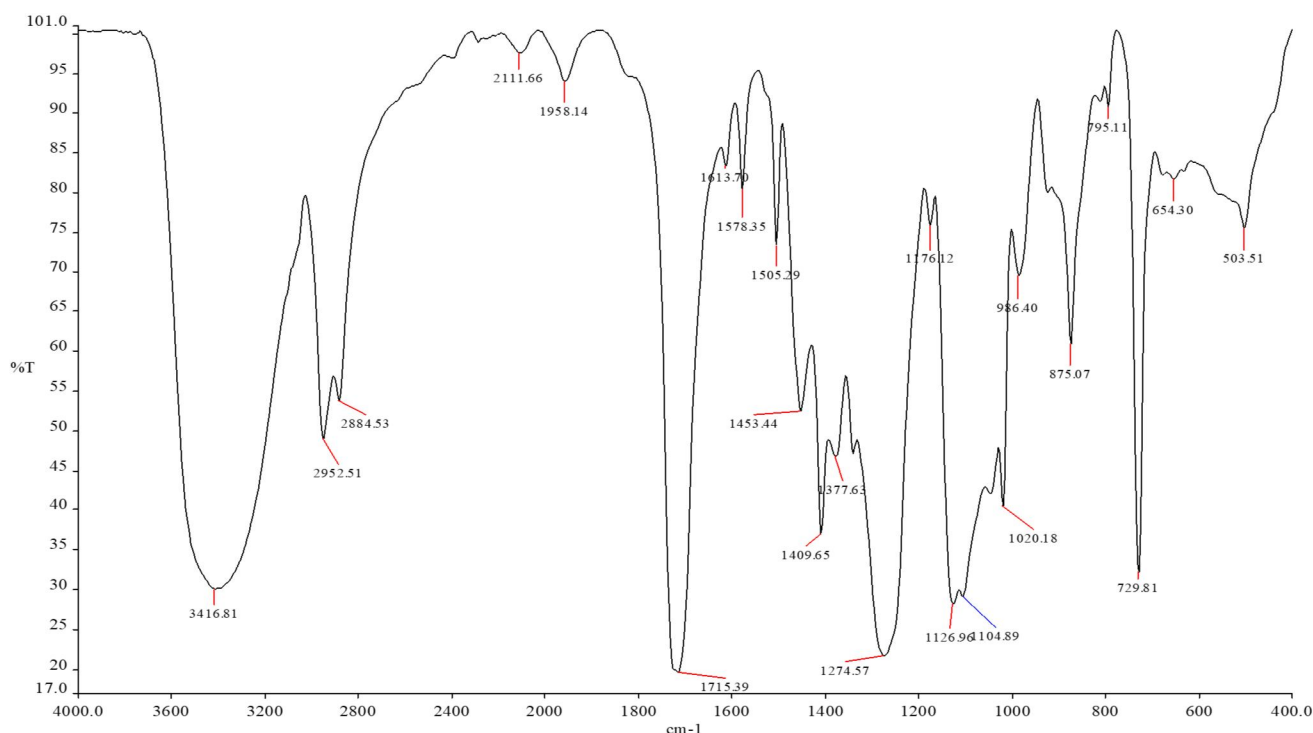
1-rasmdan ko'rinib turibdiki, IPET IQ-spektrida 3344 sm⁻¹ gidroksil guruhlariga, 2938, 2857 sm⁻¹ (–SN₂–) metilen guruhlariga, 1728 sm⁻¹ karbonil guruhlariga, 1600, 1532, 1480 sm⁻¹ larda aromatik xalqaga, 1137 sm⁻¹dagi yutilish chizig'i esa bu xalqada para holatdagi ikki o'rindosh mavjud



1-rasm. Ikkilamchi polietilentereftalatning IQ-spektri.



2-rasm. Glitserinning IQ-spektri.



3-rasm. Ikkilamchi polietilentereftalatni glitserin bilan alkogolizlab olingan mahsulotining IQ-spektri (IPET:Gl=1:2 mol el.zveno/mol).

IPET:GL:DEG ning turli nisbatlarida sintez qilingan alkogoliz mahsulotlarining fizik-kimyoviy xossalari

IPET:Gl:DEG molyar nisbati	Gidroksil guruhlarning massa ulushi, %	O'rtacha soniy molekulyar massa	Efir soni, mgKON/g	Qovushqoqlik, mPa×s	Eruvchanligi
1:1:0,5	18,08	831	366,4	33750	Atseton va spirtida yaxshi eriydi
1:1:1	18,75	350	307,86	3032	Atseton va spirtida yaxshi eriydi
1:1:1,5	19,42	320	302,5	1311	Atseton va spirtida yaxshi eriydi
1:1:2	21,2	210	284,08	1086	Atseton va spirtida yaxshi eriydi

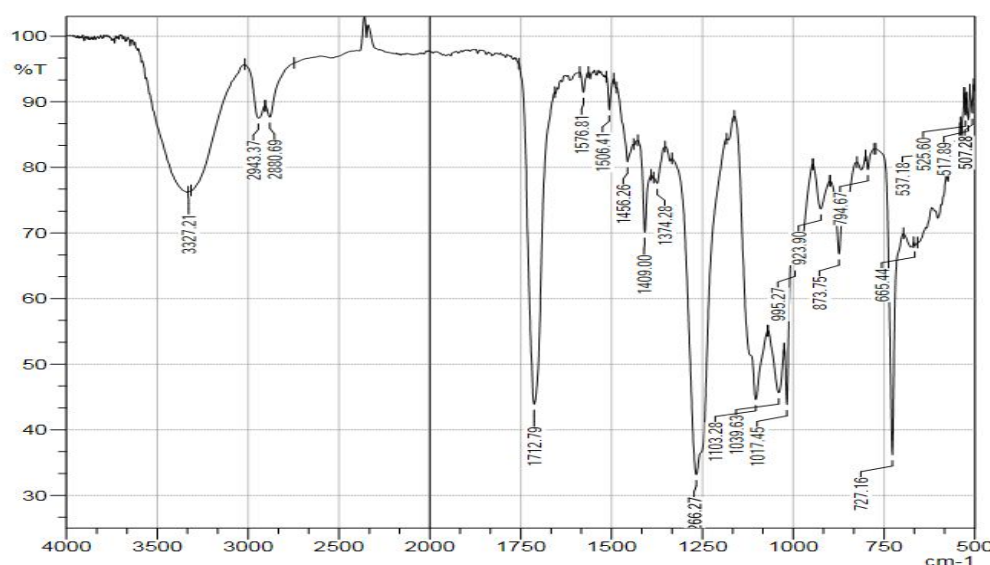
xalqaga 1450 cm^{-1} da metilen guruhlarga, 1218 , 1164 , 1080 cm^{-1} atsetat guruhlarga, $2857,767,500 \text{ cm}^{-1}$ kristall fazadagi metilen guruhlarga, 2938 , 400 cm^{-1} amorf fazalardagi metilen guruhlarga xos yutilish chiziqlarini ko'rish mumkin. Bu shundan dalolat beradiki, IPET kristall – amorf fazalardan tashkil topgan. PETFga xos yutilish chiziqlaridan boshqa begona yutilish chiziqlari yo'q. Demak, qo'llanilgan IPETda destruktiv jarayonlar deyarli ketmagan. Glitserinning IK- spektrida (2- rasm) 3364 cm^{-1} da vodorod bog'lari bilan bog'langan gidroksil guruhlarga, 2941 , 1454 , 1215 cm^{-1} da metilen, 2885 , 1344 cm^{-1} da metin guruhlarga, 925 cm^{-1} da kislorod bilan bog'langan uglerodga, 853 cm^{-1} da glitserin tarkibidagi uglerod atomlarining skilet tebranishiga xos yutilish chiziqlari mavjud. 1044 va 1112 cm^{-1} to'lqin uzunliklaridagi yutilish chiziqlari esa glitserin tarkibidagi birlamchi va ikkilamchi gidroksil guruhlarga xosdir [9].

IPETni glitserin bilan alkogolizlash mahsulotining IK – spektrlarida esa (3-rasm) 3416 , $1104,1020 \text{ cm}^{-1}$ da mos ravishda assotsialangan, birlamchi va ikkilamchi gidroksil guruhlarga, 2952 cm^{-1} da metilen, 2884 cm^{-1} metin guruhlarga, 1715 cm^{-1} da karbonil guruhiga, 1616 , 1578 , 1505 cm^{-1} da aromatik xalqaga, 1453 cm^{-1} gosh- SN_2 guruhiga, 1378 cm^{-1} da metin guruhiga, 1274 cm^{-1} da murakkab efirlarga, 1127 , 875 cm^{-1} da 1,4-holatda o'rindoshli aromatik xalqaga, 986 cm^{-1} da trans holatdagi metilen guruhlarga 730 cm^{-1} metilen guruhlardan tashkil topgan zanjirga, 654 , 504 cm^{-1} da esa mos ravishda kristall va amorf fazalardagi

metilen guruhiga xos yutilishlar mavjud. Demak–ki, alkogoliz mahsulotining strukturasi gidroksil, metin guruhlarning mavjud, u amorf va kristall fazalardan tashkil topgan va tarkibida glitserin qoldiqlarini saqlaydi. 1,2,3- rasmlarda keltirilgan IPET, glitserin va GSMP ning IK- spektrlarini solishtirish natijasi ham shu taxminni tasdiqlaydi. GSMPning IK- spektrida ikkilamchi gidroksil guruhlarga xos yutilish chiziqlarining mavjudligi alkogoliz jarayoni o'rganilgan sharoitda reaksiyada asosan glitserinning birlamchi gidroksil guruhlari hisobiga ketadi deb taxmin kilishga asos bo'ladi.

Aytib o'tish kerakki, sintez qilingan GSMP qattiq agregat holatda bo'lib an'anaviy texnologiya bo'yicha KPPU olish imkoni yo'q. Shu sababli ularni dietilenglikol (DEG) va glitserin ishtirokida alkogolizlash hisobiga suyuq agregat holatidagi GSMP olish imkonini o'rganishga kirishdik. Bunda IPET:Gl:DEG = 1:1:0,5, 1:1:1, 1:1:1,5 va 1:1:2 mol el.zveno:mol:mol nisbatlarida alkogoliz jarayonini olib borildi. Sintez jarayoni yuqorida keltirilgan sharoitda olib borildi. Jarayon davomiyligi 3 soatdan o'tgandan so'ng reaksiyon massaning ko'rinishi bir muncha qovushiq- oquvchan holatda edi. Turli nisbatlarda sintez qilingan alkogoliz mahsulotlarining fizik-kimyoviy xossalari 4-jadvalda keltirilgan.

4-jadvaldan ko'rinib turibdiki alkogoliz mahsulotidagi DEG molyar miqdori 0,5 dan 2 molgacha oshishi bilan hosil bo'lgan GSMPning, efir soni 366,4 dan 284,08 mgKON/g, o'rtacha



4-rasm. IPET:GL:DEG=1:1:2 mol el.zanjir:mol:mol nisbatidagi olingan GSMP ning IQ-spektri.

soniy molekulyar massasi 831dan 210gacha va qovushqoqligi 33750 dan 1086 mPa×s kamayishini va mos ravishda olingan gidroksilsaklovchi oligomer tarkibida gidroksil guruhlarning massa ulushi 18,08 dan 21,2% gacha kamayganligini kuzatishimiz mumkin. Olingan natijalarga asoslanib shuni ta'kidlash mumkin, ya'ni alkogolizlash uchun olingan ko'p atomli spirtlar tarkibini o'zgartirib qovushqoqligi rostlangan xona haroratida qovushqoq – oquvchan holdagi oligomerlar olish mumkin.

Sintez qilingan GSMPning tuzilishini IQ-spektr yordamida o'rgandik (4-rasm). Rasmda misol tariqasida IPET:Gl:DEG = 1:1:2 mol el. Zveno:mol:mol nisbatida olingan GSMP ning IK-spektri keltirilgan. IPET va glitserin asosidagi GSMP IK-spektri bilan IPETni ko'p atomli spirtlar asosidagi alkogoliz mahsulotlarining IK-spektrlarini solishtirish shuni ko'rsatdiki, ko'p atomli spirtlar bilan alkogolizlash mahsulotining tarkibida qo'shimcha dietilenglikol qoldiqlariga xos bo'lgan oddiy efirlar guruhlariga xos (1039 cm^{-1}) yutilish chiziqlari paydo bo'ldi. $1000 - 2000\text{ cm}^{-1}$ oraliqdagi

yutilish chiziqlarining kengligi kichrayib, intensivligi ortgan, ya'ni spektr ko'rinishi quyi molekulyar massali birikmalariga xos tusni olgan. Shu bilan birga olingan GSMP tarkibida birlamchi va ikkilamchi gidroksil guruhlari mavjud.

Xulosa

Ikkilamchi polietilentereftalatni glitserin alkogolizlash jarayoni tadqiq qilindi. Alkogoliz mahsulotining fizik-kimyoviy xossalari IPET bilan glitserinning molyar nisbati va reaksiya davomiyligiga bog'liqligi ko'rsatildi. Hosil bo'lgan mahsulotlarni tuzilishi va texnologik xossalari aniqlandi. Ko'p atomli spirtlar aralashmasi asosida alkogolizlash orqali qovushqoqligi rostlangan, oquvchan gidroksil saqllovchi murakkab poliefirpoliollar olishga erishildi. Shunday qilib, ikkilamchi polietilentereftalatni ko'p atomli spirtlar aralashmasi bilan alkogolizlash natijasida qovushqoqligi rostlangan, oquvchan gidroksil saqllovchi murakkab poliefirpoliollar olishga erishildi va ularning tuzilishi va fizik-kimyoviy xossalari aniqlandi.

REFERENCES

1. Kernitskiy V.I., Mikitayev A.K. *Proizvodstvo i pererabotka polietilentereftalata* [Production and processing of polyethylene terephthalate]. Moscow, 2015. 282 p.
2. Angel B. Polyester Fibres. *The 23RD PCI Consulting Group European Polyester Industry Conference*, 3 October, Berlin. Available at: <https://www.plastics.ru/pdf/journal/2015/12/PET.pdf>. (01.02.2016)
3. Macijauskas G., Jankauskaite V. Epoxy Resin and Polyurethane Compositions from glucolized poly(ethylene terephthalate) wastes. *Polym.Mater. Sci.*, 2013, vol. 18, no. 3, pp. 283-290.
4. Juraev A.B., Nizamov T.A., Alimuxamedov M.T., Magrupov F.A. Vliyaniye tekhnologicheskikh parametrov i protsess destruktivnoy otkhodov polietilentereftalata [Influence of technological parameters and the process of destruction of polyethylene terephthalate waste]. *Ximicheskaya promyshlennost segodnya*, 2007, no. 11, pp. 25-30.
5. Makhsudov Y.I. *Polimerlarni sinashga oid praktikum* [The practice of testing polymers]. Tashkent, Teacher Publ., 1884. 196 p.
6. Kabanova V.A. *Praktikum po vysokomoleulyarnym soyedineniyam* [Workshop on high-molecular compounds]. Moscow, Khimiya Publ., 1985. 224 p.
7. Studenets' O.B., Mandzyuk I.A., Mushak O.H., Paraska H.B. Razrobka skladiv poliuretanovykh zasisnikh pokrytyv na osnovi ret-siklatyv PETF [Development of warehouses of polyurethane seeded coating on the basis of PETF recyclable]. *Visnik Xmelnitskogo natsionalnogo universitetu*, 2009, no. 4, pp. 199-204.
8. Studenets' O.B., Nezdorovin V.P. Pinopoliuretany na osnovi ret-siklatyv vidkhodiv v PETF [Polyurethane foams based on recycled waste in PETF]. *Visnik Xmelnitskogo natsionalnogo universitetu*. 2013, no. 4, pp. 135-138.
9. Nakanishi K. *Infrared absorption spectroscopy*. Tokyo, Nankodo Company, 1962. 220 p. (Russ.ed.: Mal'tseva A.A. *Infrakrasnyye spektry I stroyeniye organicheskikh soyedineniy*. Moscow, Mir. Publ., 1965. 210 p.