

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ  
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
DSc. 03/30.12.2019.Т.04.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ**

**АБДУВОХИДОВ ИҚБОЛЖОН ҚУРВОНАЛИ ЎҒЛИ**

**ИККИЛАМЧИ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТ АСОСИДА  
БИС-(2-ГИДРОКСИЭТИЛЕН)ТЕРЕФТАЛАТ СИНТЕЗИ ВА  
УНИНГ АСОСИДА БИРЛАМЧИ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТ  
ОЛИШ ШАРОИТЛАРИНИ ЎРГАНИШ**

**02.00.14 - Органик моддалар ва улар асосидаги материаллар технологияси**

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)  
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

**Тошкент - 2024**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори  
(PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси**

**Оглавление автореферата диссертации  
доктора философии (PhD) по техническим наукам**

**Contents of dissertation abstract of the doctor of  
Philosophy (PhD) on technical sciences**

<b>Абдувохидов Иқболжон Қурвонали ўғли</b> Иккиламчи полиэтилентерефталат асосида бис -(2-гидроксиэтилен)терефталат синтези ва унинг асосида бирламчи полиэтилентерефталат олиш шароитларини ўрганиш .....	3
<b>Абдувохидов Иқболжон Қурвонали ўғли</b> Синтез бис-(2-гидроксиэтилен)-терефталата на основе вторичного полиэтилентерефталата и условия получения первичного полиэтилентерефталата на его основе .....	23
<b>Абдувохидов Иқболжон Қурвонали ўғли</b> Synthesis of bis-(2-hydroxyethylene)-terephthalate based on secondary polyethylene terephthalate and conditions for obtaining primary polyethylene terephthalate based on it .....	43
<b>Эълон қилинганишлар рўйхати</b> Список опубликованных работ List of published of works.....	47

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ  
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
DSc. 03/30.12.2019.Т.04.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ**

**АБДУВОХИДОВ ИҚБОЛЖОН ҚУРВОНАЛИ ЎҒЛИ**

**ИККИЛАМЧИ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТ АСОСИДА  
БИС-(2-ГИДРОКСИЭТИЛЕН)ТЕРЕФТАЛАТ СИНТЕЗИ ВА  
УНИНГ АСОСИДА БИРЛАМЧИ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТ  
ОЛИШ ШАРОИТЛАРИНИ ЎРГАНИШ**

**02.00.14 - Органик моддалар ва улар асосидаги материаллар технологияси**

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)  
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

**Тошкент - 2024**

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси  
Ўзбекистон республикаси Олий таълим, фан ва инновациялар вазирлиги хузуридаги  
Олий аттестация комиссиясида В2024.2.PhD/T4549 рақам билан рўйхатдан ўтказилган

Диссертация Тошкент кимё-технология институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз тилида (резюме)) [www.tcti.uz](http://www.tcti.uz)  
манзили бўйича веб-саҳифада ва [www.ziyounet.uz](http://www.ziyounet.uz) манзили бўйича «ZiyoNET» ахборот-  
таълим порталида жойлаштирилган.

Илмий рахбар:

Адилов Равшан Иркинович  
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Қодиров Тўлқин Жумаевич  
техника фанлари доктори, профессор

Муҳиддинов Баҳодир Фахриддинович  
кимё фанлари доктори, профессор

Етакчи ташкилот:

Фарғона Политехника институти

Диссертация ҳимояси Тошкент кимё-технология институти хузуридаги илмий  
даражалар берувчи DSc.03/30.12.2019.T.04.01 рақамли Илмий Кенгашнинг «8»  
06 2024 йил соат «13» даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100011,  
Тошкент ш., Шайхонтохур тумани, А. Навоий кўчаси, 32-уй. Тел.: (998-71) 244-79-20,  
факс: (998-71) 244-79-17, e-mail: [info@tcti.uz](mailto:info@tcti.uz), [www.tcti.uz](http://www.tcti.uz)). Тошкент кимё-технология  
институти Маъмурий биноси, 2-қават, анжуманлар зали).

Диссертация билан Тошкент кимё-технология институти Ахборот-ресурс марказида  
танишиш мумкин. № 784-рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 100011, Тошкент ш.,  
Шайхонтохур тумани, А. Навоий кўч., 32-уй. Тел.: (998-71) 244-79-20).

Диссертация автореферати 2024 йил «6» 05 кун тарқатилди.  
(2024 йил «6» 05 даги № 434 рақамли реестр баённомаси).



*[Signature]*  
С.М. Туробжонов  
Илмий даражалар берувчи  
Илмий кенгаш раиси, т.ф.д., академик

*[Signature]*  
Х.И. Кодиров  
Илмий даражалар берувчи  
Илмий кенгаш котиби, т.ф.д., профессор

*[Signature]*  
Ғ.Р. Раҳмонбердиев  
Илмий даражалар берувчи Илмий кенгаш  
кошидаги илмий семенар раиси, к.ф.д., профессор

## **КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)**

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Ҳозирги кунда тўқимачилик маҳсулотларини ишлаб чиқариш жамиятнинг индустриал структурасининг асосий таркибий қисмига айланган. Бугунги кунда жаҳонда полиэтилентерефталат полимерини ишлаб чиқариш ҳажми 82,0 млн. тоннагача ортди. Полиэтилентерефталатнинг 27 %, тоннаси полимер қадоқлар - бутилкалар ишлаб чиқаришда, 65 % га яқини полиэфир тола олишда 8 % пленка ишлаб чиқаришда қўлланилади. Синтетик полиэфир толалар технологик хоссаларини тўқимачилик маҳсулотлари ишлаб чиқариш учун мослаш ва ростлаш орқали такомиллаштириш долзарб муаммодир. Шу билан бирга иккиламчи хомашё, хусусан, иккиламчи полиэтилентерефталатни қайта ишлаб бирламчи полиэтилентерефталат ишлаб чиқаришни амалиётга жорий этиш муҳим аҳамият касб этади.

Полиэтилентерефталат сақловчи маиший чиқиндиларни кимёвий қайта ишлаш билан халқ хўжалиги учун турли маҳсулотлар ишлаб чиқариш бўйича илмий изланишлар олиб борилмоқда. Бу борада иккиламчи полиэтилентерефталатни самарали қайта ишлаш, ионли суюқликлар билан алкоголизлаб бис-(2-гидроксиэтилен)терефталат олиш, этиленгликол билан турли нисбатларда ва ацетатлар, оксидлар, титан сақловчи бирикмалар, ионли суюқликлар иштирокида алкоголизга учратиб бис-(2-гидроксиэтилен)-терефталат олиш, саноатда мақсадли фойдаланиш мумкин бўлган материаллар ишлаб чиқариш технологияларини яратиш ва синовдан ўтказишга алоҳида эътибор берилмоқда.

Республикамызда маҳаллий хомашёлар ва иккиламчи маҳсулотлар асосида импорт ўрнини босувчи сифатли синтетик (полиэфир) тола ва ип ишлаб чиқаришни такомиллаштириш ва уларни турли агрессив муҳитларда ишлаш самарадорлигини синовдан ўтказиш бўйича илмий ва амалий натижаларга эришилган. Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегиясида «маҳаллий хом-ашё ва иккиламчи ресурслардан импорт ўрнини босувчи маҳсулотлар олиш технологияларини яратиш»<sup>1</sup> га қаратилган муҳим вазифалари белгиланган. Бу борада полиэтилентерефталатни қайта ишлаб иқтисодий жиҳатдан самарали ва экологик жиҳатдан хавфсиз бўлган сифатли синтетик (полиэфир) тола ва ип маҳсулотлари ишлаб чиқариш ҳамда мавжуд технологияларни доимий равишда такомиллаштириш муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60-сон «2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида»ги, 2020 йил 12 августдаги ПҚ-4805-сон «Кимё ва биология йўналишларида узлуксиз таълим сифатини ва илм фан натижадорлигини ошириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2020 йил 2-мартдаги ПФ-5953-сонли «Илм, маърифат ва рақамли иқтисодиётни ривожлантириш йилида амалга оширишга оид Давлат дастури тўғрисида»ги ва 2017 йил 29 августдаги ПҚ-3264-сон «Кимё саноати ташкилотларининг экспорт-импорт

---

<sup>1</sup> Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60-сон «2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида»ги фармони.

фаолиятини такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги фармонлари ва қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги.** Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг VII. «Кимёвий технологиялар ва нанотехнологиялар» устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Иккиламчи полиэтилентерефталатни кимёвий қайта ишлаш, уларда гидроксилсақловчи олигомерлар олиш бўйича Baliga S., Li M., Luo J., Huang Y., Li X., Yu T., Ge M., Yanrong Geng., Tao Dong., Pengtao Fang., Qing Zhou., Xingmei Lu., Suojiang Zhang., Давыдова О. В., Лакеев С. Н., Майданова И. О., Карчевский С. Г., Калимгулова А. М., Ахтямова Р. Р., Медяник Н. Л., Калугина Н. Л., Варламова И. А., Гиревая Х. Я., Бодьян Л. А., Duque-Ingunza I., López-Fonseca R., Gutiérrez-Ortiz J. I., Liu S., Lima G.R., Gabriella R. Lima, Qian Wang, Джалилов А.Т., Магруппов Ф.А., Рафиков А.С., Набиева И.А., Алимухамедов М.Г., Адилов Р.И., Жураев А.Б. ва бошқалар илмий-тадқиқот ишлари олиб боришган.

Улар томонидан иккиламчи полиэтилентерефталатни қайта ишлаш усуллари ишлаб чиқилган, дастлаб экструзия сўнгра фибрилизацияси йўли билан толалар олиш технологиялари жорий қилинган, этиленгликол билан турли нисбатларда ва турли каталитик системаларда алкоголизлаш шароитлари аниқланган, бис-(2-гидроксиэтилен)терефталат олиш тизимлари таклиф этилган.

Юқоридагиларга асосланиб ушбу диссертацияда иккиламчи полиэтилентерефталатни этиленгликол билан алкоголизлаш қонуниятларини чуқур тизимли, алкоголиз таъсир қилувчи омиллар ҳамда поликонденсация жараёни бошқариш ҳисобига тола ҳосил қилиш талабларига жавоб берадиган бирламчи полиэтилентерефталат синтез қилиш тадқиқотлар тизимли тадқиқ қилинмаган.

**Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Тошкент кимё-технология институти илмий-тадқиқот ишлари режасининг ПЗ-20170919142 «Полиэтилентерефталат маиший чиқиндилари асосида лок-буёқ материаллари, кўпиртирилган полиуретан композицияларини яратиш ва уларни амалиётга тадбиқи» (2019-2021 йй.) ва № 02/04 «Тўқимачилик саноати учун полиэфир толалари олиш ва улар асосида янги тузилишдаги тўқимачилик аралаш иплари ва газламалар ишлаб чиқариш янги технологияларини яратиш» (2020-2021 йй.) мавзуларидаги амалий лойиҳа ва ҳўжалик шартномаси доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** иккиламчи полиэтилентерефталатни алкоголиз жараёнини тизимли тадқиқ қилиш ва тола ҳосил қилувчи бирламчи полиэтилентерефталат олиш технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

иккиламчи полиэтилентерефталатнинг структураси ва хоссаларини ўрганиш;

иккиламчи полиэтилентерефталатни алкоголиз шароитларини тадқиқ қилиш;

алкоголиз махсулотининг структура ва хоссаларини ўрганиш;

алкоголиз махсулотларидан бирламчи тола ҳосил қилувчи полиэтилентерефталат синтез қилиш, структура ва хоссаларини тадқиқ қилиш;

иккиламчи полиэтилентерефталатдан тола ҳосил қилувчи полиэтилентерефталат ишлаб чиқариш технологиясини ишлаб чиқиш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида иккиламчи полиэтилентерефталат, этиленгликол, катализаторлар - рух ацетат, тетрабутоксититан, магний оксид, рух оксид, натрий карбонат, натрий гидрокарбонат, бис-(2-гидроксиэтилен) терефталат, бирламчи полиэтилентерефталат олинган.

**Тадқиқотнинг предмети** иккиламчи полиэтилентерефталат асосида бирламчи полиэтилентерефталат олиш шароитларини, унинг структураси, физик-кимёвий хусусиятларининг қонуниятлари ташкил этган.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Диссертация ишида олинган моддаларнинг тузилиши ва хоссаларини тадқиқ этишнинг замонавий усуллари, жумладан, физик-механик усуллар, ЯМР- ва ИҚ-спектроскопия, термогравиметрия ва дифференциал сканерловчи калориметрия ва бошқа усуллардан фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

иккиламчи полиэтилентерефталатнинг этиленгликол билан кимёвий деструкцияланиши аниқланиб, бис-(2-гидроксиэтилен)терефталат олишнинг оптимал шароитлари, мақбул нисбатлари ва чиқиш унумига таъсир қилувчи омиллари асосланган;

алкоголиз жараёнини ҳароратини ИПЭТ: ЭГ = 1:4 эл.занжир мол/мол нисбатида 190 дан 196 °С ортганда бис-(2-гидроксиэтилен) терефталатни чиқиш унуми 67,5 дан 83,5 % гача ошиши аниқланган;

синтез қилинган бис-(2-гидроксиэтилен)терефталат тузилиши ва хоссалари физик-кимё ва замонавий ИҚ- ва ПМР-спектрлари ёрдамида аниқланган ва натижада айнан ўзилиги аниқланган;

алкоголиз жараёнида тетрабутоксититан, натрий гидрокарбонат, рух ацетатига ўтган сайин кучли асосли катализатор (рух ацетати) фаоллигини исботланган;

олинган бис-(2-гидроксиэтилен)терефталат асосида тола ҳосил қилувчи полиэтилентерефталат олиш режимлари аниқланган;

полиэтилентерефталат поликонденсация жараёнини босқичли олиб бориш (40 дақиқа, 260 °С, 2 соат, 280 °С) намунани ўртача молекуляр массаси (23500 г/мол) саноат аналог кўрсаткичидан қолишмаслиги аниқланган;

тола ҳосил қилувчи бирламчи полиэтилентерефталат олиш технологияси ишлаб чиқилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

иккиламчи полиэтилентерефталат каталитик ўзгаришлари орқали бис-(2-гидроксиэтилен)терефталат олишнинг мақбул шароит аниқланган;

алкоголиз маҳсулотлари асосида полиэтилентерефталат олиш технологияси ишлаб чиқилган;

иккиламчи полиэтилентерефталат алкоголиз маҳсулоти - бис-(2-гидроксиэтилен)терефталат асосида тола олишнинг мақбул шароит аниқланган;

бис-(2-гидроксиэтилен)терефталат асосида полиэстер тола ишлаб чиқариш технологияси яратилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги** синтез қилинган бирикмалар структураси ва хоссаларини термогравиметрик, дифференциал термик (LABSYS EVO STA дериватограф), ЯМР- ва ИҚ-спектроскопия (IRTracer-100) каби физик-кимёвий таҳлилнинг замонавий усуллари қўллаш натижалари билан аниқланади, олинган натижаларни қиёсий таҳлил асосида маҳаллий ишлаб чиқариш амалиётига мослиги билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти шундан иборатки, иккиламчи полиэтилен-терефталатни этиленгликол билан алкоголизлаб, бис-(2-гидроксиэтилен)-терефталат ҳосил бўлиш механизмлари исботланганлиги, алкоголиз маҳсулотлари асосида полиэтилентерефталат олиш қонуниятларининг асосланганлиги, полиэтилентерефталат толаси ишлаб чиқаришнинг илмий асосланган усули аниқланганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти рух ацетат катализатори иштирокида иккиламчи полиэтилентерефталатнинг этиленгликол билан алкоголиз маҳсулоти асосида, поликонденсация жараёни бошқариш орқали талабларига мос бирламчи полиэтилентерефталат толасини ишлаб чиқаришда қўллашга ҳизмат қилади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Иккиламчи полиэтилентерефталат асосида бирламчи полиэтилентерефталат олиш технологиясини ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

рух ацетат катализатори иштирокида бирламчи полиэтилентерефталатни алкоголизлаш технологияси «DEGREZ TEKS LTD» ҚҚнинг «2023-2025 йиллардаги амалиётга жорий этиш бўйича истиқболли ишланмалар рўйхати»га киритилган (Ўзбекистон Республикаси «O'ZTO'QIMACHILIKSANOAT» уюшмасининг 2023 йил 19 майдаги 03/25-1098-сон маълумотномаси). Натижада, бис-(2-гидроксиэтилен)терефталат бирламчи полиэтилентерефталат полиэстер тола тизимида импорт ўрнини босувчи тола ишлаб чиқариш имконини беради;

иккиламчи полиэтилентерефталатнинг алкоголиз маҳсулоти асосидаги полиэфир тола олиш технологияси «DEGREZ TEKS LTD» ҚҚнинг «2023-2025 йиллардаги амалиётга жорий этиш бўйича истиқболли ишланмалар рўйхати»га киритилган (Ўзбекистон Республикаси «O'ZTO'QIMACHILIKSANOAT» уюшмасининг 2023 йил 19 майдаги 03/25-1098-сон маълумотномаси). Натижада, импорт қилинувчи «Pet polyester Bhilosa» (Хиндистон) толасини юқори сифатли маҳаллий полиэфир тола билан алмаштириш имконини берган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Мазкур тадқиқот натижалари маъруза кўринишида 2 та халқаро ва 6 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Диссертация мавзуси бўйича жами 12 та илмий иш чоп этилган, шулардан, Ўзбекистон Республикаси Олий Аттестация Комиссиясининг докторлик (PhD) диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 4 та мақола, шундан, 2 та Республика ва 2 та мақола хорижий журналларда нашр этилган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, адабиётлар шарҳи, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 94 бетни ташкил этади.

### **ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ**

**Кириш** қисмида мавзунинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари, объект ва предмети, ўрганилганлик даражаси, тадқиқотнинг усуллари тавсифланган, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикаси фан ва технологиялар ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий этиш, ўтказилган тадқиқотларнинг ишончлилиги, апробацияси ва натижаларнинг нашр қилиниши, диссертациянинг ҳажми, тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

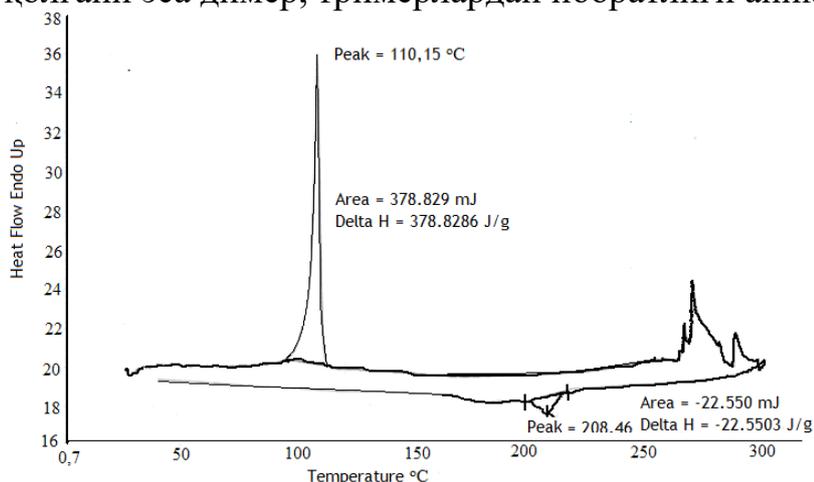
Диссертациянинг «**Иккиламчи полиэтилентерефталатларни қайта ишлаш ва ундан фойдаланиш истиқболлари**» деб номланган **биринчи** бобида мавзу бўйича олиб борилган тадқиқот натижалари, хорижий ва маҳаллий адабиётлар таҳлили батафсил ёритилган. Сўнги йилларда иккиламчи полиэтилентерефталатни этиленгликол билан алкоголиз жараёни, таъсир қилувчи омиллар, бис-(2-гидроксиэтилен)терефталат чиқиш маҳсулотига катализаторлар табиати таъсири таҳлили келтирилган. Маълумотлар умумлаштирилган ва илмий-таҳлилий хулосалар чиқарилган ҳамда илмий адабиётлардаги маълумотлардан келиб чиққан ҳолда диссертация ишининг мақсади, вазифалари, долзарблиги ва муҳимлиги шарҳлари тақдим этилган.

Диссертациянинг «**Иккиламчи полиэтилентерефталатдан тола хосил қилувчи полиэтилентерефталат синтез қилиш тадқиқот объекти ва жараёни тадқиқ қилиш усуллари**» деб номланган **иккинчи** бобида тадқиқотларни олиб бориш бўйича дастлаб хом-ашёлар ва катализаторлар танлаш, уларнинг асосий физик-кимёвий хоссаларини тадқиқ қилиш усуллари келтирилган. Иккиламчи полиэтилентерефталатни этиленгликол билан алкоголиз жараёнини олиб бориш усуллари ва улар асосида полиэтилентерефталат ишлаб чиқариш усуллари баён қилинган ҳамда лаборатория тажрибалари келтирилган. Алкоголиз маҳсулотлари тузилиши ўзгаришларини ДСК, ИК-спектроскопик усуллари баёни келтирилган.

Диссертациянинг «**Иккиламчи полиэтилентерефталатдан бис-(2-гидроксиэтилен)терефталат олиш шароитларини оптималлаштириш**» деб номланган **учинчи** бобида иккиламчи полиэтилентерефталат структураси, хоссалари, ДСК ва ИК спектр анализлари аниқланган ва натижада иккиламчи

полиэтилентерефталатнинг суюқланиш ҳарорати 232-239 °С эканлигини аниқланган.

Дастлаб тадқиқотларни стандарт усулда ИПЭТ:ЭГ = 1:4 эл. занжир/мол нисбатда рух ацетати катализатори иштирокида ўрганилиб, таркиби ўрганилди. Таркибини ўрганиш учун ювиш усулда келтирилган бўйича 4 та фракцияга бўлиниб, 2-3 фракциялари физик-кимёвий таҳлил натижаларига кўра ўртача молекуляр массаси 262 ва суюқланиш ҳарорати 109-110 °С (1-расм) кўрсатгани, айнан бис-(2- гидроксиэтилен)терефталат эканлиги ва чиқиш унуми 64,35 %, қолгани эса димер, тримерлардан иборатлиги аниқланди.



**1-расм. Иккиламчи поли-этилентерефталат асосида бис-(2-гидроксиэтилен)-терефталатни ДСК натижалари**

Тадқиқотлар натижасида шу маълум бўлдики, иккиламчи полиэтилентерефталатни этиленгликол билан алкоголиз қилинганда бис-(2- гидроксиэтилен)-терефталатнинг чиқиш унуми 64,35% ни ташкил этган бўлса, тадқиқот давомида бис-(2-гидроксиэтилен)терефталат чиқиш унумига алкоголиз жараёни ва катализатор миқдорини таъсирини ўрганилган.

**1-жадвал**

**Синтез шароитларининг бис-(2-гидроксиэтилен)терефталат унуми ва хоссаларига таъсири**

Алкоголиз давомийлиги, соат	Катализатор миқдори, % Рух ацетат	Физик-кимёвий хоссалари						Куб қолдик %	БГТФ унуми %
		Ўртача молекуляр масса			Суюқланиш ҳарорати, °С				
		1-ая фракция	2-ая фракция	3-ая фракция	1-ая фракция	2-ая фракция	3-ая фракция		
8	0,5	580	280	225	164	112	110	7,26	64,4
10	0,5	893	261	232	164	112	109	5,48	67,5
10	0,7	730	250	236	164	111	110	5,91	67,5
10	1,0	780	253	228	169	109.5	108	5,93	67,5
Тетрабутоксититан									
8	0,5	731	240	-	166	110	-	4,48	67,6
10	0,5	745	245	-	165	112	-	4,71	70,0
10	0,5	725	261	-	168-170	108-110	-	4,61	70,1

Бунда алкоголизнинг давомийлигининг 10 соатгача ва рух ацетат катализатори концентрациясининг 1% гача оширилиши, бис-(2-гидрокси-

этилен)-терефтлат чиқиш унумининг 67,5% гача ошишига олиб келди. Бис-(2-гидроксиэтилен)терефтлат чиқиш унумини оширишнинг яна бир усули бу катализаторни ўзгартиришдир. Шу мақсадда, алкоголизлаш жараёнини рух ацетат катализатори ўрнига 0,5% тетрабутоксититан иштирокида ўтказиш шуни кўрсатдики, алкоголиз давомийлиги 8 соат, катализатори концентрацияси 0,5% бўлганда бис-(2-гидроксиэтилен)-терефтлатнинг чиқиш унуми 67,6% деярли ўзгармаган бўлса, жараён давомийлигини 10 соатга ортганда бис-(2-гидроксиэтилен)-терефтлат унуми 70,1 га оширишга олиб келади (катализатор миқдори 0,5% бўлганда ҳам). Шу билан бирга ушбу системада 3 фракция деярли чиқмаганлиги маълум бўлди, бу эса хосил бўлган сегмент фракцияси тақсимоти кичиклигидан далолат беради (1-жадвал).

Шундан сўнг бис-(2-гидроксиэтилен)-терефтлатнинг чиқиш унумини янада чуқурак ўрганиш мақсадида алкоголиз жараёнида давомийлигини 10 соат белгилаб ИПЭТ:ЭГ нисбатини 1:4 дан 1:12 эл.занжир моль/мол гача оширилди. Бунда бис-(2-гидроксиэтилен)-терефтлатнинг чиқиш унумини 64,4 дан 80,1 % гача ошганлигини кўриш мумкин (2-жадвал).

### 2-жадвал

#### ИПЭТ :ЭГ нисбати 1:4-12 эл. занжир моль/мол бўлганда бис-(2-гидроксиэтилен)-терефтлатнинг чиқиш унуми

№	Моль нисбати	Вақт, соат	Катализатор миқдори, % (рух ацетати)	Ҳарорат, °С	Унум, %
1	1:5	10	0,5	190	64,7
2	1:8	10	0,5	190	74,5
3	1:10	10	0,5	190	77,9
4	1:12	10	0,5	190	80,1

Бундан кўришиб турибдики, алкоголиз учун олинган этиленгликол миқдори ортиши алкоголиз жараёни чуқур кетишидан далолат берди.

Катализатор сифатида тетрабутоксититан олинганда, алкоголиз жараёни 10 соат, ИПЭТ:ЭГ нисбати 1:4 дан 1:12 эл.занжир мол/ молгача оширилганда бис-(2-гидроксиэтилен) терефтлатнинг чиқиш унумини 61,7 % дан 70,1 % гача ошганлигини кўриш мумкин (3-жадвал).

### 3-жадвал

#### ИПЭТ :ЭГ моль нисбати 1:4 дан 1:4-12 молгача оширилганда бис-(2-гидроксиэтилен) терефтлатнинг чиқиш унуми

№	моль нисбати	вақт, соат	Катализатор миқдори, % (тетрабутоксититан)	Ҳарорат, °С	Унум, %
1	1:5	10	0,5	190	65,64
2	1:8	10	0,5	190	67,6
3	1:10	10	0,5	190	70,0
4	1:12	10	0,5	190	70,1

Рух оксиди ўрнига тетрабутоксититанга алмаштирилганда бир хил система учун бис-(2-гидроксиэтилен)терефтлатни унуми этиленгликол миқдори ортиши билан деярли ортмаганини кўришимиз мумкин, бу эса бизнингча

тетрабутоксититанасосли жараёнда катализаторнинг бир хил нисбатида жараён давомийлиги ортиши билан ҳосил бўлган кичик сегментлар яна қайта ўзаро киришиб поликонденсацияга учраши ва қўшимча тример, тетрамерлар ҳосил бўлишини кўрсатди.

Бунга аниқлик киритиш учун икки хил вақт давомилигида бис-(2-гидроксиэтилен)терефталатни чиқиш унумини солиштирдик (4-жадвал) ва натижада ИПЭТ:ЭГ=1:4 эл занжир мол/мол, катализатор 1 %, бўлганда жараён давомийлиги 8 соатдан 10 соатгача ортганда рух ацетати катализатори ҳолатида бис-(2-гидроксиэтилен)терефталатнинг чиқиш унуми деярли ўзгармади, тетрабутоксититанда эса мос раишда 67,6 % дан 61,73 % гача камайишини кўриш мумкин. Ушбу шароитда эса биз таклиф қилаётган фарзани яна бир тасдиғини англашимиз мумкин.

#### 4- жадвал

#### ИПЭТ : ЭГ моль нисбати 1:4, ИПЭТ :ТБТ моль нисбати 100: 0,5) бис-(2-гидроксиэтилен) терефталатнинг чиқиш унуми

№	Моль нисбати	Вақт, соат	Катализатор миқдори, %	Ҳарорат, °С	Унум, %
Рух ацетати					
1	1:4	8	1	190	67,5
2		10	1	190	67,56
Тетрабутоксититан					
3	1:4	8	1	190	67,63
4		10	1	190	61.73

Тадқиқотлар натижаси шуни кўрсатадики, шу система учун иккиламчи полиэтилентерефталатдан 190 °С 1 атм, 8-10 соатда чиқиш унуми юқори бис-(2-гидроксиэтилен)терефталат олиш мумкинлиги аниқланди.

Адабиётлардан маълумки, алкоғолиз жараёнига реакция ҳарорати ва давомийлиги ҳам сезиларли таъсир кўрсатади. Шуларга аниқлик киритиш ҳамда бис-(2-гидроксиэтилен)терефталатнинг чиқиш унумини кўпайтириш мақсадида кейинги тадқиқотларимизни ҳарорат кўрсаткичини оптималлаштиришга қаратдик.

#### 5- жадвал

#### Бис-(2-гидроксиэтилен) терефталат чиқиш унумига ҳароратнинг таъсири (катализатор рух ацетат)

№	моль нисбати	вақт, соат	Катализатор миқдори, % (рух ацетати)	Ҳарорат, °С	Унум, %
1	1:4	4	1	196	83,1
2	1:5	4	1	196	77.5
3	1:10	4	1	196	80,3

Тадқиқотларда ИПЭТ:ЭГ 1:4, 1:5 ва 1:10 эл.занжир мол/мол нисбатларни танлаб олдик. Давомийликни эса юқорида паст ҳароратда 8-12 соатгача ўрганилганда пастки кўрсаткичи 4 соат давомийлигини танлаб олганмиз. Бунда алкоғолиз жараёни 4 соат, ҳароратни 190° дан 196° га ўзгартириб, катализатор

сифатида рух ацетатини қўллаганимизда, бис-(2-гидроксиэтилен) терефталатнинг чиқиш унуми 83,1 дан 80,3 % га камайганини кузатиш мумкин (5-жадвал), тетрабутоксититан ҳолатида эса (6-жадвал) 78,7 дан сал 79,2% гача ошганлигини кўриш мумкин.

**6- жадвал**

**Бис-(2-гидроксиэтилен) терефталат чиқиш унумига этиленгликол моль нисбатининг таъсири (катализатор тетрабутоксититан)**

№	моль нисбати	вақт, соат	Катализатор миқдори, % (тетрабутоксититан)	Ҳарорат, °С	Унум, %
1	1:4	4	1	196	78,7
2	1:5	4	1	196	75,1
3	1:10	4	1	196	79,2

Жадвалда қисқа вақт ичида 196°С ҳароратда чиқиш унуми юқори (83%) бис-(2-гидроксиэтилен)-терефталатни олиш мумкинлиги аниқланган. Бу эса синтез режимини ростлаб, керакли алкоголиз маҳсулоти олиш имкониятини келтиради.

Ҳудди шу шароит (ҳарорат 196 °С) да катализатор турини тетрабутоксититан дан рух ацетатга ўзгартирилганда эса бис-(2-гидроксиэтилен) терефталатнинг чиқиш унуми 83 % гача ошганлигини кўриш мумкин. Тадқиқотлар шуни кўрсатдики 196 °С кам вақт давомида чиқиш унуми юқори бўлган бис-(2-гидроксиэтилен) терефталат олиш мумкинлигини кўрсатиб бердик.

Алкоголиз маҳсулотининг физик-кимёвий хоссалари ИПЭТ:ЭГ 1:5-12 нисбатларида тадқиқотлар натижаларидан кўриниб турибдики, алкоголиз жараёнига ҳарорат ва вақт доимийлиги сезиларли таъсир кўрсатади. Жараён 190 °С да олиб борилганда бис-(2- гидроксиэтилен)терефталатнинг унуми энг юқори 67,5 % (катализатор рух ацетатида) ва 71,7 % (катализатор тетрабутоксититанда), 196 °С да олиб борилганда бис-(2-гидроксиэтилен) терефталатнинг унуми энг юқори 83,5% (катализатор рух ацетатида) ва 79,2 % (катализатор тетрабутоксититанда) бўлиши аниқланди.

Шуни таъкидлаш лозимки, алкоголиз маҳсулоти чиқиш унумига деструкцияловчи агент миқдорининг таъсири ўрганилганда ҳам кўйидаги маълум бўлдики, этиленгликолни миқдорини 1-12 молгача ортганда (катализатор рух ацетати миқдори 0,5-0,7 %, ҳарорат 190 °С, давомийлик 8-10 соат) бис-(2-гидроксиэтилен)терефталатнинг унуми 64,35 % дан 67,5 % гача , тетрабутоксититанда эса 67,63 % дан 70,1 % гача ортганини аниқладик. Юқори ҳароратда эса мос равишда, шу каби қонуният аниқланди, бис-(2-гидроксиэтилен)-терефталатнинг унуми 78,7 % (катализатор рух ацетатида) ва 75,2 % (катализатор тетрабутоксититанда).

Алкоголиз жараёнига таъсир қилувчи омил - катализаторни қўллаш имкониятларини кенгайтириш мақсадида, шу система учун бис-(2-гидроксиэтилен)-терефталат чиқиш унумига турли хил катализаторларнинг таъсирини ўргандик.

Алкоголизилаш жараёнига катализатор табиати ва миқдорининг таъсири. Айрим олимларнинг илмий ишларида катализаторлар сифатида металл оксидлари, карбонатлари ишлатилганлиги ҳамда бис-(2-гидроксиэтилен)-терефталатнинг унумига таъсири ўрганилганлиги учун кейинги ишларимизда бис-(2-гидроксиэтилен)-терефталатнинг чиқиш унумига турли катализаторлар таъсири ўрганилди. Бунда ИПЭТ:ЭГ нисбатини 1:5 эл.занжир мол/мол, давомийлиги 6 соат, ҳарорат 196 °С ва катализатор миқдори 1% деб танлаб олинган. Катализатор сифатида MgO, ZnO, NaHCO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, каби оксид ва тузлари олинди. 7-жадвалдан кўриниб турибдики, бир хил синтез шароитида катализаторлар 1 дан 6 тартиб рақами бўйича ўтиши билан бис-(2-гидроксиэтилен)терефталат унуми 64,5 % дан 81,17 % (рух ацетат ҳолатида) гача ошганлигини кузатишимиз мумкин.

#### 7-жадвал

#### Бис-(2-гидроксиэтилен)терефталат ҳосил бўлиш унумига катализатор таъсири

№	моль нисбати	вақт, соат	Катализаторлар тури ва миқдори, %		Ҳарорат, °С	Унум, %
1	1:5	6	ТБТ	1	196	73,8
2	1:5	6	ZnO	1	196	64,5
3	1:5	6	NaHCO <sub>3</sub>	1	196	79,8
4	1:5	6	MgO	1	196	65,8
5	1:5	6	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	1	196	64,82
6	1:5	6	Zn(Ac) <sub>2</sub>	1	196	81,17

Шу билан бирга NaHCO<sub>3</sub> бошқа MgO, ZnO, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ларга нисбатан фаоллиги билан ажралиб турди. Тадқиқотларимиздан шу маълум бўлдики, бис-(2-гидроксиэтилен) терефталатнинг чиқиш унумига ҳарорат, вақт давомийлиги, турли катализаторлар таъсири ўрганилганда энг яхши натижа рух ацетатида 81.1 % ни ташкил қилиши аниқланди.

Бошқа катализаторларга қараганда рух ацетатида бис-(2-гидроксиэтилен) терефталатнинг тозалик даражаси яхшироқ эканлигини кўриш мумкин.

Тадқиқот натижасида полиэтилентерефталатни алкогольиз жараёнига турли катализаторларнинг таъсирини ўрганишидан қўйидаги хулосаларни илгари суриш мумкин:

- биринчи полиэтилентерефталатни қайта ишлашда катализатор сифатида кислотали металл тузлар фойдаланиш бис-(2-гидроксиэтилен)терефталат юқори чиқиш унумини таъминлашга олиб келиши аниқланди;

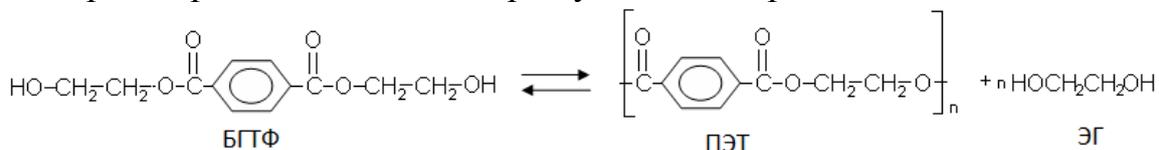
- қўлланилган металл тузлари ичида рух ацетат энг кўп қўлланилиб, энг яхши самарадорлик берганлиги маълум бўлди;

Тадқиқотларимизда натижасида иккиламчи полиэтилентерефталатни алкогольиз жараёнига оптимал шароит қилиб танладик:

- ҳарорат 190 °С да, алкогольиз давомийлиги 10 соат, ИПЭТ :ЭГ моль нисбати 1:12, катализатор миқдорини 0,5% бўлганда бис-(2-гидроксиэтилен)терефталатнинг унуми 80,1% ни,

- ҳарорат 196 °С , давомийлик 4 соат, ИПЭТ :ЭГ моль нисбати 1:4 катализатор миқдорини 1% бўлганда бис-(2-гидроксиэтилен)терефталатнинг унуми 83,1% ни ташкил қилди.

Алкоголиз маҳсулотидан полиэтиленфталат синтез қилиш. Ушбу жараёнларнинг реакция тенгламалари қуйида келтирилган:



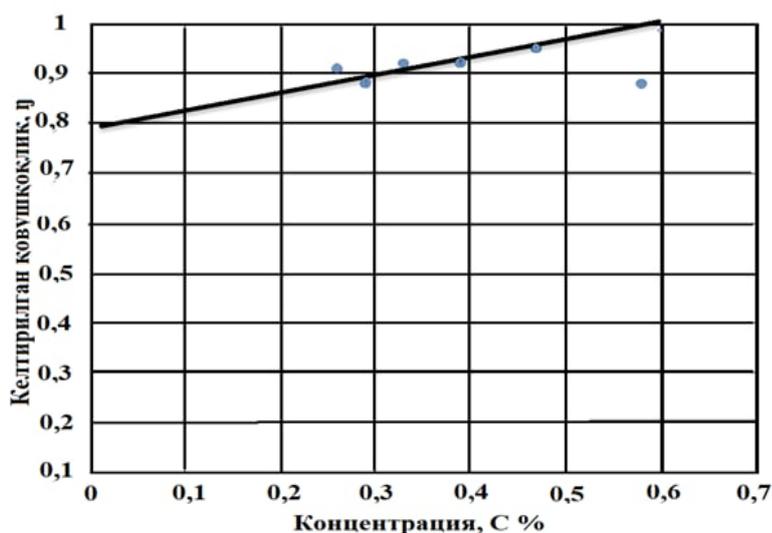
Синтез қилинган полиэтилентерефталатни ўртача молекуляр массаси визкозиметрик усулда (визкозиметр капилляр диаметри 1,31 мм,  $K=1,7 \cdot 10^4$ ,  $\alpha=0,83$ ) аниқланди. Ушбу константалар ҳар бир намунани аниқлаш учун фойдаланилди. Олинган натижалар қуйидаги 8-жадвалда келтирилган.

**8-жадвал**

**Полиэтилентерефталатнинг 60/40 дихлорэтан/фенолдаги суялтирилган эритмасининг ўтиш вақти ва қовушқоқликлари**

Эритма концентрацияси, %	Эритманинг ўтиш вақти, сек	$\eta_{\text{нис}} = t_1/t_0$	$\eta_{\text{сол}} = t_1/t_0 - 1$	$\eta_{\text{кел}} = \eta_{\text{сол}}/C$	$\eta_{\text{лог}} = \ln \eta_{\text{нис}}/C$	$[\eta]$
0 (эритувчи)	25	—	—	—	—	—
0,5	41.4	1.65	0.65	0.65	1	0.8
0,25	40.15	1.6	0.6	0.72	0.83	
0,125	37.6	1.5	0.5	0.7	0.71	
0,0625	36.25	1.45	0.45	0.75	0.6	

Олинган натижалар асосида эритманинг характеристик қовушқоқлиги ва эритманинг концентрацияси орасидаги боғлиқлик графиги тузилди ва қуйидаги 2-расмда келтирилган.



**2-расм. Полиэтилен-терефталат учун характеристик қовушқоқлигининг эксполяция эгри чизиғи**

Юқорида келтирилган Марк-Кун Хаувинк тенгламасига мувофиқ полимернинг ўртача молекуляр оғирлиги аниқланди. Полиэтилентерефталат учун  $K$  ва  $\alpha$  нинг қийматлари  $\eta = 0,8$  га тенг бўлди. Аниқланган кўрсаткичлар 9-жадвалда келтирилган.

Аниқланган омиллар асосида олинган бис-(2-гидроксиэтилен)терефталат асосида полиэтилентерефталат синтез қилишга эришилди ва уларнинг физик-кимёвий хоссаларини ўргандик (10-жадвал).

### 9-жадвал

#### Олинган бис-(2-гидроксиэтилен) терефталат ва улар асосида синтез қилинган полиэтилентерефталатни хоссалари

№	Номи	Суюқланиш ҳарорати, °С	Ўртача молекуляр масса (г/моль)
1.	Тоза ПЭТ	253-258	29510~42657
2.	Иккиламчи ПЭТ	220-238	19952
3.	БГТФ (ДМТФ) асосида ПЭТ	239-247,13	22838
4.	БГТФ асосида ПЭТ	245-248,1	23896

9-жадвалдан кўришиб турибдики, олинган бис-(2-гидроксиэтилен)-терефталат асосидаги полиэтилентерефталат ўртача молекуляр массаси умум қабул қилинган полиэтилентерефталат молекуляр массасига мос келишини кўрсатди. Ушбу кўрсаткичлар ДСК натижалари билан тасдиқланди, унга кўра бирламчи полиэтилентерефталатнинг суюқланиш ҳарорати 253-258 °С, бис-(2-гидроксиэтилен) терефталатдан олинган полиэтилентерефталатники 248,1°С ва диметилтерефталат асосидаги полиэтилентерефталатники эса 247.13 °С эканлигини кузатишимиз мумкин.

Замонавий физик-кимёвий таҳлил усулларида олинган бис-(2-гидроксиэтилен)-терефталат асосида полиэтилентерефталатни тузилиши ва хоссалари мослигини қайд қилинди. Бу эса тадқиқот натижасида барча технологик жараёнларни тўғри бажарганимиздан далолат беради.

### 10-жадвал

#### Синтез қилинган полиэтилентерефталат ва саноат намуналарини технологик хоссалари

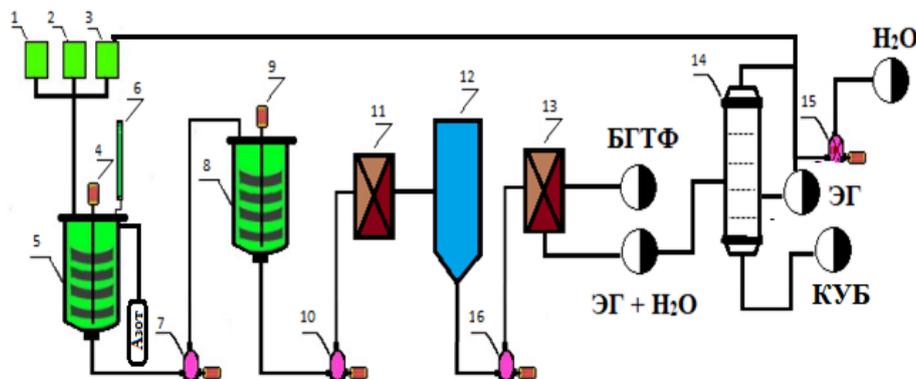
Номи	Кўрсаткичлар		
	Характеристик ковушқоқлик, [η]	Ўртача молекуляр оғирлиги г/моль	Зичлик, г/см <sup>3</sup>
Бирламчи ПЭТ	0,91	42657	1.394
Иккиламчи ПЭТ	0,63	19952	1.248
ДМТФ асосида ПЭТ	0,73	23865	1.284
БГТФ асосида ПЭТ	0,68	21896	1.278

10-жадвалдан кўришиб турибдики, иккиламчи полиэтилентерефталат этиленгликол билан алкоголизлаб, олинган бирламчи полиэтилентерефталатнинг физик-кимёвий хоссалари, бирламчи полиэтилен терефталат ва анъанавий усулларда олинадиган полиэтилентерефталатлар билан солиштирилганда уларнинг физик-кимёвий хоссалари яқинлиги аниқланди. Олинган натижалар ўзини аниқлиги ва қайтарувчанлиги билан ўз тасдиғини топди.

Диссертациянинг «Алкоголиз маҳсулотларидан тола ҳосил қилувчи полиэтилентерефталат олишнинг технологик схемаси ва техник-иктисодий самарадорлиги» деб номланган тўртинчи бобида тола ҳосил

қилувчи полиэтилентерефталат ишлаб чиқаришнинг технологиялари ёритилган (3- ва 4-расмлар).

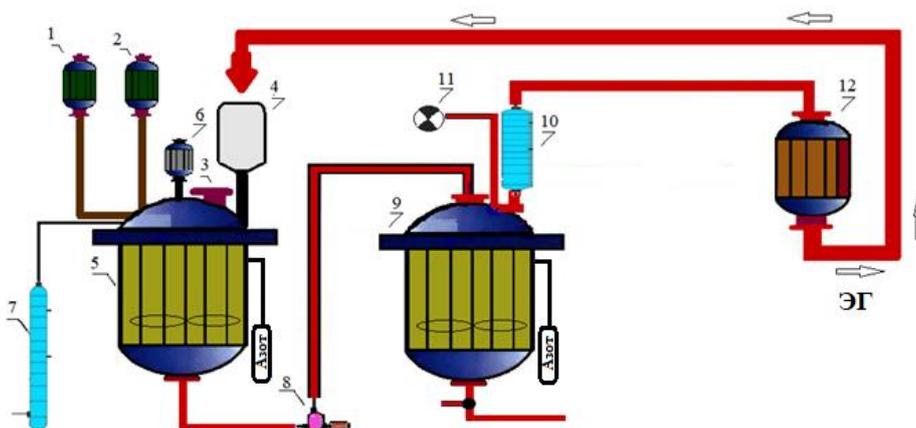
Олиб борилган илмий тадқиқотлар натижасида лаборатория шароитида синтез қилинган полиэтилентерефталатни физик-кимёвий ва замонавий таҳлил усуллари билан мос келиши технологик режимларни ишлаб чиқаришга хизмат қилди.



**3- расм. Иккиламчи полиэтилентерефталатдан бис -(2-гидроксиэтилен) терефталат ишлаб чиқаришнинг технологик схемаси**

1, 2, 3—дозатор сиғимлар; 4, 9—электр двигатель; 5, 8—реактор; 6- совутгич; 7, 10—насос; 11, 13—фильтр; 12- совуқ сув; 14- дистиллятор; 15—вакуум насос.

Бис-(2-гидроксиэтилен)терефталат олиш учун 1,2,3 - дозаторлар-дан, иккиламчи полиэтилентерефталат ва этиленгликол ҳамда катализатордан керакли микдорда ўлчаниб, реакторга қуйилади. Реактор (5) да 190 - 195 °С ҳароратда 4-8 соат давомида аралаштиргич (4-9) да аралаштирилиб турилган ҳолатда реакция олиб борилади.



**4- расм. Иккиламчи полиэтилентерефталатдан бирламчи полиэтилентерефталат олиш ишлаб чиқаришнинг технологик схемаси**

1, 2, 4—дозатор сиғимлар; 3—люк; 5, 9—реактор; 6—электр двигатель; 7, 10—совутгич; 8—насос; 11— вакуум насос; 12—сиғимлар

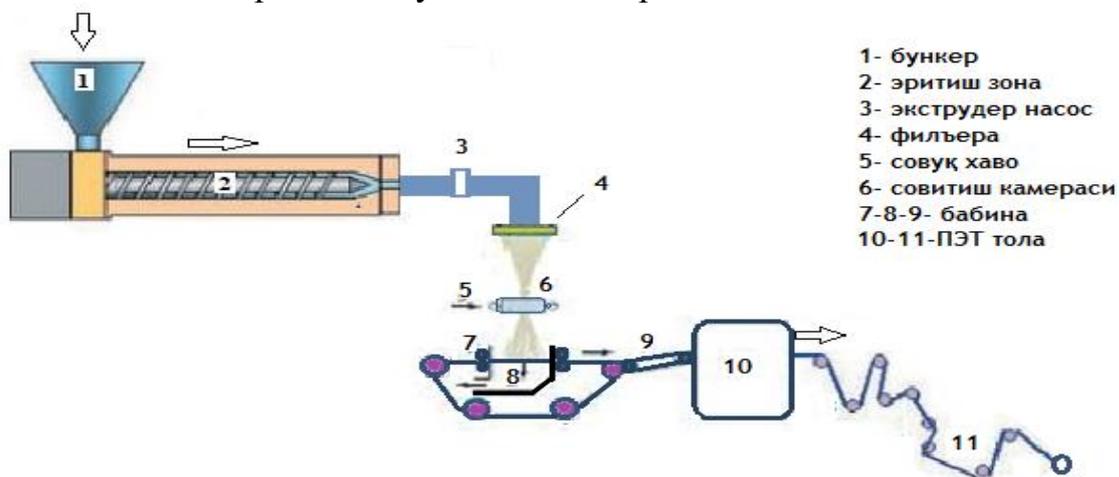
Реакцияда конденсатланган этиленгликол 6-совутгич орқали реакция мухитига қайтарилади. Сўнгра ҳосил бўлган алкоголиз маҳсулоти ажратиб олиш учун 7-10 насос орқали иккинчи реактор 8-га ўтказилади, бу ерда алкоголиз маҳсулоти ва ундан 4 марта кўп дистилланган сув билан 90-95 °С ҳароратда, 25-30 минут давомида ушлаб турилади ва фильтр 11-орқали

фракцияларга ажратилади (1-фракция). Фильтрдан ўтган сувли қисми 12 – совутгичда 0-2 °С ҳароратда яна 13-фильтрланади (2-фракция). Қолган қисми эса 14- дистиллятор орқали сув ва этиленгликол ажратилади. Бунда вакуум системада ҳосил қилинади.

Бирламчи полиэтилентерефталат олиш икки хил усулда амалга оширилган:

*Биринчи усул*- бунда (3- расмда) олинган бис-(2-гидроксиэтилен) терефталат 9-реакторга солинди. Синтез жараёни инерт мухит -10 да, 11-вакуум остида (-1кгк/м<sup>2</sup>) 1-2 соат мабайнида 270-280 °С ҳароратда олиб борилди.

*Иккинчи усул* - бунда 1,2,4 - дозаторлардан, иккиламчи полиэтилен-терефталат ва этиленгликол ҳамда катализатордан керакли миқдорда ўлчаниб, реакторга қуйилади (4-расм). Реактор (5) да 195±2 °С ҳароратда 4-8 соат давомида аралаштиргич (6) да аралаштирилиб турилган ҳолатда 7-10 инерт мухитда реакция олиб борилди. Синтез жараёни тугагач, 8-насос орқали 9-реакторга ўтказилди ва бу ерда синтез жараёни инерт мухит -10 да, 11-вакуум остида 1-2 соат мабайнида 270-280 °С ҳароратда олиб борилди. Бу жараён поликонденсацион жараён бўлиб, ортиқча ЭГ ажралиб чиқади ва 12-идишга йиғилиб бошланғич реакция мухитига қайтарилди.



**5-расм. Саноатда ПЭТ тола олиш технологик схемаси**

Бунда, олинган полиэтилентерефталат 1- бункер орқали экструдерга солинади. Экструдерда 3 та бўлим бўлиб, 1-бўлимда полиэтилентерефталат яхшилаб аралаштирилади, ҳарорат 190-220 °С да, 2- бўлимда полиэтилен-терефталат эрийди, ҳарорат 230-250 °С да, 3- бўлимда суюқ ПЭТ 3-насос орқали 4- фильерага пуркалади. Фильерадан чиқаётган ПЭТ тола 5-совитиш йўли орқали 6-совитиш камерасидан ўтиб, 7-8-9- бобинада тортилиб ўралади ва 10-11-да ПЭТ тола олинади.

Иккиламчи полиэтилентерефталат асосида олинган ПЭТ толаларнинг ярим саноат синовлари “DEGREZ TEKS LTD” корхонасида амалга оширилди (11-жадвал).

**11-жадвал**

**Синтез қилинган ПЭТ нинг хоссалари**

Кўрсаткичлар	ПЭТ толаси (ИПЭТ нинг алкоголизи дан олинган)	ПЭТ толаси (ИПЭТ нинг алкоголизи дан олинган)	ПЭТ толаси (ДМТ олинган)	ПЭТ толаси (ИПЭТ нинг (ПАВПЭТ) дан олинган)	ПЭТ толаси (ИПЭТнинг алкоголиз маҳсулоти (ПАВПЭТ) дан олинган)
	20 дақиқа, 260 °С, 40 дақиқа, 280 °С	40 дақиқа, 260 °С, 2 соат, 280 °С	20 дақиқа, 260 °С, 40 дақиқа, 280 °С	20 дақиқа, 260 °С, 40 дақиқа, 280 °С	40 дақиқа, 260 °С, 2 соат, 280 °С
Давомийлиги (соат)					
Полимеризацион плита (°С)	237-245	250-257	242-255	230-234	245-252
Характеристик ковушоқлиги, (дл/г)	0,58-0,6	068-071	0,64-0,68	0,54-0,58	0,63-0,68
Ўртача молекуляр массаси, (г/моль), (Вискозиметрия)	18326-19903	21038-23698	19503-22008	17365-17921	19903-21987

**12-жадвал**

**100 кг тола ҳосил қилувчи полиэтилентерефталатни ишлаб чиқариш учун хомашёлар нархи**

№	100 кг тола ҳосил қилувчи полиэтилентерефталат	100 кг маҳсулот олиш учун сарф, кг	Микдор 1 кг массага тўғри келадиган сўм	Микдор 100кг массага тўғри келадиган сўм
1	Иккиламчи полиэтилентерефталат	143,7	4500	6 46650
2	Этиленгликол	46,4	12000	556800
3	Рух ацетат	1,437	130000	186810
4	Азот газ	10,0	350	3500
	<b>ЖАМИ</b>	<b>100 %</b>		<b>1393760</b>

12-жадвалда келтирилган маълумотларга кўра 100 кг тола ҳосил қилувчи полиэтилентерефталатни олишга хомашё учун 1393760 сўм сарфланди. Ишлаб чиқаришнинг умумий харажатлари кейинги 13-жадвалда келтирилган.

**100 кг тола ҳосил қилувчи полиэтилентерефталатни ишлаб чиқаришнинг  
умумий харажатлари**

Номланиши	Нархи, сўм
Иш ҳақи, сум/1 кун	100 00
Ягона ижтимоий тўлов 12%	12 00
100 кг тола ҳосил қилувчи полиэтилентерефталат	1393760
Қўшимча харажатлар	300 00
Кутилмаган ҳолатлар	150 00
Фойда 5%	2 138 60
ҚҚС 7%	2 994 04
Умумий	1963224

100 кг тола ҳосил қилувчи полиэтилентерефталат ишлаб чиқариш учун нархларнинг умумий таркиби 19632240 (1,6\$ кг) сўмни ташкил этди. Импорт қилинадиган ПЭТ полиэфирнинг нархи 2 - 3 \$ ни ташкил қилса, 1кг ПЭТ полиэфир тола учун 0,4 - 1,4 \$ (4908 - 17178 сўм) пул иқтисод қилинади.

### Хулоса

1. Иккиламчи полиэтилентерефталатни мақбул қайта ишлаш ечими тавсия этилган.

2. Иккиламчи полиэтилентерефталатни этиленгликолиз билан алкоголизлаб бис-(2-гидроксиэтилен)терефталатни ҳосил бўлиш шароитлари, чиқиш унуми ва хоссалари ўрганилди.

3. Алкоголиз жараёнида тетрабутоксититан катализатори иштирокида олиб борилганда ҳарорат 190 дан 196 °С га кўтарилганда бир хил давомийликда турли нисбатларда ҳам бис-(2-гидроксиэтилен)терефталатни чиқиш унуми деярли ўзгармалиги - 70,1, рух ацетати қўлланилганда эса 77,9 дан 83,5 % га ортгани аниқланган. Иккиламчи полиэтилентерефталатдан бис-(2-гидроксиэтилен)терефталатни олиш оптимал режими деб - ҳарорат - 196°С, давомийлик 4 соат ва катализатор сифатида рух ацетати танланди.

4. Синтез қилинган бис-(2-гидроксиэтилен)терефталат ва улар асосидаги полиэтилентерефталатни физик-кимёвий, технологик хоссалари аниқланди, тузилиши замонавий ИҚ- ва ПМР - спектрлари билан таҳлил қилинган. Олинган таҳлил натижалари саноат полиэтилентерефталат намуналари билан солиштирилганда тўлиқ мос келиши аниқланди.

5. Бис-(2-гидроксиэтилен)терефталатдан турли мақсадли ва технологик хоссаларга эга бўлган полиэтилентерефталат олиш режимлари ишлаб чиқилди;

6. Синтез қилинган толали марка полиэтилентерефталатдан ПЭТ тола ишлаб чиқариш технологияси таклиф этилди ва синов намуналари олинди. Ишлаб чиқилган технология асосида ярим саноат шароитида 100 кг ишлаб чиқилди, олинган ПЭТ полиэфир тола нархининг импорт қилинадиган ПЭТ пой толадан арзонлиги аниқланган ҳамда импорт ПЭТ пой толани ўрнига ишлатиш имконини берди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.12.2019.К.Т.04.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ХИМИКО-  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**  

---

**ТАШКЕНТСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

**АБДУВОХИДОВ ИКБОЛ КУРВОНАЛИЕВИЧ**

**СИНТЕЗ БИС-(2-ГИДРОКСИЭТИЛЕН)-ТЕРЕФТАЛАТА НА ОСНОВЕ  
ВТОРИЧНОГО ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА И ИЗУЧЕНИЕ  
УСЛОВИЙ ПОЛУЧЕНИЯ ПЕРВИЧНОГО  
ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА НА ЕГО ОСНОВЕ**

**02.00.14-Технология органических веществ и материалов на их основе**

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)  
ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

**Ташкент-2024**

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан под номером B2024.2.PhD/T4549.

Диссертация выполнена в Ташкентском химико-технологическом институте.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице по адресу [www.tcti.uz](http://www.tcti.uz) и на информационно-образовательном портале «ZiyoNET» по адресу [www.ziyo.net](http://www.ziyo.net)

Научный руководитель:

Адилов Равшан Иркинович  
доктор технических наук, профессор

Официальные  
оппоненты:

Кодиров Тулкин Жумаевич  
доктор технических наук, профессор

Мухиддинов Баходир Фахриддинович  
доктор химических наук, профессор

Ведущая организация:

Ферганский политехнический институт

Защита диссертации состоится « 8 » 06 2024 г. в 13<sup>00</sup> часов на заседании научного совета DSc.03/30.12.2019.К.Т.04.01 по присуждению ученых степеней при Ташкентском химико-технологическом институте по адресу: (100011, г. Ташкент, Шайхонтахурский район, ул. А.Навои, 32. Тел: (998-71) 244-79-20, факс: (998-71) 244-79-17, e-mail: [info@tcti.uz](mailto:info@tcti.uz), [www.tcti.uz](http://www.tcti.uz)).

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Ташкентского химико-технологического института за № 784с которой можно ознакомиться в ИРЦ (100011, г. Ташкент, Шайхонтахурский район, ул. А.Навои, 32. Тел: (998-71) 244-79-20).

Автореферат диссертации разослан « 6 » 05 2024 года.  
(протокол рассылки № 484от « 6 » 05 2024 года).



С.М. Туробжонов

Председатель научного совета по  
присуждению ученых степеней, д.т.н., академик

Х.И. Кодиров

Ученый секретарь научного совета по  
присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

Г.Р. Рахмонбердиев

Председатель научного семинара при  
научном совете по присуждению  
ученых степеней, д.х.н., профессор

## **ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))**

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** Сегодня производство текстильной продукции стало основной составляющей производственной структуры общества. На сегодняшний день объем производства полимера полиэтилентерефталата в мире увеличился до 82,0 млн. тонны. 27 % полиэтилентерефталата используется при производстве полимерной упаковки - бутылок, около 65% при производстве полиэфирного волокна, 8% при производстве пленки. Улучшение технологических свойств синтетических полиэфирных волокон для производства текстильной продукции является актуальной задачей. При этом важно внедрить в практику производство первичного полиэтилентерефталата путем переработки вторичного сырья, в частности вторичного полиэтилентерефталата.

Проводятся научные исследования по производству различной продукции для народного хозяйства путем химической переработки бытовых отходов, содержащих полиэтилентерефталат. В связи с этим особое внимание уделяется созданию и испытанию технологий производства эффективной переработки вторичного полиэтилентерефталата, получению бисгидроксиэтилентерефталата алкоголизацией ионными жидкостями, получению бисгидрокситерефталата алкоголизацией этиленгликолем в различных соотношениях и в присутствии ацетатов, оксидов, титан содержащих соединений, ионных жидкостей, разработке материалов, использование которых возможна в промышленных целях.

В Республике на основе отечественного сырья и вторичных продуктов были достигнуты научные и практические результаты по совершенствованию производства импортозамещающих высококачественных синтетических (полиэфирных) волокон и пряжи, и испытанию их эффективности в различных агрессивных средах. Стратегия развития нового Узбекистана определяет важные задачи, направленные на «создание технологий для получения импортозамещающих материалов из местного сырья и вторичных ресурсов»<sup>1</sup>. Важным в этом отношении является производство качественных синтетических (полиэфирных) волокон и пряжи, которые являются экономически выгодными и экологически безопасными для воспроизводства полиэтилентерефталата, а также постоянное совершенствование существующих технологий.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит осуществлению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года № УП-60 «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы», УП-4805 от 12 августа 2020 года «О мерах по повышению качества непрерывного образования и эффективности наук в области химии и биологии», №УП-5953 от 2 марта 2020 года «О государственной программе реализации в Год развития науки, просвещения и цифровой экономики» и УП-3264 от 29 августа 2017 г. «Об экспортно-импортной деятельности организаций химической промышленности» а также других нормативно-правовых документов, принятыми в данной сфере.

---

<sup>1</sup> Указе Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года № УП-60 «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы»

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республике.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологии республики Узбекистан VII «Химическая технология и нанотехнология».

**Степень изученности проблемы.** Научно-исследовательские работы по изучению химической переработки вторичных полиэтилентерефталатов с получением в них гидроксил-содержащих олигомеров велись учеными как Baliga S., Li M., Luo J., Huang Y., Li X., Yu T., Ge M., Yanrong Geng., Tao Dong., Pengtao Fang., Qing Zhou., Xingmei Lu., Suojiang Zhang., Давыдова О. В., Лакеев С. Н., Майданова И. О., Карчевский С. Г., Калимгулова А. М., Ахтямова Р. Р., Медяник Н. Л., Калугина Н. Л., Варламова И. А., Гиревая Х. Я., Бодьян Л. А., Duque-Ingunza I., Lopez-Fonseca R., Gutiérrez-Ortiz J. I., Liu S., Lima G.R., Gabriella R. Lima, Qian Wang, Джалилов А.Т., Магруппов Ф.А., Рафиков А.С., Набиева И.А., Алимухамедов М.Г., Адилов Р.И., Жураев А.Б. и др.

Ими были разработаны методы переработки вторичного полиэтилентерефталата, первоначально были внедрены технологии получения волокон экструзией, затем фибриллированием, определены условия алкоголизации этиленгликолем в разных пропорциях и в разных каталитических системах, предложены системы экстракции бисгидрокситерефталата.

Исходя из вышеизложенного, в данной диссертации систематически не изучались синтез первичного полиэтилентерефталата, который отвечает требованиям обогащения волокна к контролю процесса поликонденсации, а также глубоким системным факторам, влияющим на алкоголизм, и регулированию вторичного полиэтилентерефталата этиленгликолем.

**Связь диссертационного исследования с тематическим планом научно-исследовательских работ.** Диссертация выполнена в соответствии с планом научно-исследовательских работ в рамках фундаментальных и практических проектов ПЗ-20170919142 Ташкентского химико-технологического института по теме «Создание лакокрасочных материалов, пенополиуретановых композиций на основе бытовых отходов полиэтилентерефталата и их применение» (2019-2021 годы) и №02/04 «Разработка новых технологий получения полиэфирных волокон для текстильной промышленности и производства текстильных смесовых нитей и тканей новой структуры на их основе» (2020-2021 годы).

**Целью исследования** является систематическое изучение процесса алкоголиза вторичного полиэтилентерефталата и разработка технологии получения волокнообразующего первичного полиэтилентерефталата

**Задачи исследования:**

изучение структуры и свойств вторичного полиэтилентерефталата;  
исследование условий алкоголиза вторичного полиэтилентерефталата;  
изучение структуры и свойств продукта алкоголиза;  
синтез, исследование структуры и свойств полиэтилентерефталата, продукта алкоголиза из которого получают первичное волокно;

разработка технологии производства полиэтилентерефталата, позволяющей получать волокна из вторичного полиэтилентерефталата.

**Объект исследования.** Вторичный полиэтилентерефталат, этиленгликоль, катализаторы - ацетат цинка, тетрабутоксититан, оксид магния, оксид цинка, карбонат натрия, бикарбонат натрия, бис-(2-гидроксиэтилен)терефталат, первичный полиэтилентерефталат .

**Предмет исследования.** Условия получения первичного полиэтилентерефталата на основе вторичного полиэтилентерефталата, закономерности его строения, физические и химические свойства.

**Методы исследования.** В диссертации использованы современные методы исследования структуры и свойств полученных веществ, в том числе физико-механические методы, ЯМР- и ИК-спектроскопия, термогравиметрия и дифференциальная сканирующая калориметрия и другие методы.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем :

изучена химическая деструкция вторичного полиэтилентерефталата этиленгликолем, изучены оптимальные условия получения бис-(2-гидроксиэтилентерефталата), оптимальные соотношения и факторы, влияющие на выход;

установлено, что при повышении температуры процесса алкоголиза со 190 до 196 °С в соотношении ВПЭТ:ЭГ = 1:4 моль/моль выход бис-(2-гидроксиэтилен)терефталата увеличивается с 67,5 до 83,5%;

определены структура и свойства синтезированного бис-(2-гидроксиэтилен)терефталата с помощью физико-химических и современных ИК- и ПМР-спектров, в результате чего установлена его точная идентичность;

доказана активность сильноосновного катализатора (ацетата цинка) в процессе алкоголиза при его переходе в тетрабутоксититан, бикарбонат натрия и ацетат цинка;

определены режимы производства волокнообразующего полиэтилентерефталата на основе полученного бис-(2-гидроксиэтилен)терефталата;

показано, что средняя молекулярная масса (23500 г/моль) образца процесса поликонденсации полиэтилентерефталата по этапно (40 минут, 260 °С, 2 часа, 280 °С) не отстает от показателя промышленного аналога;

разработана технология производства полиэтилентерефталата на основе анализа производственного процесса.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем :

определены оптимальные условия получения бис-(2-гидроксиэтилен)терефталата путем вторичной каталитической замены полиэтилентерефталата;

разработана технология получения полиэтилентерефталата на основе продуктов гидролиза спирта;

определены оптимальные условия получения волокна на основе бис-(2-гидроксиэтилен)терефталата - вторичного продукта алкоголиза полиэтилентерефталата;

создана технология производства полиэфирного волокна на основе бис-(2-гидроксиэтилен)терефталата.

**Достоверность результатов исследований определяется результатами использования современных методов физико-химического анализа структуры и свойств синтезированных соединений, таких как термогравиметрическая, дифференциально-термическая (дериватограф LABSYS EVO STA), YMR- и ИК-спектроскопия (IRTracer-100). Это объясняется совместимостью с производственной практикой .**

**Научная и практическая значимость результатов исследования.** Научная значимость результатов исследования заключается в том, что алкоголизацией вторичного полиэтилентерефталата этиленгликолем синтезирован бис-(2-гидроксиэтилен)терефталат и определены возможности его применения. Установлено, что температура процесса алкоголиза составляет 196 °С, а содержание катализатора - 1% (относительно вторичного полиэтилена), что повышает выход;

На основе полученного бис-(2-гидроксиэтилен)терефталата разработана технология получения полиэтилентерефталата. Из полученного полиэтилентерефталата на экструдере RMSJ-60 было получено ПЭТ-волокно и изучены его свойства.

**Внедрение результатов исследований.** На основании полученных научных результатов при разработке технологии получения первичного полиэтилентерефталата на основе вторичного полиэтилентерефталата:

включена в «Перечень перспективных разработок для внедрения в 2023-2025 годах» СП «DEGREZ TEKS LTD» технология алкоголизации первичного полиэтилентерефталата в присутствии катализатора ацетата цинка (Справка Ассоциации «O‘ZTO‘QIMACHILIKSANOAT» Республики Узбекистан от 19 мая 2023 года №03/25-1098). В результате позволило производить импортозамещающее волокно бис-(2-гидроксиэтилен)-терефталат в системе первичного полиэтилентерефталата;

включена в «Перечень перспективных разработок для реализации в 2023-2025 годах» СП «DEGREZ TEKS LTD» технология получения полиэфирных волокон на основе продуктов гидролиза вторичного полиэтилентерефталата спирта. (Справка Ассоциации «O‘ZTO‘QIMACHILIKSANOAT» Республики Узбекистан от 19 мая 2023 года №03/25-1098). В результате позволило заменить импортное волокно «Pet Polyester Bhilosa» (Индия) на высококачественное отечественное полиэфирное волокно.

**Апробация результатов исследования.** . Результаты исследований были апробированы в виде докладов на 2 международных и 6 республиканских научно-технических конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано 12 научных работ, в научных изданиях, рекомендованных ВАК Узбекистана для публикации основных научных результатов докторских (PhD) диссертаций, опубликовано 4 статей, из них 2 в республиканских и 2 зарубежных журналах.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Объем диссертации составляет 94 страниц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ.

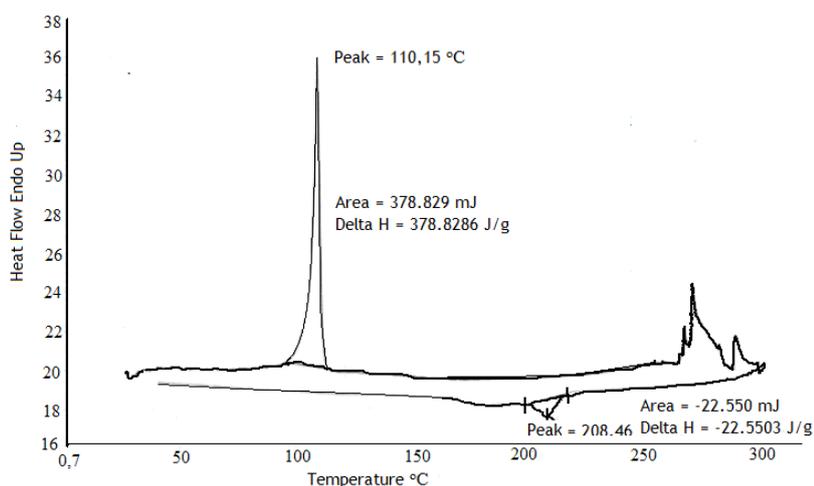
Во введении обосновывается актуальность и необходимость исследования, описываются цели и задачи, объекты и предметы исследования, показывается совместимость с приоритетными направлениями развития науки и техники Республики Узбекистан, изложена научная новизна и практические результаты исследования, выявлена научная и практическая значимость полученных результатов, представлены результаты исследования, внедрения, опубликованные работы и информация о структуре диссертации.

В первой главе диссертации «**Перспективы переработки и использования вторичных полиэтилентерефталатов**» подробно изложены результаты исследования по теме, анализ зарубежной и отечественной литературы. Представлен анализ процесса алкоголиза вторичного полиэтилентерефталата этиленгликолем, влияющих факторов и влияния природы катализаторов на выходной продукт бис-(2-гидроксиэтилен)-терефталата за последние годы. Обобщаются данные и делаются научно-аналитические выводы, а на основе информации научной литературы излагаются цель, задачи, актуальность и важность диссертационной работы.

Во второй главе диссертации «**Объект исследования и технологические методы исследования синтеза полиэтилентерефталатного волокна из вторичного полиэтилентерефталата**» представлены методы первоначального выбора сырья и катализаторов для проведения исследований, а также исследования их основных физико-химических свойств. Описаны методы проведения алкоголиза вторичного полиэтилентерефталата этиленгликолем и способы получения полиэтилентерефталата на их основе, а также представлены лабораторные эксперименты. Изменения в структуре продуктов алкоголиза изложены методами ДСК, ИК-спектроскопии.

В третьей главе диссертации «**Оптимизация условий получения бис-(2-гидроксиэтилен)-терефталата из вторичного полиэтилентерефталата**» определены структура, свойства, ДСК и ИК-спектральный анализ вторичного полиэтилентерефталата, а также установлено, что температура сжижения вторичного полиэтилентерефталата составляет 232-239 °С.

Первоначально исследования проводились стандартным способом ВПЭТ:ЭГ = 1:4 эл. соотношение цепь/моль изучали в присутствии катализатора из ацетата цинка и изучали его состав. С целью изучения состава ее разделили на 4 фракции по способу промывки, и по результатам физико-химического анализа фракции 2-3 показано, что среднее молекулярная масса составляет 262, а температура плавления - 109-110°С (рис. 1.), и что это был бис-(2-гидроксиэтилен)терефталат. Установлено, что выход составил 64,35%, а остальное - димеры и тримеры.



**Рис. 1. Результаты ДСК бис-(2-гидроксиэтилен)терефталата на основе вторичного полиэтилентерефталата**

В результате исследований установлено, что выход бис-(2-гидроксиэтилен)терефталата при алкоголизе вторичного полиэтилентерефталата этиленгликолем составил 64,35%, а в ходе исследования изучено влияние процесса алкоголиза и количества катализатора на выход бис-(2-гидроксиэтилен)терефталата. При продолжительности алкоголиза до 10 часов и увеличении концентрации цинкового катализатора до 1%, привел к увеличению выхода продукции бис-(2-гидроксиэтилен)терефталата до 67,5%.

При замене в процессе алкоголиза катализатора 0,5% тетрабутоксититана, что продолжительность алкоголиза 8 часов, при концентрации катализатор 0,5%, выход бис-(2-гидроксиэтилен)терефталата 67,6%, почти не изменился. А через 10 часов процесса выход бис-(2-гидроксиэтилен)терефталата составляет 70,1%, что приводит к увеличению потребности катализатора (даже при количестве катализатора 0,5%). В то же время установлено, что 3 фракции в данной системе практически не вышли, что свидетельствует о малости полученного сегментного распределения фракций (табл. 1).

**Таблица 1**

**Влияние условий синтеза на выход и свойства бис-(2-гидроксиэтилен)терефталата**

Продолжительность алкоголиза, час.	Количество катализатора, % Ацетат цинка	Физико-химические свойства						Количество кубового остатка %	Выход БГТФ %
		Средняя молекулярная масса			Температура плавления, °C				
		1-фракция	2-фракция	3-фракция	1-фракция	2-фракция	3-фракция		
8	0,5	580	280	225	164	112	110	7,26	64,4
10	0,5	893	261	232	164	112	109	5,48	67,5
10	0,7	730	250	236	164	111	110	5,91	67,5
10	1,0	780	253	228	169	109.5	108	5,93	67,5
Тетрабутоксититан									
8	0,5	731	240	-	166	110	-	4,48	67,6
10	0,5	745	245	-	165	112	-	4,71	70,0
10	0,5	725	261	-	168-170	108-110	-	4,61	70,1

После этого с целью дальнейшего изучения выхода бис-(2-гидроксиэтилен)терефталата продолжительность процесса алкоголиза определяли на 10 часов, а соотношение ВПЭТ:ЭГ увеличивали с 1:4 до 1:12 моль/моль по электрической цепи. Видно, что выход бис-(2-гидроксиэтилен)терефталата увеличился с 64,4 до 80,1 % ( табл. 2 ).

**Таблица 2**

**Соотношение ВПЭТ:ЭГ 1:4-12 моль /моль эл . цепочка выход бис-(2 - гидроксиэтилен )терефталата**

№	Мольное соотношение	Время, час	Количество катализатора, % (ацетат цинка)	Температура, °С	Выход, %
1	1:5	10	0,5	190	64,7
2	1:8	10	0,5	190	74,5
3	1:10	10	0,5	190	77,9
4	1:12	10	0,5	190	80,1

Данные результаты таблицы показывают, что увеличение количества этиленгликоля, получаемого при алкоголизе, свидетельствует о более глубоком протекании процесса алкоголиза.

При использовании в качестве катализатора тетрабутоксититана процесс алкоголиза составляет 10 часов, соотношение ВПЭТ:ЭГ увеличивается с 1:4 до 1:12 моль/моль цепи, выход бис-(2-гидроксиэтилен)терефталата увеличивается с 61,7 до 70,1% ( табл. 3).

**Таблица 3**

**Выход бис-(2-гидроксиэтилен)терефталата при увеличении молярного соотношения ВПЭТ:ЭГ от 1:4 до 1:4-12 моль.**

№	Мольное соотношение	время, час	Количество катализатора, % ( тетрабутоксититан )	Температура, °С	Выход, %
1	1:5	10	0,5	190	65,64
2	1:8	10	0,5	190	67,6
3	1:10	10	0,5	190	70,0
4	1:12	10	0,5	190	70,1

При замене оксида цинка на тетрабутоксититанмы видим, что выход бис-(2-гидроксиэтилен)терефталата для той же системы практически не повышается с увеличением количества этиленгликоля, что, по-видимому, заключается в том, что небольшие сегменты образуются с увеличением длительности процесса. при том же соотношении катализатора в процессе на основе тетрабутоксатитана происходит повторное взаимодействие и подвергается поликонденсации с образованием дополнительных тримерных тетрамеров.

Для выяснения этого, нами сравнен выход бис-(2-гидроксиэтилен)терефталата при двух разных временных интервалах (табл. 4) и в результате ВПЭТ:ЭГ=1:4 моль/моль эл.цепь, катализатор 1%. При увеличении

продолжительности процесса с 8 до 10 часов в присутствии ацетат цинкового катализатора выход бис-(2-гидроксиэтилен)терефталата почти не изменялся, а в случае тетрабутоксититане выход снижался с 67,6% до 61,73% в соответствующем диапазоне. В этом контексте можно понять еще одно подтверждение выдвинутой гипотезы.

**Таблица 4**

**Выход бис- (2- гидроксизтилен ) терефталата при мольном соотношении ВПЭТ: ЭГ 1:4, ВПЭТ: ТБТ 100:0,5)**

№	Мольное соотношение	Время, час	Количество катализатора, %	Температура, °С	Выход, %
Ацетат цинка					
1	1:4	8	1	190	67,5
2		10	1	190	67,56
Тетрабутоксититан					
3	1:4	8	1	190	67,63
4		10	1	190	61,73

Результаты исследований показывают, что для данной системы из вторичного полиэтилентерефталата при 190 °С , давления 1 атм, в течение 8-10 часов можно получить бис-(2-гидроксиэтилен)терефталат с высоким выходом.

Из литературы известно, что температура и продолжительность реакции оказывают существенное влияние на процесс алкоголиза. Чтобы прояснить это и увеличить производительность бис-(2-гидроксиэтилен)терефталата, мы сосредоточили наши дальнейшие исследования на оптимизации показателя температуры.

В ходе исследования мы выбрали соотношения ВПЭТ:ЭГ 1:4, 1:5 и 1:10 моль/моль электрической цепи. При исследовании при пониженной температуре в течение 8-12 часов, выбран низший показатель продолжительности реакции 4 часа, изменением температуры со 190 до 196 °С и использованием ацетата цинка в качестве катализатора видно, что выход бис-(2-гидроксиэтилен)терефталата снизился с 83,1 до 80,3 % (табл. 5), а в случае тетрабутоксатитана (табл. 6) увеличился с 78,7 до 79,2 % .

**Таблица 5**

**Влияние температуры на выход бис-(2-гидроксиэтилен)терефталата (цинк-ацетатный катализатор)**

№	Мольное соотношение	время, час	Количество катализатора, % (ацетат цинка)	Температура, °С	Выход, %
1	1:4	4	1	196	83,1
2	1:5	4	1	196	77,5
3	1:10	4	1	196	80,3

Таблица 6

**Влияние мольного соотношения этиленгликоля на выход бис-(2-гидроксиэтилен)терефталата (катализатор тетрабутоксититан)**

№	Мольное соотношение	время, час	Количество катализатора, % (тетрабутоксититан)	Температура, °С	Выход, %
1	1:4	4	1	196	78,7
2	1:5	4	1	196	75,1
3	1:10	4	1	196	79,2

Установлен высокий выход бис-(2-гидроксиэтилен) терефталата (83%) за короткий период времени при температуре 196°С. Это дает возможность получать желаемый продукт алкоголиза путем корректировки режима синтеза.

В тех же условиях (температура 196°С), при смене типа катализатора с тетрабутоксититана на ацетат цинка выход бис-(2-гидроксиэтилен) терефталата составил 83%. Исследования показали, возможность высокого выхода бис-(2-гидроксиэтилен)терефталата при 196 °С.

Результаты исследований показывают, что температура и постоянная времени оказывают существенное влияние на физико-химические свойства продукта алкоголиза в соотношении ВПЭТ:ЭГ 1:5-12. При проведении процесса при температуре 190 °С выход бис-(2-гидроксиэтилен)терефталата более высокий и составляет 67,5 % (катализатор ацетата цинка) и 71,7 % (катализатор тетрабутоксититан), при 196°С наибольший выход бис-(2-гидроксиэтилен)терефталата составляет 83,5% (на катализатор ацетата цинка) и 79,2% (на катализаторе тетрабутоксититана).

Следует отметить, что при изучении влияния количества разрушающего агента на выход продукта алкоголиза выявлено, что при увеличении количества этиленгликоля до 1-12 молей (количество ацетата цинка в катализаторе составляет 0,5-0,7%, температура 190 °С, продолжительность 8-10 часов) выход бис-(2-гидроксиэтилен)терефталата увеличился с 64,35% до 67,5%, а в случае тетрабутоксатитана - с 67,63. % до 70,1%. При высокой температуре была обнаружена та же закономерность, выход бис-(2-гидроксиэтилен)терефталата составил 78,7% (катализатор ацетат цинка) и 75,2% (катализатор тетрабутоксититан).

С целью расширения возможностей использования катализатора как фактора, влияющего на процесс алкоголиза, мы изучили влияние различных катализаторов на выход бис-(2-гидроксиэтилен)терефталата для этой системы.

*Влияние природы и количества катализатора на процесс алкоголиза.* В научных работах некоторых учёных в качестве катализаторов использовались оксиды и карбонаты металлов, а также изучалось их влияние на выход бис-(2-гидроксиэтилен) терефталата. В данном случае соотношение ВПЭТ:ЭГ было выбрано равным 1:5 моль/моль электрической цепи, продолжительность - 6 часов, температура - 196 °С, количество катализатора - 1%. В качестве катализаторов были взяты оксиды и соли, такие как MgO, ZnO, NaHCO<sub>3</sub>,

$\text{Na}_2\text{CO}_3$  . Как видно из таблицы 7, при тех же условиях синтеза, что и катализаторы переходят от 1 к 6 Показано, что выход бис-(2-гидроксиэтилен)терефталата увеличился с 64,5 % до 81,17 % (в случае ацетата цинка) .

**Таблица 7**

**Влияние катализатора на выход бис-(2-гидроксиэтилен)терефталата**

Нет	Мольное соотношение	время, час	Тип и количество катализаторов, %		Температура, °С	Выход, %
1	1:5	6	ТБТ	1	196	73,8
2	1:5	6	ZnO	1	196	64,5
3	1:5	6	$\text{NaHCO}_3$	1	196	79,8
4	1:5	6	MgO	1	196	65,8
5	1:5	6	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	1	196	64,82
6	1:5	6	$\text{Zn}(\text{Ac})_2$	1	196	81,17

Также  $\text{NaHCO}_3$  отличался своей активностью по отношению к MgO, ZnO,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

В результате наших исследований было установлено, что наилучшие результаты были получены с использованием ацетата цинка. При изучении влияния температуры, продолжительности времени и различных катализаторов выход бис-(2-гидроксиэтилен)терефталата выход составил 81,1% .

По сравнению с другими катализаторами чистота полученного бис-(2-гидроксиэтилен)терефталата с использованием ацетата цинка лучше.

В результате проведенных исследований по изучению влияния различных катализаторов на процесс алкоголиза с использованием вторичного полиэтилентерефталата можно сделать следующие выводы:

Установлено, что использование кислых солей металлов в качестве катализатора при первой обработке вторичного полиэтилентерефталата

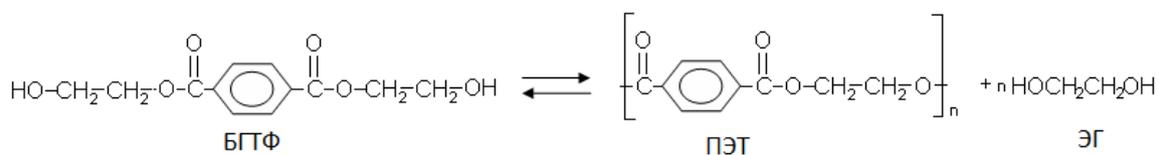
- приводит к более высокому выходу бис-(2-гидроксиэтилен)терефталата;
- среди используемых солей металлов чаще всего использовался ацетат цинка, и было известно, что он дает наибольшую эффективность.

В результате наших исследований для алкоголиза вторичного полиэтилентерефталата выбраны оптимальные условия проведения процесса:

- температура 190 °С, продолжительность алкоголиза 10 часов, мольное соотношение ВПЭТ:ЭГ 1:12, количестве катализатора 0,5%, выход бис-(2-гидроксиэтилен)терефталата 80,1% ,

- температура 196 °С, продолжительность 4 часа, мольное соотношение ВПЭТ:ЭГ 1:4, количество катализатора 1%, выход бис-(2-гидроксиэтилен)терефталата 83,1%.

*Синтез полиэтилентерефталата из продукта алкоголиза . Уравнения реакций этих процессов приведены ниже:*



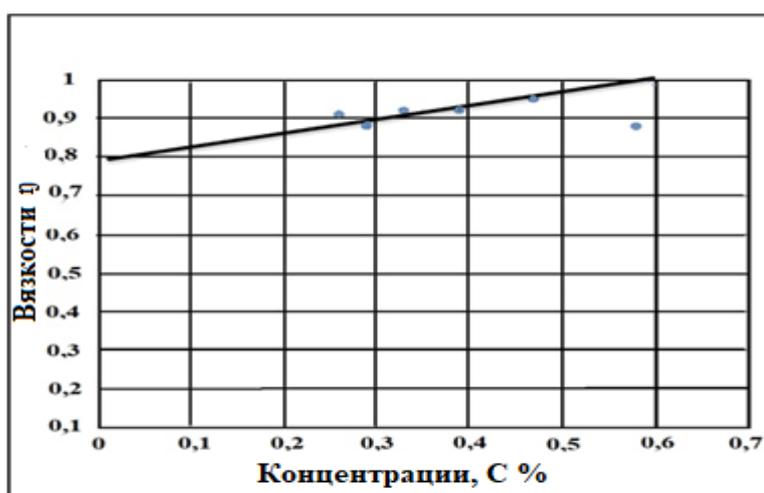
Среднюю молекулярную массу синтезированного полиэтилентерефталата определяли вискозиметрическим методом (диаметр капилляра вискозиметра 1,31 мм,  $K=1,7 \cdot 10^4$ ,  $\alpha=0,83$ ). Эти константы использовались для определения каждого образца. Полученные результаты представлены в таблице 8 ниже.

**Таблица 8**

**Время прохождения и вязкость разбавленного раствора полиэтилентерефталата в дихлорэтане/феноле в соотношении 60/40.**

№т	Концентрация раствора, %	Время истечения раствора, сек	$\Pi_{\text{нис}} = t_1/t_0$	$\Pi_{\text{сол}} = t_1/t_0 - 1$	$\Pi_{\text{кел}} = \Pi_{\text{сол}}/C$	$\Pi_{\text{лог}} = \ln \Pi_{\text{нис}}/C$	$[\eta]$
1	0 (растворитель)	25	—	—	—	—	—
2	0,5	41.4	1,65	0,65	0,65	1	0,8
3	0,25	40.15	1,6	0,6	0,72	0,83	
4	0,125	37,6	1,5	0,5	0,7	0,71	
5	0,0625	36,25	1,45	0,45	0,75	0,6	

На основании полученных результатов был построен график зависимости характеристической вязкости раствора от концентрации раствора (рис. 2).



**Рис. 2. Кривая эксплуатации характеристической вязкости полиэтилентерефталата**

Среднюю молекулярную массу полимера определяли по уравнению Марка-Куна Хауинка, приведенному выше. Для полиэтилентерефталата

значения  $K$  и  $\alpha$  были равны  $\eta = 0,8$ . Выявленные показатели приведены в таблице 9.

На основе выявленных факторов синтезированы полиэтилентерефталаты на основе бис-(2-гидроксиэтилен)терефталата и изучены их физико-химические свойства (табл. 10).

**Таблица 9**

**Свойства полученных бис-(2-гидроксиэтилен)терефталата и синтезированных на их основе полиэтилентерефталата**

№	Название	Температура плавления, °С	Средняя молекулярная масса (г/моль)
1.	Чистый ПЭТ	253 -258	29510 ~ 42657
2.	Вторичный ПЭТ	220-238	19952 г.
3.	ПЭТ на основе БГТФ ( ДМТФ).	239-247,13	22838
4.	ПЭТ на основе БГТФ	245-248,1	23896

Как видно из таблицы 9, средняя молекулярная масса полученного полиэтилентерефталата на основе бис-(2-гидроксиэтилен)терефталата соответствовала молекулярной массе общепринятого полиэтилентерефталата. Эти показатели подтверждены результатами ДСК, согласно которым можно наблюдать, что температура плавления первичного полиэтилентерефталата составляет 253-258 °С, полиэтилентерефталата, полученного из бис-(2-гидроксиэтилен)терефталата, - 248,1 °С, а для полиэтилентерефталата на основе диметилтерефталата – 247,13 °С

На основе бис-(2-гидроксиэтилен)терефталата, полученного современными методами физико-химического анализа, отмечена совместимость структуры и свойств полиэтилентерефталата. Это доказывает, правильность выполненных нами технологические процессы в ходе исследований.

**Таблица 10**

**Технологические свойства синтезированного полиэтилентерефталата и промышленных образцов**

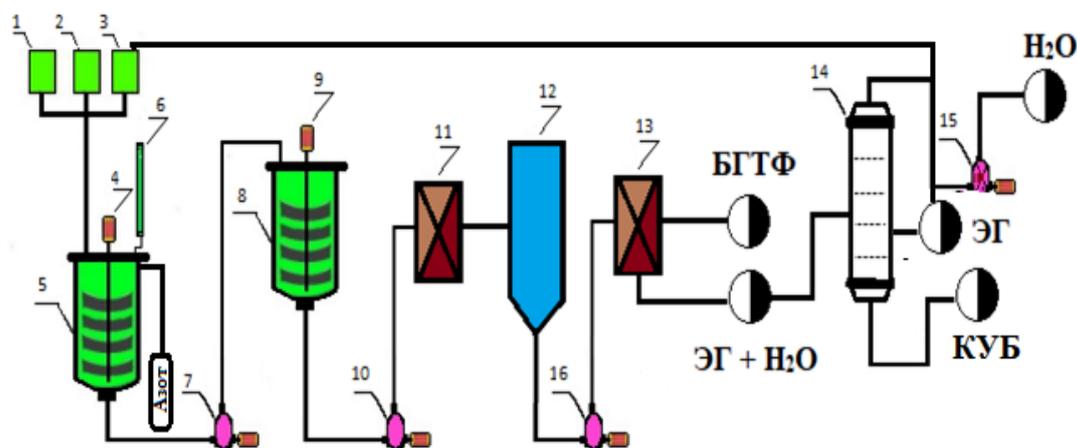
Имя	Индикаторы		
	Характеристическая вязкость, [ $\eta$ ]	Средняя молярная масса в г/моль	Плотность, г/см <sup>3</sup>
Первичный ПЭТ	0,91	42657	1,394
Вторичный ПЭТ	0,63	19952 г.	1,248
ПЭТ на основе ДМТФ	0,73	23865	1,284
ПЭТ на основе БГТФ	0,68	21896	1,278

Из таблицы 10 видно, что физико-химические свойства первичного полиэтилентерефталата, полученного алкоголизацией вторичного полиэтилентерефталата этиленгликолем, по сравнению с первичным

полиэтилентерефталата и полиэтилентерефталата, полученным традиционными методами, оказались схожими. Полученные результаты подтвердились своей точностью и восстановлением.

В четвертой главе диссертации «**Технологическая схема и технико-экономическая эффективность получения волокнообразующего полиэтилентерефталата из продуктов алкоголиза**» описаны технологии производства волокнообразующего полиэтилентерефталата.

В результате проведенных научных исследований совместимость полиэтилентерефталата, синтезированного в лабораторных условиях, с физико-химическими и современными аналитическими методами послужила созданию технологических режимов.



**Рис. 4. Технологическая схема производства бис-(2-**

**гидроксиэтилен)терефталата из вторичного полиэтилентерефталата**

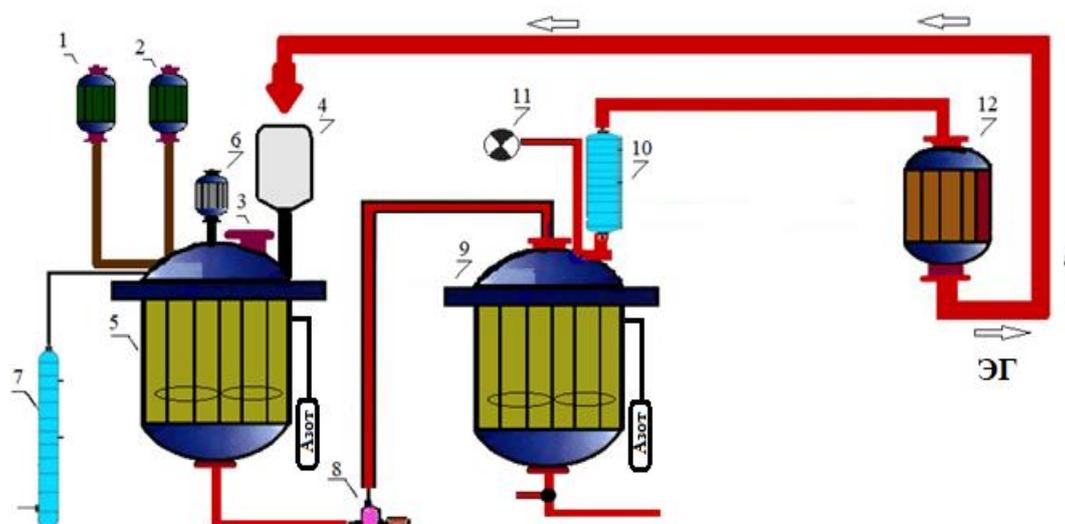
1, 2, 3–дозатор; 4, 9–электр двигатель; 5, 8–реактор; 6- холодильник; 7, 10–насос; 11, 13–фильтр; 12- совок сув; 14- дистиллятор; 15–вакуум насос.

Бис-(2-гидроксиэтилен)терефталата 1,2,3 - дозаторы - вторичный полиэтилентерефталата и этиленгликол и катализатор отмеряют в необходимом количестве и заливают в реактор. Реакцию проводят в реакторе (5) при температуре 190-195 °С в течение 4-8 часов при перемешивании в мешалке (4-9). Конденсированный в реакции этиленгликол возвращают в реакционную среду с помощью холодильника 6. Затем полученный продукт алкоголиза через насосы 7-10 переносят во второй реактор 8 для разделения, где его выдерживают при температуре 90-95 °С в течение 25-30 минут с продуктом алкоголиза и в 4 раза большем количестве дистиллированной воды, и фракции разделяются через фильтр 11 сепарации (фракция 1). Водянистая часть, прошедшая через фильтр 12 - снова фильтруется 13 в холодильнике при температуре 0-2 °С (фракция 2). Оставшуюся часть отделяют от воды и этиленгликол через 14-й дистиллятор. В системе создается вакуум.

Производство первичного полиэтилентерефталата осуществлялось двумя способами:

*Первый способ* –полученный бис-(2-гидроксиэтилен)терефталат был помещен в 9-й реактор. Процесс синтеза проводился в инертной среде при -10,

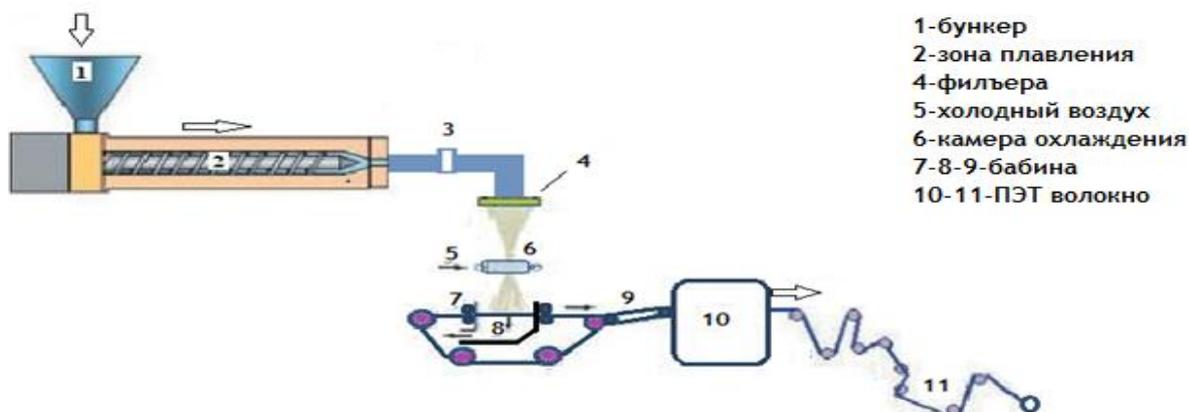
под вакуумом 11 ( $-1\text{кгк/м}^2$ ) в течение 1-2 часов при температуре 270-280 °С (рис. 5.)



**Рис. 5. Технологическая схема производства первичного полиэтилентерефталата из вторичного полиэтилентерефталата**

1, 2, 4—дозатор; 3—люк 5, 9—реактор; 6—электр двигатель; 7, 10- холодильник; 8—насос; 11— вакуум; 12—сборник

*Второй метод* - где 1,2,4 - отмеряют из дозаторов вторичный полиэтилентерефталата и этиленгликоль и катализатор в необходимом количестве и заливают в реактор.  $195 \pm 2$  °С в реакторе (5). Реакцию проводили в 7-10 инертной атмосфере при температуре в течение 4-8 часов при перемешивании в мешалке (6). После завершения процесса синтеза через 8-й насос передавали в 9-й реактор, причем здесь процесс синтеза проводили в инертной атмосфере -10, под вакуумом 11, при температуре 270-280 °С в течение 1- 2 часов. Этот процесс представляет собой процесс поликонденсации, избыток этиленгликоля отделяется, собирается в сборнике 12 и возвращается в исходную реакцию среду.



- 1-бункер
- 2-зона плавления
- 4-фильтра
- 5-холодный воздух
- 6-камера охлаждения
- 7-8-9-бабина
- 10-11-ПЭТ волокно

**Рис. 6. Технологическая схема производства ПЭТ-волокна в промышленности**

Полученный полиэтилентерефталат подается в экструдер через 1-й бункер. В экструдере 3 секции, в 1-й секции тщательно перемешивается

полиэтилентерефталат при температуре 190-220 °С, во 2-й секции полиэтилентерефталат плавится при температуре 230-250 °С, в 3-й секции расплывается жидкий полиэтилентерефталат, подается через 3-й насос в 4-й наполнитель. ПЭТ -волокно, выходящее из фильера, проходит через 5-е охлаждение, проходит через 6-ю охлаждающую камеру, вытягивается и наматывается в бобину 7-8-9, а ПЭТ-волокно выводится в 10-11-й.

Его получают на основе вторичного полиэтилентерефталата . Полупромышленные испытания ПЭТ-волокна осуществляется на предприятии «DEGREZ TEKS LTD» (табл. 11).

**Таблица 11**

**Свойства синтезированного полиэтилентерефталата**

Показатели	ПЭТ волокно (ИПЭТ полученное алкоголизом)	ПЭТ волокно (ИПЭТ полученное алкоголизом)	ПЭТ волокно (полученное ДМТ)	ПЭТ волокно (полученное ПАВПЭТ)	ПЭТ волокно (полученное ПАВПЭТ)
Продолжительность (часы)	20 минут, 260 °С, 40 минут, 280 °С	40 минут, 260 °С, 2 Часы, 280 °С	20 минут, 260 °С, 40 минут, 280 °С	20 минут, 260 °С, 40 минут, 280 °С	40 минут, 260 °С, 2 Часы, 280 °С
Полимеризационная плита (°С)	237-245	250-257	242-255	230-234	245-252
Характеристическая вязкость,(дл/г)	0,58-0,6	068-071	0,64-0,68	0,54-0,58	0,63-0,68
Средняя молекулярная масса , (г/моль), (Вискозиметрия)	18326-19903	21038-23698	19503-22008	17365-17921	19903-21987

**Таблица 12**

**Цена сырья для производства 100 кг волокнообразующего полиэтилентерефталата**

№	100 кг волокнообразующего полиэтилентерефталат	Стоимость получения 100 кг продукта	Количество Сум за 1 кг массы	Сумма указана за 100 кг массы.
1	Вторичный полиэтилентерефталат	143 , 7	4500	6 46650
2	Этиленгликоль	46,4	12000	556800
3	Ацетат цинка	1437	130000	186810
4	Азотный газ	10,0	350	3500
	<b>ОБЩИЙ</b>	<b>100%</b>		<b>1393760</b>

По данным, представленным в таблице 12, 100 кг волокнообразующего полиэтилентерефталата На сырье потрачено 1 393 760 сумов. Общие затраты на производство I представлены в следующей таблице.

**Общая стоимость производства 100 кг волокнообразующего  
полиэтилентерефталата**

Название	Цена, сум
Заработная плата, сум/1 день	100 00
Единый социальный взнос 12%	12 00
100 кг волокнообразующего полиэтилентерефталата	1393760
Дополнительные расходы	300 00
Неожиданные обстоятельства	150 00
Прибыль 5%	2 138 60
НДС 7 %	2 994 04
Общий	1963224

Общая структура цен на производство 100 кг волокнообразующего полиэтилентерефталата составила 1 9632 240 сумов (1,6 доллара США за кг). Если средняя цена импортного полиэстера полиэтилентерефталата составляет 2-3 доллара, 1 кг полиэфирного волокна полиэтилентерефталата позволит сэкономить 0,4-1,4 доллара (4908-17178 сумов).

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. Рекомендовано подходящее решение для переработки вторичного полиэтилентерефталата;

2. Изучены условия образования, выход и свойства бисгидроксиэтилентерефталата при алкоголизе вторичного полиэтилентерефталата этиленгликолизом;

3. Установлено, что в процессе алкоголиза в присутствии тетрабутоксититанового катализатора при повышении температуры с 190 до 196 °С выход бис-(2-гидроксиэтилен)терефталата в различных соотношениях остается практически неизменным - 70,1, а при использовании ацетата цинка увеличивается с 77,9 до 83,5 %.. Нами выбран оптимальный режим получения бис-(2-гидроксиэтилен)терефталата из вторичного полиэтилентерефталата - температура – 196 °С, продолжительность 4 часа и в присутствии катализатора ацетата цинка.

4. Определены физико-химические и технологические свойства синтезированных бис-(2-гидроксиэтилен)терефталата и полиэтилен терефталата на их основе, проанализирована структура с помощью современных ИК- и ПМР-спектров. Полученные аналитические результаты оказались в полном согласии при сравнении с промышленными образцами полиэтилентерефталата.

5. Разработаны режимы получения полиэтилентерефталата различного назначения и технологических свойств из бис-(2-гидроксиэтилен)терефталата;

6. Предложена технология производства ПЭТ-волокна из ПЭТ синтетического волокна и отобраны опытные образцы. На основе разработанной технологии было произведено 100 кг волокна в полупромышленных условиях, стоимость полученного полиэфирного волокна полиэтилентерефталата определена как более дешевая, чем импортируемое ПЭТ-волокно, что позволило использовать его вместо импортируемого ПЭТ-волокна.

**ONE SCIENTIFIC COUNCIL ON THE BASIS OF THE SCIENTIFIC  
COUNCIL DSc.03/30.12.2019.T.04.01 AT ON AWARDING SCIENTIFIC  
DEGREES AT THE TASHKENT CHEMICAL-TECHNOLOGICAL  
INSTITUTE  
TASHKENT CHEMICAL-TECHNOLOGICAL INSTITUTE**

**ABDUVOKHIDOV IQBOLJON QURVONALI O'G'LI**

**STUDY OF THE SYNTHESIS OF BIS-(2-HYDROXYETHYLENE)  
TEREPHTHALATE BASED ON SECONDARY POLYETHYLENE  
TEREPHTHALATE AND CONDITIONS FOR OBTAINING PRIMARY  
POLYETHYLENE TEREPHTHALATE BASED ON IT**

**02.00.14 - Technology of organical compounds and materials on their base**

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR  
OF PHILOSOPHY (PhD) BY TECHNICAL SCIENCES**

**Tashkent - 2024**

The topic of the Doctor of Philosophy (PhD) dissertation in technical sciences is registered with the Higher Attestation Commission under the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan under number B2024.2.PhD/T4549.

The dissertation was carried out at Tashkent Chemical-Technological Institute.

The abstract of dissertation in three languages (Uzbek, Russian and English (resumes)) is available online [www.tkti.uz](http://www.tkti.uz) and on the website of «ZiyoNET» information-educational portal [www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz).

**Scientific supervisor:** Adilov Ravshan Irkinovich  
Doctor of Technical Sciences, Professor

**Official opponents:** Kadirov Tulkin Jumaevich  
Doctor of Technical Sciences, Professor

Muxiddinov Bahodir Faxriddinovich  
Doctor of Chemical Sciences, Professor

**Leading organization:** Fergana Polytechnic Institute

The defense of the dissertation will take place on « 8 » 06 2024 in « 13<sup>00</sup> » at the meeting of Scientific council DSc.03/30.12.2019.T.04.01 at the Tashkent Chemical-Technological Institute (Address: 100011, Tashkent, Shaikhontakhur district, A. Navoi Str., Phone: (998-71) 244-79-20, fax: (998-71) 244-79-17, e-mail: [info@tkti.uz](mailto:info@tkti.uz), [www.tkti.uz](http://www.tkti.uz)).

The doctoral dissertation has been registered at the Informational Resource Centre of the Tashkent Chemical - Technological Institute under № 784 (Address: 100011, Tashkent, Shaikhontakhur district, A. Navoi Str., Phone: (998-71) 244-79-20).

The abstract of the dissertation has been distributed on « 6 » 05 2024 year.  
Protocol at the register № 484 dated « 6 » 05 2024 year.



*S.M. Turobjonov*  
S.M. Turobjonov  
Chairman of the scientific council  
for awarding scientific degrees,  
Doctor of Technical Sciences, Professor

*X.I. Kadirov*  
X.I. Kadirov  
Scientific Secretary of the Scientific  
Council for Award of the scientific Degrees,  
Doctor of Technical Sciences, associate professor

*G.R. Rahmonberdiyev*  
G.R. Rahmonberdiyev  
Chairman of the scientific seminar at the scientific  
council for the award of scientific degrees,  
Doctor of Chemical Sciences, Professor

## INTRODUCTION (abstract of the PhD dissertation)

**The aim of the research work.** Systematic research of the process of alcoholization of secondary polyethylentereftalate and determination of the possibility of obtaining primary polyethylentereftalate forming a fiber.

**The objects of the research work.** Secondary polyethylenterephthalate, ethylene glycol, catalysts (zinc acetate, tetrabutoxy titanium, magnesium oxide, zinc oxide, sodium carbonate, sodium bicarbonate) bis-(2-hydroxyethylene)terephthalate, primary polyethylene terephthalate.

**The scientific novelty of the research work** is as follows:

the chemical destruction of secondary polyethylene terephthalate with ethylene glycol was studied, the optimal conditions for obtaining bis-(2-hydroxyethylene) terephthalate, optimal ratios and factors influencing the yield were studied;

it was determined that when the temperature of the alcohololysis process increases from 190 to 196 °C in the ratio of SPET:EG = 1:4 chain mol/mol, the yield of bis-(2-hydroxyethylene) terephthalate increases from 67.5 to 83.5%;

the structure and properties of the synthesized bis-(2-hydroxyethylene) terephthalate were determined using physico-chemistry and modern IR and PMR spectra, and as a result, the exact identity was determined;

the activity of a strong base catalyst (zinc acetate) has been proven as it passes to tetrabutoxytitanium, sodium bicarbonate, and zinc acetate in the alcohololysis process;

based on the obtained bis-(2-hydroxyethylene)terephthalate, the modes of production of fiber-forming polyethylene terephthalate have been determined;

polyethylene terephthalate polycondensation process stepwise (40 minutes, 260 °C, 2 hours, 280 °C) shows that the average molecular mass (23500 g/mol) of the sample does not fall behind the industrial analogue indicator;

on the basis of the analysis of the production process, polyethylene terephthalate production technology was developed.

**Implementation of the research results.** Based on the scientific results obtained in the development of technology for producing primary polyethylene terephthalate based on secondary polyethylene terephthalate:

included in the “List of promising developments for implementation in 2023-2025” by the JV “DEGREZ TEKS LTD”, the technology of alcoholization of primary polyethylene terephthalate in the presence of a zinc acetate catalyst (Certificate of the Association “O‘ZTO‘QIMACHILIKSANOAT” of the Republic of Uzbekistan dated May 19, 2023 No. 03/25 -1098). As a result, it made it possible to produce import-substituting fiber bis-(2-hydroxyethylene)-terephthalate in the primary polyethylene terephthalate system;

technology for producing polyester fibers based on hydrolysis products of recycled polyethylene terephthalate alcohol is included in the “List of promising developments for implementation in 2023-2025” by the JV “DEGREZ TEKS LTD”. (Report of the Association “O‘ZTO‘QIMACHILIKSANOAT” of the Republic of Uzbekistan dated May 19, 2023 No. 03/25-1098). As a result, it was possible to replace imported Pet Polyester Bhilosa fiber (India) with high-quality domestic polyester fiber.

**The structure and volume of the dissertation.** The composition of the dissertation consists of an introduction, a turta chapter, a conclusion, A list of used literature and an appendix. The volume of the dissertation is 94 pages.

**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**  
**I бўлим (I часть; I part)**

1. Абдувохидов И.Қ., Джураев А.Б., Алимухамедов М.Г., Магруппов Ф.А. Влияние условий проведения алкоголиза вторичного полиэтилентерефталата на выход бисгидроксиэтилтерефталата. Химия и химическая технология, Тошкент 2019, -№4.- Р. 54-57.
2. Абдувохидов И.Қ., Джураев А.Б., Алимухамедов М.Г., Адиллов Р.И., Турабов Б.А., Влияние параметров алкоголиза вторичного полиэтилентерефталата на выход бисгидроксиэтилтерефталата. Universum: технические науки: научный журнал. Москва 2022, – № 1(94). Часть 2. –С. 76-79
3. Абдувохидов И.Қ., Джураев А.Б., Алимухамедов М.Г., Магруппов Ф.А. Адиллов Р.И. Investigation of the conditions for the formation of primary fiber forming polyethylene terephthalate from its waste. Harvard Educational and Scientific Review. Vol.3. Issue 3 Pages 83-94. United Kingdom 2022.
4. Абдувохидов И.Қ., Джураев А.Б., Алимухамедов М.Г., Адиллов Р.И. Research of the product obtained as a result of the depolymerization of secondary polyethyleneterephthalate with ethyleneglycol. Scientific and Technical Journal of Namangan Instituti of Engineering and Technology. Namangan 2022, - Vol 7 Issue 4, 164-176.
5. Абдувохидов И.Қ., Джураев А.Б., Турабов Б.А. Иккиламчи полиэтилентерефталат алкоголиз шароитининг бис-(2-гидроксиэтилен)терефталат чиқиш унумига таъсири. Euro asia 8<sup>th</sup> International congress on applied sciences. Tashkent March 15-16, 2021.
6. Абдувохидов И.Қ., Джураев А.Б. Иккиламчи полиэтилентерефталат алкоголиз шароитининг бис-(2-гидроксиэтилен)терефталат чиқиш унумига таъсири. Актуальные проблемы инновационных технологий химической, нефтегазовой и пищевой промышленности. Сборник трудов научно-технической конференции, Тошкент 2020, 18-19 ноября, - С. 19-20
7. Абдувохидов И.Қ., Джураев А.Б., Алимухамедов М.Г., Эрназарова С. Ш. Ikkilamchi polyester tolası va teksturlangan ipining molekulyar xarakteristika larini tadqiq etish. Умидли кимёгарлар. Тошкент 2021, 55-бет
8. Абдувохидов И.Қ., Джураев А.Б., Алимухамедов М.Г., Губайдуллин Р.Ш. Изучение ИК-спектрального анализа продуктов алкоголиза ВПЭТ с глицерином. Актуальные проблемы инновационных технологий химической, нефтегазовой и пищевой промышленности. Сборник трудов научно-технической конференции, Тошкент 2020, 18-19 ноября, - С. 28-29
9. Абдувохидов И.Қ., Алимухамедов М.Г., Турабов Б.А. Иккиламчи полиэтилентерефталат билан этиленгликол алкоголизини хилма-хил катализаторлардан фойдаланган холда ўрганиш. Xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya materiallar to'plami, Namangan 2021, 23-24 noyabr, 59-60 betlar

10. Abduvohidov I.Q., Hudoyberdiyev A.I Jo'rayev A.B., Adilov R.I., Alimuhamedov M.G. Polietilentereftalat saqlovchi chiqindilar asosida murakkab turdagi oligomerlar sintezi. Kimyo fanlari doktori , prof. Akbarov H.I. tavalludining 70-yilligiga bag'ishlangan "Kimyoning dolzarb muammolari" mavzusidagi respublika ilmiy-amaliy anjumani. O'zMu. Toshkent, 2021, 4-5 fevral. 105-bet.

11. Abduvohidov I.Q., Hudoyberdiyev A.I Jo'rayev A.B., Adilov R.I., Alimuhamedov M.G. Иккиламчи полиэтилентерефталат билан этиленгликол алкоголизини хилма-хил катализаторлардан фойдаланган холда ўрганиш. Tabiiy polimerlar asosida biologik aktiv moddalar kimyosi va texnologiyasining dolzarb muammolari. Respublika miqyosidagi ilmiy-texnikaviy anjumandagi talabalar, magistrlar, doktorantlar, mustaqil izlanuvchilar tegishli sohalar olim va mutaxassislarning maqolalar to'plami, Toshkent 2022, 28-29 sentabr 203-204 betlar

12. Abduvohidov I.Q., Jo'rayev A.B. Ikkilamchi polietilentereftalatdan bisgidroksietilentereftalat olish va sanoatda olinadigan bisgidroksietilentereftalat bilan solishtirish. Умидли кимёгарлар. Тошкент 2021, 3-4 бетлар