

**ПОЛИМЕРЛАР КИМЁСИ ВА ФИЗИКАСИ ИНСТИТУТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.02/30.12.2019.К/ФМ/Т.36.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ПОЛИМЕРЛАР КИМЁСИ ВА ФИЗИКАСИ ИНСТИТУТИ

ТУРДИҚУЛОВ ИСЛОМ ХАЙИТБОЙ ЎҒЛИ

**ПОЛИЭТИЛЕН АСОСИДА БИОПАРЧАЛАНУВЧИ
МАТЕРИАЛЛАРНИНГ ОЛИНИШИ, ТУЗИЛИШИ ВА ХОССАЛАРИ**

02.00.06 – Юқори молекуляр бирикмалар

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

Тошкент – 2022

УЎТ:547.458.61

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)

Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)

Турдикулов Ислом Хайитбой ўғли

Полиэтилен асосидаги биопарчаланувчи материалларнинг
олиниши, тузилиши ва хоссалари 3

Турдикулов Ислом Хайитбой угли

Получение, структура и свойств биоразлагаемых материалов на
основе полиэтилена 21

Turdikulov Islom Khayitboy ogli

Obtaining, structure and property of the biodegradable materials based
on polyethylene 39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published..... 42

**ПОЛИМЕРЛАР КИМЁСИ ВА ФИЗИКАСИ ИНСТИТУТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.02/30.12.2019.К/ФМ/Т.36.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ПОЛИМЕРЛАР КИМЁСИ ВА ФИЗИКАСИ ИНСТИТУТИ

ТУРДИҚУЛОВ ИСЛОМ ХАЙИТБОЙ ЎҒЛИ

**ПОЛИЭТИЛЕН АСОСИДАГИ БИОПАРЧАЛАНУВЧИ
МАТЕРИАЛЛАРНИНГ ОЛИНИШИ, ТУЗИЛИШИ ВА ХОССАЛАРИ**

02.00.06 – Юқори молекуляр бирикмалар

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

Тошкент – 2022

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида B2021.4.PhD/K437 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Полимерлар кимёси ва физикаси институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (polchemphys.uz) ва «ZiyoNet» ахборот-таълим порталида (www.ziyounet.uz) жойлаштирилган.

| | |
|----------------------------|---|
| Илмий раҳбар: | Атаханов Абдумутолиб Абдупатто ўғли техника фанлари доктори |
| Расмий оппонентлар: | Мухамедиев Мухтаржан Ганиевич кимё фанлари доктори, профессор Рафиков Адхам Салиевич кимё фанлари доктори, профессор |
| Етакчи ташкилот: | Тошкент кимё-технологияси институти |

Диссертация химояси Полимерлар кимёси ва физикаси институти ҳузуридаги DSc.02/30.12.2019.K/FM/T.36.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2022 йил «10» июнь соат 14:00 даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100128, Тошкент шаҳри, Абдулла Қодирий кўчаси, 7⁶ уй. Тел.:(+99871) 241-85-94, факс: (+99871) 241-26-60, e-mail: polymer@academy.uz)

Диссертация билан Полимерлар кимёси ва физикаси институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин. (31 рақами билан рўйхатга олинган.) (Манзил: 100128, Тошкент шаҳри, Абдулла Қодирий кўчаси, 7⁶ уй. Тел.:(+99871)241-85-94).

Диссертация автореферати 2022 йил « 26 » май куни тарқатилди.
(2022 йил « 26 » май даги 4 рақамли реестр баённомаси.)

С.Ш.Рашидова

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш раиси, к.ф.д., профессор, академик

М.М.Усманова

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш илмий котиби, к.ф.н., катта илмий ходим

В.О. Кудышкин

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси муовини, к.ф.д., профессор

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Дунёда синтетик полимер материалларнинг қўлланилиш соҳалари кенгайиши билан бир қаторда, улардан ҳосил бўладиган пластик чиқиндиларнинг экология тизимига салбий таъсири ҳам ортиб бормоқда. Ушбу пластик чиқиндиларнинг табиий шароитда узок муддат (юз йиллар) давомида парчаланиши глобал экологик муаммони келтириб чиқармоқда ва бу муаммони илмий ёндашувларга асосланган ҳолда ҳал қилиш долзарб масалалардан бири ҳисобланади.

Жаҳонда синтетик полимерлар асосидаги чиқиндиларни утилизация қилиш бўйича турли хил йўналишларда, жумладан, чиқиндиларни қайта ишлаш орқали техник мақсадларга мўлжалланган маҳсулотлар ишлаб чиқиш, ҳар хил табиатга эга бўлган қўшимчалар қўшиш орқали биопарчаланувчи композициялар яратиш бўйича илмий изланишлар фаол олиб борилмоқда. Бу борада, синтетик полимерлар таркибига биопарчаланувчан табиий юқори молекуляр бирикмалар, қуёш нурлари таъсирида фотодеструкцияси жараёнини иницирловчи қўшимчалар қўшиш орқали биопарчаланувчи композицияларни яратиш каби йўналишларда мақсадли илмий изланишларни амалга ошириш муҳим илмий ва амалий аҳамиятга эга.

Республикамизда соғлом экотизимни сақлаш, яшил технологияларни жорий этиш, экологик хавфсиз полимер маҳсулотлар яратишга доир илмий-амалий тадқиқотларга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Жумладан, маҳаллий хом ашёлар асосида импорт ўрнини босувчи ва экспортга мўлжалланган маҳсулотлар яратишни ривожлантиришда илмий изланишларни юқори даражада ташкил этиш ҳамда иқтисодий ўсиш суръатларини сақлаш ва маҳаллий ишлаб чиқаришни қўллаб-қувватлаш бўйича кенг қамровли чора тадбирлар амалга оширилиб, рақобатбардош полимер маҳсулотларни ишлаб чиқариш борасида муҳим натижаларга эришилмоқда. Мамлакатимизни янада ривожлантириш бўйича Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегиясида¹, 2030 – йилгача бўлган илм-фанни ривожлантириш концепциясида² «...маҳаллий хомашё ресурсларини чуқур қайта ишлаш асосида юқори қўшимча қийматли тайёр маҳсулот ишлаб чиқариш...» вазифалари белгилаб берилган. Бу борада Ўзбекистон Республикасида маҳаллий синтетик полимерлар асосида биопарчалануш хусусиятига эга бўлган, механик хоссалари бўйича синтетик полимерлар ўрнини боса олувчи экохавфсиз полимер композицияларини яратиш ва уларни ишлаб чиқариш технологиясини ўзлаштиришга йўналтирилган илмий-амалий тадқиқотлар олиб бориш муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 3 апрелдаги ПҚ-4265-сонли “Кимё саноатини янада ислоҳ қилиш ва унинг инвестициявий

¹Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60-сон «2022–2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида» Фармони.

²Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2020 йил 29 октябрдаги ПФ-6097-сон «Илм-фанни 2030 йилгача ривожлантириш концепциясини тасдиқлаш тўғрисида» Фармони.

жозибаторлигини ошириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги Қарори, 2019 йил 30-октябрдаги ПФ-5863-сонли «2030 йилгача бўлган даврда Ўзбекистон Республикасининг атроф муҳитни муҳофаза қилиш концепциясини тасдиқлаш тўғрисида» Фармони, 2020 йил 12 августдаги ПҚ-4805-сонли “Кимё ва биология йўналишларида узлуксиз таълим сифатини ва илм-фан натижадорлигини ошириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ҳамда 2021 йил 13 февралдаги ПҚ-4992-сонли “Кимё саноати корхоналарини янада ислох қилиш ва молиявий соғломлаштириш, юқори қўшилган қийматли кимёвий маҳсулотлар ишлаб чиқаришни ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги Қарорлари шунингдек, мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг Республика фан ва технологияларини ривожланиши устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот Республика фан ва технологиялар ривожланишининг VII. «Кимёвий технологиялар ва нанотехнологиялар» устувор йўналишларига мувофиқ бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Дунёнинг қатор етакчи илмий марказларида табиий шароитда парчаланиш хусусиятига эга бўлган композициялар яратиш бўйича илмий изланишлар жадаллик билан олиб борилмоқда. Чоп этилган нашрларнинг кўпчилигида асосан синтетик полимерлар (полиэтилен (ПЭ), полипропилен (ПП) ва бошқ.) асосида биопарчаланиш хусусиятига эга бўлган янги композицион материаллар яратишга бағишланган. Синтетик ва табиий полимерлар (крахмал, целлюлоза, хитозан ва бошқ.) асосида биопарчаланувчи композициялар яратиш бўйича олиб борилган илмий йўналишларни ривожлантиришга С.З. Роговина, А.А. Попов, А.И. Суворов, Р.К. Roy, I.Jakubowicz ва бир қатор илмий мактаблар катта ҳисса қўшишган.

Республикада мазкур йўналиш ривожига академик С.Ш. Рашидова, профессорлар Н.Р. Ашуров, А.А. Саримсоқов, В.О. Кудишкин, т.ф.д. А.А. Атаханов ва бошқалар ўз ҳиссаларини қўшган.

Ушбу изланишларга қадар адабиётларда синтетик полимерлар асосида ҳам микроорганизмлар, ҳам ультрабинафша нурлар таъсирида парчаланувчан композициялар яратиш, уларнинг полимер матрицада бир хил тақсимланишини таъминловчи комплекс табиатга эга компатибилизаторларни қўллаш борасидаги илмий тадқиқот ишлари етарлича ўрганилмаган. Бу ўз навбатида ушбу йўналишда чуқур фундаментал ва амалий изланишларни амалга ошириш, полиолефин ва табиий полимерлардан ташкил топган композиция таркибига полиолефинни ультрабинафша нурлар таъсирида декструкция жараёнини иницирловчи қўшимчалар қўшиш орқали тўлиқ биопарчаланувчи композицион материаллар яратиш истиқболларини юзага келтиради.

Тадқиқотнинг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот иши режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Ўзбекистон Республикаси Фанлар академияси Полимерлар кимёси ва физикаси институти илмий тадқиқот

ишлари режасининг ГНТП А-12(102+103) «Маҳаллий хомашё манбааларидан турли мақсадлар учун мўлжалланган целлюлоза олиш ва наноцеллюлоза асосида янги нанокомпозицион материаллар олиш технологиясини яратиш бўйича» (2015-2017 йй.) ва «ИЗ 20170919180 Полиэтилен асосида биопарчаланувчи плёнкалар олиш технологияси» (2018-2019 йй.) мавзуларидаги амалий ва инновацион лойиҳалар доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади полиэтилен асосида биопарчаланувчи композициялар олиш, уларнинг тузилиши ва хоссаларини тадқиқ этишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

турли хом ашёдан олинган крахмал таркибини (амилоза ва амилопектин микдорини) аниқлаш, кўп атомли спиртлар иштирокида пластификация қилиш орқали термопластик ҳолатга ўтказиш (термопластик крахмал (ТПК)) ва полиэтилен билан композициялар олиш;

қуйи молекуляр полиэтиленни малеин ангидриди иштирокида функционализациялаш орқали пайвандланган сополимер синтез қилиш, унинг хосса ва тузилишини тадқиқ қилиш ҳамда номойил икки компонентли полимер системаларда компатибилизатор (КМП) сифатида қўллаш имкониятларини аниқлаш;

ультрабинафша нурлар таъсирида полиэтиленнинг деструкция жараёнини иницирловчи органик кислота тузлари асосида прооксидант бирикмаларни (ПРО) синтез қилиш, хоссалари ва тузилишини тадқиқ қилиш ҳамда полиэтилен билан композициялар олиш;

ПЭ-Кр, ПЭ-ТПК, ПЭ-КМП-ТПК, ПЭ-КМП-ТПК-ПРО ҳар хил таркибли композицияларнинг физик-механик ва биопарчаланиш хоссаларни ўзаро солиштириш орқали тадқиқ қилиш, оптимал таркибли композицияларни танлаш;

танланган таркибли композициялар асосида компаунд ва плёнка ишлаб чиқариш технологиясини яратиш ва тадбиқ қилиш, ҳамда ушбу технология асосида ишлаб чиқарилган маҳсулотларнинг зарарсизлигини, биопарчаланувчанлигини ва қўллаш имкониятларини лаборатория ва табиий шароитларда исботлаш.

Тадқиқотнинг объекти –полиэтиленнинг F-0320 маркаси, турли хом-ашёлардан олинган крахмал намуналари, қуйи молекуляр полиэтилен, карбон кислоталарнинг тузлари ва улар асосидаги композициялар ҳисобланади.

Тадқиқотнинг предметикрахмални термопластик хусусиятга келтириш, қуйи молекуляр полиэтиленни малеин ангидрид билан пайвандланиш қонуниятларини тадқиқ этиш, металл карбоксилатларини синтез қилиш, улар асосида био- ва оксо- парчаланувчи композициялар яратиш, биопарчаланувчи композицияларнинг физик-механик, физик-кимёвий ва биопарчаланувчанлик хусусиятларини тадқиқ қилишдан иборат.

Тадқиқотнинг усуллари.Тадқиқотларда атом кучланиш микроскопия (АКМ), ИҚ-Фурье, УБ-спектроскопия, рентгенография, термогравиметрия, физик-механик ва кимёвий анализ усулларидан фойдаланилган.

Дисертация тадқиқотининг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

кўп атомли спиртлар (глицерин ва сорбитол) аралашмасининг белгиланган аниқ нисбатларда ва оптимал шароитда крахмални пластификация қилиш орқали термопластик ҳолатига ўтказиш шароитлари аниқланган;

илк бор сууюқланмада юқори пайвандланиш даражасига эга малеинизацияланган қуйи молекуляр полиэтилен синтез қилинган, синтез жараёнига таъсир қилувчи ўзгарувчан омилларга боғлиқ равишда реакция кинетикаси тадқиқ қилинган, унинг тузилиши ва хоссалари аниқланган ҳамда полиэтилен асосида композиция олишда компатибилизатор сифатида қўллаш имкониятлари кўрсатилган;

илк бор ўзгарувчан валентли металл тузлари асосида прооксидант (оксо-қўшимча) бирикмалари синтез қилинган ва уларнинг ультрабинафша нурлар таъсирида полиэтилен занжирда деструкция жараёнини иницирлаш хусусияти исботланган;

илк бор янги синтез қилинган компатибилизатор иштирокида полиэтилен, термопластик крахмал, прооксидант асосида мустақкамлиги юқори бўлган, чекланган муддатларда микроорганизмлар ва ультрабинафша нурлар таъсирида биопарчаланувчи плёнка шаклидаги композициялар яратилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагиларда иборат:

полиэтилен асосида биопарчаланувчи композициялар олишда оптимал таркиб, олиш шароитлари ва композициянинг физик-механик, физик-кимёвий ҳамда биопарчаланувчанлик хусусиятлари аниқланган;

полиэтилен асосида биопарчаланувчи материаллар ишлаб чиқариш технологияси яратилган, мазкур технология асосида олинган биопарчаланувчи компаунд плёнка намуналарининг инсон саломатлигига ва тупроқ инфраструктурасига салбий таъсири мавжуд эмаслиги исботланган;

қуёш нурлари таъсирида полиэтиленни парчаланишини таъминловчи оксоқўшимча синтез қилинган ва уни биопарчаланувчанликка таъсири табиий шароитларда ва халқаро стандарт усуллар асосида исботланган;

полиэтилен - термопластик крахмал - компатибилизатор - оксо-қўшимча таркибли биопарчаланувчи компаунд гранула ва унинг асосида олинган плёнка учун меъёрий-техник ва технологик хужжатлар тўплами шакллантирилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Полиэтилен асосида биопарчаланувчи композицияларни олиниши ва уларнинг физик-кимёвий, физик-механик ҳамда биопарчаланувчанлик хоссаларини ўрганиш бўйича олиб борилган тажрибалар натижалари замонавий физик-кимёвий ва халқаро стандарт усуллар ёрдамида аниқланган. Олинган илмий ва амалий натижалар республика ва халқаро илмий анжуманларда муҳокама қилинган.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти шундан иборатки, крахмални пластификациялаш орқали уни термопластик ҳолатга келтириш шароитлари аниқланган, қуйи молекуляр полиэтиленни малеин ангидрид билан модификациялаш орқали малеинизацияланган қуйи молекуляр полиэтилен

синтез қилинган ва у синтетик ва табиий полимерлар асосида композициялар олишда полимер матрицада дисперс фазанинг бир хил тақсимланишини таъминловчи компатибилизатор хусусиятига эга эканлиги илмий асосланган. Ультрабинафша нур таъсирида полиэтилен макромолекуласида деструкция жараёнини иницирловчи оксо-қўшимча синтез қилинган ва унинг полиэтилен парчаланиш жараёнига таъсири кўрсатилган.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти шундан иборатки, полиэтилен асосида биопарчаланувчи компаунд ва плёнкалар олиш технологияси яратилган, ушбу технология асосида озиқ-овқат, қишлоқ ҳўжалиги, халқ ҳўжалиги ва саноатда қадокловчи восита сифатида, бир йиллик ўсимликларни плёнка остига экишда қўлланилиши мумкин бўлган плёнкалар ишлаб чиқариш йўлга қўйилган. Мазкур технология асосида олинган компаунд ва плёнкаларнинг инсон саломатлигига ва экотизимга (тупроқ инфраструктурасига) салбий таъсири мавжуд эмаслиги Тошкент тиббиёт академияси, Тупроқшунослик ва агрокимё илмий тадқиқот институти томонидан аниқланган ва тегишли ҳулосалар олинган.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Полиэтилен асосида биопарчаланувчи материалларнинг олиниши, тузилиши ва хоссалари бўйича олинган илмий натижалар асосида:

инновацион ғоялар, технологиялар ва лойиҳалар республика ярмаркасида “Жиззахпластмасса” АЖ билан полиэтилен асосида биопарчаланувчи плёнка олиш усулини яратиш бўйича шартнома тузилган (2017 йил 24 мартдаги 24/03-сонли шартнома). Натижада полиэтилен асосида биопарчаланувчи плёнка ишлаб чиқариш технологиясини яратиш ва “Жиззахпластмасса” АЖда тадбиқ қилиш имконини берган;

биопарчаланувчи полимер компаунд (Ts 21889093-01:2019) ва биопарчаланувчи полимер плёнка (Ts 25261285-08:2019) учун техник шартлари “Узстандарт” агентлиги томонидан рўйхатдан ўтказилган. Мазкур техник шарт маҳсулотларнинг сифати ва технология жараёнини назорат қилиш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Диссертация бўйича олинган асосий натижалар 2 та халқаро ва 4 та республика илмий-амалий анжуманларида маъруза қилинган ва муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича жами 19 та илмий иш чоп этилган, булардан Ўзбекистон Республикаси Олий Аттестация комиссиясининг фалсафа доктори (PhD) диссертациялари асосий илмий нашрларини чоп этишга тавсия этилган илмий нашрларда 5 та илмий мақола, жумладан, 1 та хорижий ва 4 та республика журналларда нашр этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш қисми, олти боб, ҳулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 111 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсад ва вазифалари, объектлари ва предметлари белгиланган, Ўзбекистон Республикасида фан ва технологияларни ривожлантиришнинг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, унинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг ишончлилиги асосланган, назарий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларининг амалиётга жорий этиш истиқболлари бўйича хулоса қилинган ҳамда нашр этилган илмий ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Синтетик полимерлар асосида биопарчаланувчи композицион материаллар олиш: муаммо ҳолати ва уни ҳал қилиш усуллари**» номли биринчи бобида синтетик ва табиий полимерлар асосида биопарчаланувчи композицион материаллар яратиш бўйича илмий нашрларда эълон қилинган турли синтетик полимерлар ва биопарчаланувчи табиий полимерлар асосидаги полимер аралашмаларини шакллантиришда юзага келувчи муаммолар, табиий полисахаридларга термопластик хосса бериш ва ўзаро мойиллиги бўлмаган компонентлардан композициялар олишда ҳар хил компатибилизаторлардан фойдаланиш имкониятлари ҳамда полиолефинларни ультрабинафша нурлар таъсирида парчаланганини таъминловчи кўшимчаларга бағишланган адабиётлар шарҳи келтирилган.

Диссертациянинг «**Тадқиқот объекти ва методлари**» номли иккинчи бобида тадқиқот объектлари техник тавсифлари, полиэтилен композициялар ва термопластик крахмалларни лаборатория ва саноат шароитларида олиш, компатибилизатор синтез қилиш ва олинган материалларнинг структурасини оптик, рентгенографик, инфрақизил ва ультрабинафша спектроскопия усуллари ёрдамида ўрганиш ҳамда материалларнинг реологик, физик-механик ва оксо- ва биопарчаланувчанлик хусусиятларини текшириш усуллари тавсифланган.

Диссертациянинг «**Полиэтилен ва крахмал асосида биопарчаланувчи материаллар олиш**» номли учинчи бобида турли ўсимликлардан олинган крахмаллар таркиби ва хоссаларини текшириш, крахмални пластификация қилиш имкониятлари ва улар асосида полиэтилен билан композиция намуналари олиш, кукунсимон ва термопластик крахмаллар асосида олинган композицияларнинг физик-механик, оптик, реологик хусусиятларини тадқиқ этишга бағишланган. Шунингдек мазкур бобда қуйи молекуляр полиэтиленга малеин ангидрид тикиш орқали компатибилизатор синтез қилиш ҳамда унинг асосида композициялар олиш ва хоссаларини ўрганиш бўйича ишлар олиб борилди.

Турли ўсимликлардан олинган крахмал намуналарининг кўрсаткичлари аниқланди ва унга кўра маккажўхори крахмалининг зичлиги, намлиги, куллиги ва зарра ўлчамлари қолган иккита намунага нисбатан кичиклиги ҳамда таркибила амилоза миқдори ва ва ажратиш самарадорлиги энг юқори қийматларни намоён қилди. Полиэтилен ва крахмал (Кр) нинг

маккажўхоридан Kp_m , картошкадан Kp_k ва гуручдан Kp_r ажратиб олинган намуналари асосида турли нисбатларда ($PЭ/Kp = 95/5, 90/10, 80/20, 70/30, 60/40$) композиция намуналари олинди.

Улар асосида олинган плёнка намуналарининг структураси, нур ўтказувчанлиги, физик-механик ҳамда реологик хусусиятлари ўрганилди. Полиэтилен композицияларининг механик хусусиятлари (узилишдаги мустаҳкамлик (σ , Мпа), нисбий чўзилувчанлик (ϵ , %)), нур ўтказувчанлик (τ , %), суюқланманинг оқувчанлик кўрсаткичи (СОК) қийматлари $PЭ/Kp_m > PЭ/Kp_k > PЭ/Kp_r$ қаторида камайиб бориши кузатилди. Олинган натижалар ўзаро солиштирган ҳолда, полиэтилен асосида биопарчаланувчи материаллар олишда тўлдирувчи сифатида Kp_m ни кейинги тадқиқотлар учун танлаб олинди.

Kp_m ни турли нисбатлардаги полиоллар (сорбитол, глицерин) иштирокида пластификация (желатинизация) жараёни олиб борилди ва термопластик хусусиятга эга крахмал (ТПК) намуналари олинди ва уларнинг структураси тадқиқ қилинди. ТПК намуналари Н-боғланишлар миқдори ортиб бориши кузатилди ва желатинизация жараёни учун оптимал нисбат сифатида 30% глицерин сақлаган ТПК_{30/00} ва 13% глицерин ва 26% сорбитол қўлланилган ТПК_{13/26} таркибли намуналар танлаб олинди. Крахмални желатинизация қилиш натижасида унинг кристалл структура параметрлари ўзгарган ҳолда, КД пасайиши ва табиий крахмалда мавжуд бўлмаган 18,3° да V_a -типдаги ҳамда 20,3° да V_n -типдаги янги кристаллар ҳосил бўлиши кузатилди.

Икки шнекли экструдерда Kp ва ТПК асосида ПЭ билан ҳар хил нисбатларда композициялар олинди ва хоссалари аниқланди.

1-жадвал

Крахмал ва ТПК асосида олинган ПЭ композицияларнинг кўрсаткичлари

| Намуналар | Тўлдирувчи миқдори, % | Тўлдирувчи тури | Зичлик, гр/см ³ | СОК (гр/10мин) |
|---|-----------------------|----------------------|----------------------------|----------------|
| ПЭ | 0 | - | 0,92 | 3,10 |
| ⁸⁰ ПЭ ²⁰ Кр | 20 | Кр | 0,95 | 2,52 |
| ⁷⁰ ПЭ ³⁰ Кр | 30 | Кр | 0,99 | 2,10 |
| ⁸⁰ ПЭ ²⁰ ТПК _{30/00} | 20 | ТПК _{30/00} | 0,97 | 2,60 |
| ⁷⁰ ПЭ ³⁰ ТПК _{30/00} | 30 | ТПК _{30/00} | 1,02 | 2,22 |
| ⁸⁰ ПЭ ²⁰ ТПК _{13/26} | 20 | ТПК _{13/26} | 0,98 | 2,65 |
| ⁷⁰ ПЭ ³⁰ ТПК _{13/26} | 30 | ТПК _{13/26} | 1,08 | 2,35 |

Тўлдирувчи миқдори ортиб бориши билан системанинг қовушқоқлигини камайтиришга олиб келди. Kp ва ТПК бир хил концентрация қўшилган намуналарни ўзаро солиштирилганда, ПЭ/ТПК намуналарида СОК юқори эканлиги аниқланди, бу ўз навбатида бу намуналарнинг юқори ҳароратларда қайта ишлашда имконияти юқори бўлади.

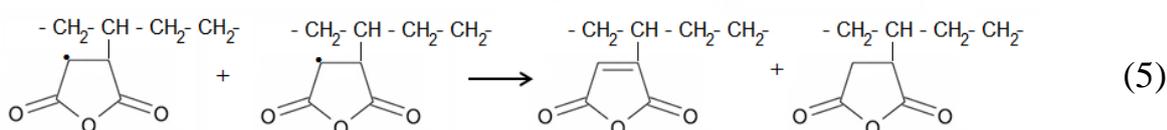
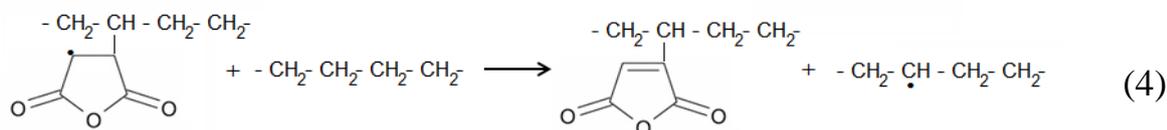
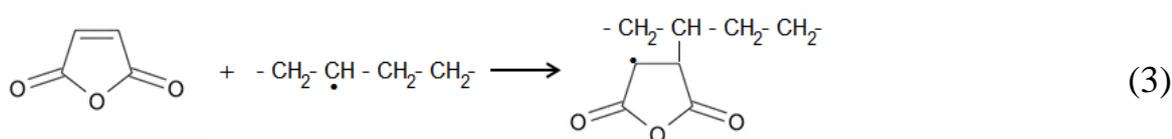
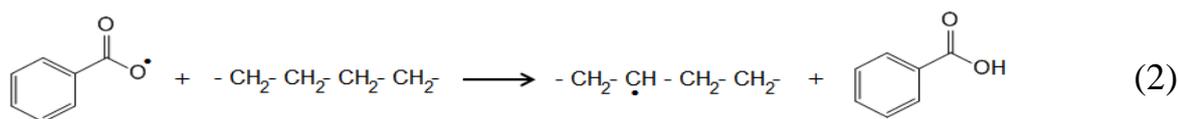
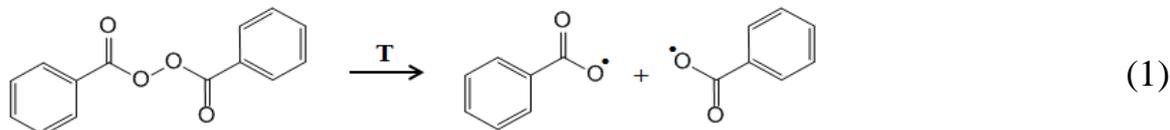
Kp ва ТПК намуналари асосида олинган ПЭ композициялардан бир шнекли пуфловчи лаборатория экструдери ёрдамида плёнка намуналари шакллантирилди ва олинган плёнкаларнинг хоссалари тадқиқ қилинди.

Кр ва ТПК асосида олинган плёнкаларнинг кўрсаткичлари

| Намуналар | σ , МПа | ϵ , % | τ , % |
|--|----------------|----------------|------------|
| ПЭ | 17 | 600 | 99 |
| ⁸⁰ ПЭ/ ²⁰ Кр | 6,6 | 106 | 88 |
| ⁷⁰ ПЭ/ ³⁰ Кр | 5,5 | 85 | 84 |
| ⁸⁰ ПЭ/ ²⁰ ТПК _{30/00} | 14,1 | 448 | 91 |
| ⁷⁰ ПЭ/ ³⁰ ТПК _{30/00} | 12,5 | 430 | 87 |
| ⁸⁰ ПЭ/ ²⁰ ТПК _{13/26} | 15,2 | 460 | 93 |
| ⁷⁰ ПЭ/ ³⁰ ТПК _{13/26} | 13,8 | 443 | 89 |

ПЭ композиция таркибига қўшилган тўлдирувчининг миқдори ортиб бориши билан σ , ϵ ва τ камайиб бориши кузатилди. Бунда механик ва оптик хусусиятлар нафақат тўлдирувчи миқдорига балки қўлланилган тўлдирувчи турига ҳам боғлиқ бўлиб, фойдаланилган тўлдирувчилар Кр_м-ТПК_{30/00}-ТПК_{13/26} каторида механик ва оптик хусусиятларга салбий таъсирини камайтиришга олиб келди.

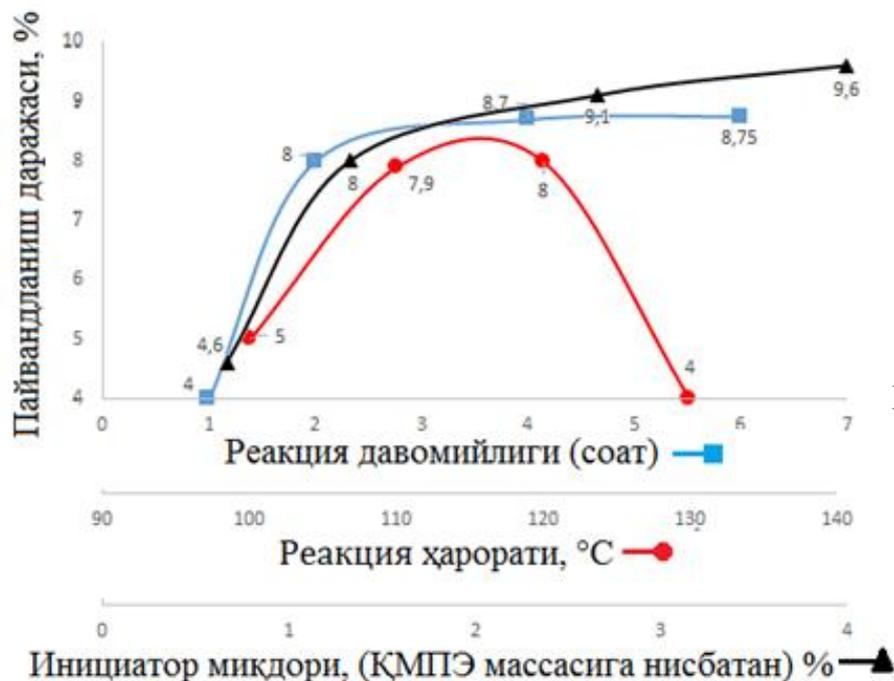
Композиция таркибидаги ПЭ ва ТПК ни ўзаро мойиллигини ошириб бир текисда тақсимотга олиб келишда компатибилизатор сифатида қўллаш учун қуйи молекуляр полиэтилен (ҚМПЭ)га кутбли мономер малеин ангидрид (МА) билан суюқланмада пайвандлаш реакцияси олиб борилди ва малеинизацияланган қуйи молекуляр полиэтилен (ҚМПЭ-g-МА) олинди. Синтез жараёнида ПЭга МА нинг пайвандланиш даражаси (ПД) вақт, ҳарорат ва инициатор миқдори таъсири ўрганилди.



1-расм. ҚМПЭ га МА ни пайвандлаш реакцияси механизми

1-фаол марказ ҳосил бўлиши, 2-иницирлаш, 3-занжир узатилиши, 4,5-занжир узилиши

Инициатор (БП) концентрацияси 2.66% бўлганида ПД нинг қиймати энг юқори қийматга эришилди (2-расм). Инициаторнинг концентрацияси жуда паст бўлса, эркин радикаллар миқдори ҚМПЭ занжирида фаол марказлар ҳосил қилиш учун етарли бўлмайди ва бу ПД қиймати кичик бўлишига олиб келади.



2- расм. ПД га инициатор миқдори, реакция ҳарорати, ва реакция давомийлиги таъсири.

ПД га реакция ҳароратини таъсири ўрганилганда, ҳарорат 115-120°C гача ПД қиймати ортиб борган ҳолда, ундан юқори ҳароратларда ПД пасайиши кузатилди. Маълумки, ҳарорат ошиши реакция тезлигини ошишига олиб келади, лекин шу билан бирга, бу жараён инициаторнинг тез сарфланишига ва инициаторнинг ўз вазифасини тўлиқ бажармасликка олиб келади, бу ўз навбатида ПД нинг паст қийматарига эга бўлишини таъминлайди. Адабиётлардан маълум, мономер табиати ва реакция шароитига боғлиқ равишда ПБ нинг оптимал ярим парчаланиш даврига эришиш учун 87-105°C ҳароратлар қиймати оптимал ҳисобланади.

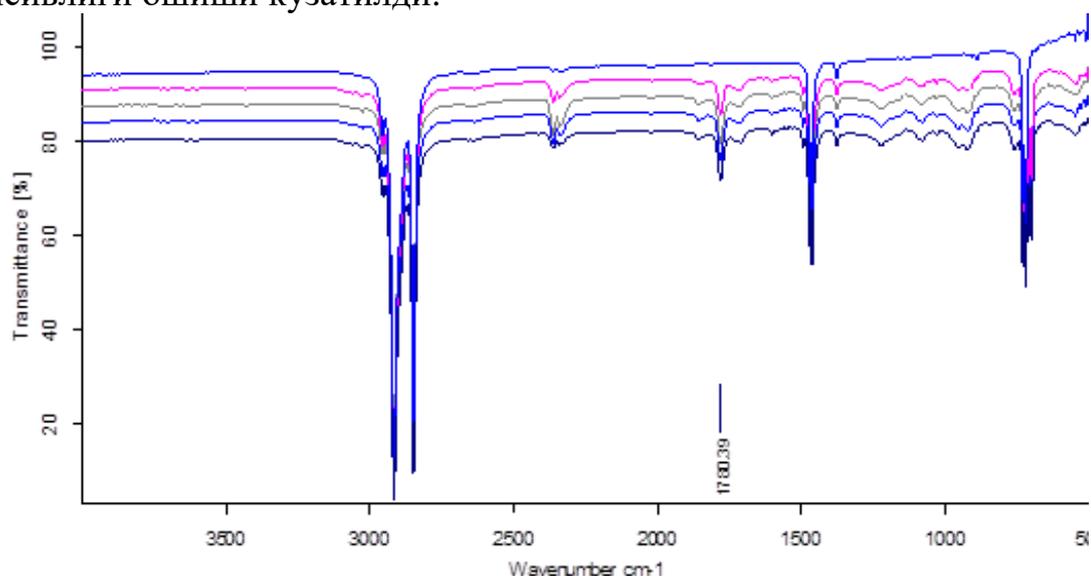
Реакция давомийлигини ПД га таъсири ўрганилганда, ПД қиймати реакция давомийлиги 2 соатгача оширилганда кескин ортган ҳолда, ундан юқори реакция давомийлигида деярли ўзгаришсиз қолиши кузатилди. Бунда 2 соат вақт давомида инициатор сарфланиб бўлганлигини тахмин қилиш мумкин.

3-жадвал

Турли хил шароитларда синтез қилинган малеинизацияланган ҚМПЭ нинг пайвандланиш даражаси (ҚМПЭ:МА нисбати 9:1, ҳарорат 110 °C).

| Намуна | БП, % | Вақт, мин | ПД, % |
|-------------|-------|-----------|-------|
| ҚМПЭ-g-МА-1 | 0.66 | 120 | 4.6 |
| ҚМПЭ-g-МА-2 | 1.33 | 120 | 8.0 |
| ҚМПЭ-g-МА-3 | 2.66 | 120 | 9.1 |
| ҚМПЭ-g-МА-4 | 1.33 | 240 | 8.7 |

Синтез қилинган намуналарнинг ИК-спектрларида 1780 см^{-1} соҳада янги чўққи пайдо бўлиб, ПД қийматига боғлиқ равишда чўққининг интенсивлиги ошиши кузатилди.



3-расм. ҚМПЭ ва ҚМПЭ-g-МА нинг ИҚ спектрлари (юқоридан pastга): ҚМПЭ; ҚМПЭ-g-МА-1; ҚМПЭ-g-МА-2; ҚМПЭ-g-МА-4; ҚМПЭ-g-МА-3.

4-жадвал

ҚМПЭ ва ҚМПЭ-g-МА нинг кристалл структураси параметрлари

| Намуна | Дифракция пиклари | 2θ ($^\circ$) | d (\AA) | β_0 (R) | L_{hkl} (\AA°) | χ (%) |
|-------------|-------------------|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------------------|------------|
| ҚМПЭ | 110 | 21.3 | 4.16 | $1.74 \cdot 10^{-3}$ | 898.94 | 62.6 |
| | 200 | 23.6 | 3.77 | $1.74 \cdot 10^{-3}$ | 902.45 | |
| ҚМПЭ-g-МА-1 | 110 | 21.3 | 4.16 | $1.74 \cdot 10^{-3}$ | 898.94 | 56.3 |
| | 200 | 23.7 | 3.74 | $2.61 \cdot 10^{-3}$ | 601.80 | |
| ҚМПЭ-g-МА-2 | 110 | 21.2 | 4.17 | $2.61 \cdot 10^{-3}$ | 599.22 | 53.7 |
| | 200 | 23.5 | 3.77 | $1.74 \cdot 10^{-3}$ | 902.37 | |
| ҚМПЭ-g-МА-3 | 110 | 21.2 | 4.18 | $1.04 \cdot 10^{-3}$ | 1498.00 | 42.2 |
| | 200 | 23.6 | 3.77 | $2.09 \cdot 10^{-3}$ | 752.04 | |
| ҚМПЭ-g-МА-4 | 110 | 21.4 | 4.15 | $1.74 \cdot 10^{-3}$ | 899.01 | 49.8 |
| | 200 | 23.7 | 3.75 | $2.09 \cdot 10^{-3}$ | 792.18 | |

кристаллар текисликлари орасидаги масофа (d); максимал чўққининг ярим баландликдаги эни (β_0); кристаллар ўлчами (L_{hkl}); кристалланиш даражаси (χ)

Синтез қилинган намуналарнинг ПД ортиб бориши билан кристалланиш даражаси қиймати кескин камайди, текисликлар орасидаги масофа ва кристалларнинг ўлчамлари кичик қийматларда ўзгариши кузатилди. Буни макромолекула занжирида ён функционал гуруҳлар ҳосил бўлиши билан кристалланиш жараёнида ламеллар таҳланишига фазовий қаршилик пайдо бўлади ва макромолекуланинг тартибланиш даражаси пасайишига олиб келиши билан тушунтириш мумкин.

Термик анализ таҳлиллари шуни кўрсатдики, ҚМПЭ нинг суюқланиш ва кристалланиш ҳарорати синтез қилинган намуналарникидан юқори бўлиб, ҚМПЭ-g-МАларнинг ПД га боғлиқ равишда ўзгарди. ПД қиймати қанчалик юқори бўлса, эриш ва кристалланиш ҳарорати шунчалик юқори бўлиши аниқланди. Олинган натижалар асосида, деструкция активланиш энергиялари (E_A), суюқланиш энталпияси ва кристалланиш даражалари (χ) қийматлари аниқланди.

Олиб борилган тадқиқотлар натижасида малеинизация жараёни учун оптимал шароит сифатида 110°C ҳарорат, 2 соат ва инициатор миқдори ҚМПЭга нисбатан 1,3% масса миқдорда танлаб олинди.

ТПК ва ПЭ ларнинг ўзаро мойиллигини ошириш учун синтез қилинган ҚМПЭ-g-МА компатибилизатор (КМП) сифатида 2, 5, 10% миқдорларда қўллаб композициялар олинди. КМП нинг миқдори ортиб бориши композициянинг реологик хусусиятларининг ва плёнканинг механик хоссаларининг яхшиланишига олиб келди (5-жадвал).

5-жадвал

ПЭ/ТПК композицияларининг хоссаларига КМП таъсири

| Композиция | ПЭ | ПЭ/ҚМПЭ/ТПК | | | ПЭ/КМП/ТПК | | |
|-----------------|------|-------------|---------|----------|------------|---------|----------|
| Нисбат | - | 68/2/30 | 65/5/30 | 60/10/30 | 68/2/30 | 65/5/30 | 60/10/30 |
| СОК, (g/10 min) | 3,20 | 2,42 | 2,54 | 2,67 | 2,65 | 2,86 | 3,12 |
| σ , МПа | 18.0 | 11,6 | 12,5 | 12,8 | 14,1 | 14,6 | 15,4 |
| ϵ , % | 600 | 369 | 412 | 420 | 450 | 471 | 512 |
| τ , % | 99.8 | 87.0 | 88.8 | 90.0 | 94.0 | 96.5 | 97.0 |

ПЭ/КМП/ТПК таркибли композицион плёнкаларнинг кўрсаткичлари (σ , ϵ , τ) полиэтилен плёнкаси кўрсаткичларига яқин эканлиги, ва ПЭ/НМПЭ/ТПК плёнкаларга нисбатан юқори кўрсаткичларга эга эканлиги кўрсатилди.

Диссертациянинг «Ультратрабинафша нурлар таъсирида парчаланувчи композицион материаллар олиш ва хоссаларини ўрганиш» номли тўртинчи бобида ПЭни оксо-парчаланганини таъминловчи – прооксидант (ПРО) сифатида қўллаш учун ўзгарувчан металл карбоксилат тузи асосида ПЭ билан турли нисбатларда плёнкалар олиш ва хоссаларини ўрганиш ҳамда ПРОни ТПК тутган оксо- ва биопарчаланувчи плёнкалар олиш бўйича тадқиқотлар амалга оширилган.

Дастлаб ПРО нинг полимер матрицада бир хил тақсимланишини ҳамда ўзаро мойиллигини ошириш учун компатибилизатор сифатида синтез қилинган ҚМПЭ-g-МАН қўлланилди. Тадқиқотларимизда даставвал икки шнекли экструдерда таркибида 10% гача ПРО тутган компаунд олинди ва унинг асосида тоза ПЭ билан аралаштирилган ҳолда 0.5-3% ПРО тутган композицион пуфлаш экструзия усулида плёнкалар шакллантирилди.

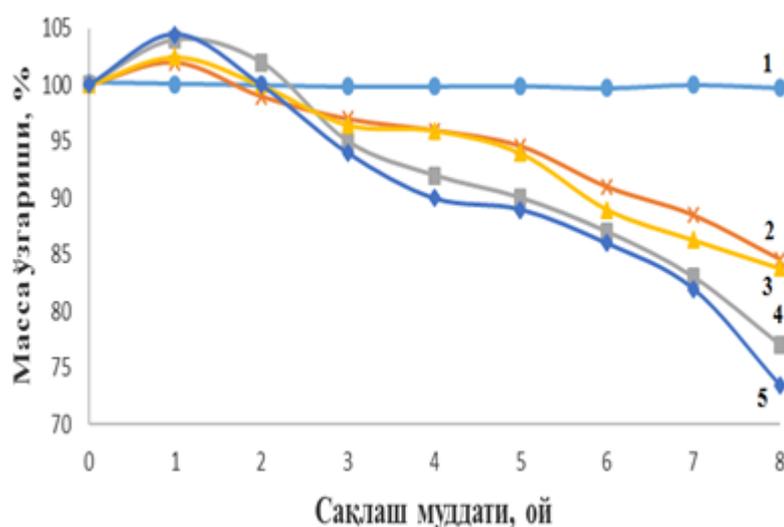
Олинган плёнка намуналарининг атом кучланишли микроскопия тадқиқотлари натижасида полимер матрицасида ПРО заррачалари бир хилда

текис тақсимланган ҳолда, уларининг заррачалари шарсимон кўринишда ва 250-440 нм ўлчамда эканлиги аниқланди.

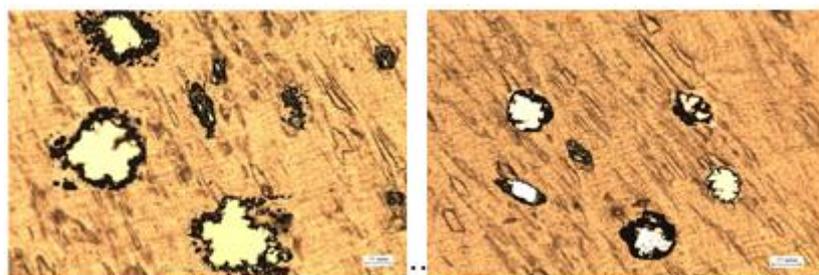
Тадқиқотлар давомида юқори физик-механик хоссаларга ($\sigma=15,6$ МПа, $\epsilon=520\%$, $\tau=95,5\%$) эга бўлган ПЭ/ТПК/КМП/Про таркибли оксо- ва биопарчаланувчи композицион плёнка намуналари олинди.

Диссертациянинг «Композицион плёнкаларнинг биопарчаланувчанлигини аниқлаш» номли бешинчи бобида ПЭ-Кр, ПЭ-ТПК, ПЭ-КМП-ТПК, ПЭ-КМП-ТПК-ПРО композицион плёнкаларнинг биопарчаланувчанлиги стандарт методларга кўра аниқланди.

Биопарчаланувчи композицион плёнкалар намуналари чиритувчи микроорганизмлар билан бойитилган махсус биогулмусга кўмилган ҳолда турли вақт оралиқларида плёнканинг ташқи кўринишининг ва массасининг ўзгариши, механик хоссаларини аниқлаш орқали биопарчаланувчанлик хусусиятига баҳо берилди. Бунда вақт давомида кўмилган композицион плёнка намуналарининг барча нисбатларида намуналарнинг массалари камайиб бориши (4-расм), плёнка намуналарида микро-тешиклар (5-расм) пайдо бўлиши ва уларнинг механик хусусиятлари (6-жадвал) ёмонлашиши кузатилди.



4-расм.
Композицияларнинг вақт давомида масса ўзгариши: 1-ПЭ, 2-⁸⁰ПЭ²⁰ТПК_{30/00}, 3-⁷⁰ПЭ³⁰ТПК_{30/00}, 4-⁸⁰ПЭ²⁰ТПК_{13/26}, 5-⁷⁰ПЭ³⁰ТПК_{13/26}



5-расм.
Композицияларнинг микрофотографиялари ($\times 130$ м.к.):
⁷⁰ПЭ³⁰ТПК_{30/00},
⁷⁰ПЭ³⁰ТПК_{13/26}

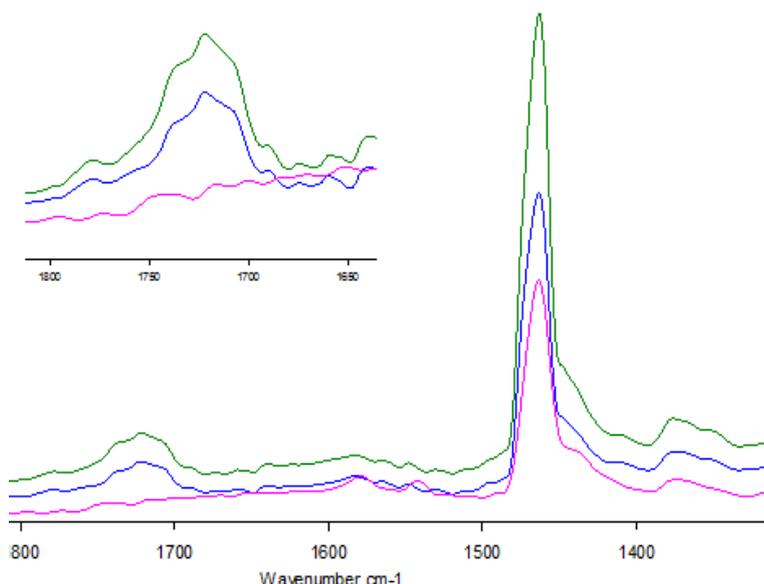
Композицияларининг механик хусусиятларининг ёмонлашиши биогулмусда сақланган композиция таркибидаги тўлдирувчи микдорига боғлиқ равишда кузатилди. Бир ҳил муддатда сақланган бир ҳил микдорда тўлдирувчи тутган ⁷⁰ПЭ³⁰ТПК_{30/00} ва ⁷⁰ПЭ³⁰ТПК_{13/26} намуналарда нисбий ўзгариш қиймати катта эканлиги кузатилди

6- жадвал

Дастлабки ва турли муддат биогумусда сақланган плёнкаларнинг
узилишдаги мустаҳкамлиги

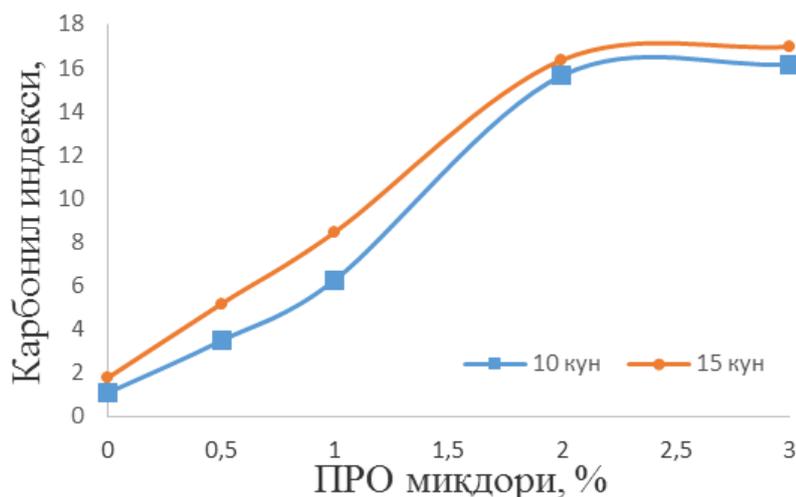
| Намуна | Дастлабки, МПа | 2 ойдан сўнг, МПа | 4 ойдан сўнг, МПа |
|---|-------------------|----------------------|----------------------|
| ПЭ | 17,0 | 16,8 | 16,5 |
| ⁸⁰ ПЭ ²⁰ ТПК _{30/00} | 14,1 | 12,1 | 9,6 |
| ⁷⁰ ПЭ ³⁰ ТПК _{30/00} | 12,5 | 9,4 | 5,8 |
| ⁸⁰ ПЭ ²⁰ ТПК _{13/26} | 15,2 | 13,4 | 10,6 |
| ⁷⁰ ПЭ ³⁰ ТПК _{13/26} | 13,8 | 10,5 | 6,6 |

Ҳар хил таркибли композицияларнинг ультрабинафша нурлар таъсирида парчаланиши плёнкаларнинг ташқи кўринишининг ўзгариши, механик хоссаларининг ёмонлашиши, масса камайиши, структурасида (6-расм) ўзгаришларини ва карбонил индексининг (КИ) ортиши (7-расм) кузатилди.



6-расм.
Турли муддат (0, 10 ва
15 кун пастдан
юқорига қараб) УБЛК
да сақланган
композицион
плёнкаларнинг ИК-
спектрлари

Маълумки, полиолефинларнинг фотодеструкция жараёнида прооксидантлар эркин радикалларни пайдо бўлишига сабаб бўлади, булар молекуляр кислород билан таъсирлашиб, пероксидлар, гидропероксидалар ҳамда функционал гуруҳлар (альдегид, кетон, карбоксил) ҳосил қилади, бу эса полиолефин занжирида автооксидланиш ва парчаланишга олиб келади. УФ-нурлар билан нурланган ва нурланмаган намуналарнинг ИҚ-спектроскопик тадқиқотлари, полиэтиленнинг фотооксидланиш жараёнида турли хил кислород тутган ва тўйинмаган гуруҳли бирикмалар ҳосил бўлишини кўрсатди.



7-расм.
10 ва 15 кун УБЛК да
сақланган
композицион
плёнкаларининг
карбонил индекси

Полимер таркибида оксидланган гуруҳларнинг миқдорини аниқлашда карбонил индекси кўрсаткичидан фойдаланилди. КИ ни аниқлашда карбонил гуруҳнинг валент тебранишларига ҳос бўлган (1740 см^{-1}) чўққининг интенсивлигининг (юзаси) ва ПЭ молекуласининг $-\text{CH}_2-$ гуруҳининг валент тебранишларини намоён қилувчи (1470 см^{-1}) чўққи интенсивлигига нисбати орқали ҳисоблаб топилди. ПРО нинг миқдори ошиши билан ва нурланиш вақт давомида КИ нинг ортиб бориши намуна таркибида кетон гуруҳлар миқдорининг ортиб боришини ва бу полимер матрицада вақт давомида фотодеструкция жараёни бораётганини англатади.

Плётка намуналарини УФ-нурлар билан нурлатиш натижасида уларнинг механик хоссалари ($\sigma=6\text{ МПа}$) ва ($\varepsilon=5\%$) ёмонлашишига олиб келди. Узоқ вақт давомида нурлатилган плётка намуналарнинг механик кўрсаткичларини ўлчаш имконияти бўлмади, чунки плёткалар мўрт бўлиб, ушлаганда майдаланиб кетиши кузатилди.

Олинган оксо- ва биопарчаланувчи плётка намуналари табиий муҳитда парчаланшини аниқлаш бўйича дала шароитида тадқиқотлар олиб борилди. Оксо- ва биопарчаланувчи плётка намуналари микроорганизмлар ва қуёш нурлари таъсирида табиий муҳитда 4 ой давомида парчаланиб кетганлиги кузатилди.

Диссертациянинг «**Олинган илмий натижаларнинг амалий жиҳатлари**» номли олтинчи бобида олинган фундаментал натижаларни амалиётга жорий қилиш имкониятлари бўйича амалий изланишлар олиб борилди. Бунда даставвал яратилган таркиб асосида биопарчаланувчи компаунд ва плёткалар ишлаб чиқариш технологияси таклиф қилинди. Олиб борилган илмий изланишлар натижасида олинган амалий натижалар асосида маҳсулотни ишлаб чиқариш учун талаб қиладиган барча меъёрий техник ва технологик хужжатлар тўплами шакллантирилди ва тегишли идоралардан рўйхатдан ўтказилди. Жумладан, ЎзР ССВ билан келишилган ва «Ўзстандарт» агентлигида 112/0010312-сон билан рўйхатга олинган «Биологик парчаланадиган полимер компаундлар» Ts 21889093-01:2019 ташкилот стандарти ва 112/0010313-сон билан рўйхатга олинган «Биологик

парчаланадиган полимер плёнкалар” Ts 25261285-08:2019 ташкилот стандарти яратилди. Бундан ташқари, ЎзР ССВ билан келишилган, биологик парчаланадиган полимер бирикмаларини ишлаб чиқариш бўйича ТИ 21889093-01:2019 технологик йўриқномаси ва биологик парчаланадиган полимер плёнкалар ишлаб чиқариш бўйича ТИ 25261285-08:2019 технологик йўриқномаси ишлаб чиқилди.

Яратилган биопарчаланувчи компаунд плёнкаларнинг инсон организмга хавфсизлигини тасдиқлаш учун ЎзР ССВ Санитария, гигиена ва профкасалликлар ИТМ ва Тошкент тиббиёт академияси илмий текшириш лабораторияси томонидан текширувлар ўтказилди ва ижобий хулосалар олинди. Биопарчаланувчи плёнкаларнинг табиий шароитда парчланиши натижасида тупроқ структурасига салбий таъсир қилмаслигини исботлаш мақсадида плёнкаларнинг биопарчаланган жойида тупроқ таркиби ЎзР Геология давлат қўмитасининг Марказий лабораториясида ҳамда ЎзР Ер ресурслари, геодезия, картография ва давлат кадастри давлат қўмитаси қошидаги Тупроқшунослик ва агрохимё илмий тадқиқот институти томонидан синовлар ўтказилди ва ижобий натижалар олинди.

ХУЛОСАЛАР

1. Турли ўсимликлар таркибидан ажратиб олинган крахмаллар ПЭ билан биопарчаланувчи композициялар олишда қўллаш имкониятлари қўрсатилди. ПЭ ва Kr_m асосида олинган композицияларнинг физик-механик, оптик ҳамда реологик хусусиятлари жиҳатидан Kr_r ва Kr_k асосида олинган композициялардан юқори кўрсаткичларига эга эканлиги аниқланди.

2. Kr_m нинг ПЭ билан мойиллигини ошириш мақсадида пластификаторлар иштирокида пластификация (желатинизация) жараёни амалга ошириш орқали термопластик крахмал олиш имкониятлари қўрсатилди. Бунда пластификатор сифатида глицерин/сорбитол (30/00, 13/26 нисбатда) қўлланилган ҳолда, температура, вақт бўйича оптимал шароитлар топилди. Олинган ТПК физик ва физик-кимёвий усулларда тадқиқ қилинди ва пластификатор ҳамда крахмал орасида Н-боғланишлар ҳосил бўлиши, ТПК кристалл структура параметрлари ўзгарган ҳолда, кристалланиш даражаси пасайиши ва табиий крахмалда мавжуд бўлмаган $18,3^\circ$ да V_a -типдаги ҳамда $20,3^\circ$ да V_h -типдаги янги кристаллар ҳосил бўлиши кузатилди. ТПК ва ПЭ асосида турли нисбатларда композициялар олинди ва бу композицияларнинг механик ва реологик хоссалари ПЭ/ Kr композицияларга нисбатан яхшиланганлиги кузатилди ва бу крахмалнинг термопластик хоссага эга бўлиши ҳисобига ПЭ билан юқори ҳароратда аралаштиришга мойиллиги ошиши билан тушунтирилди.

3. ҚМПЭ ни МА билан модификациялаш усули ёрдамида компатибилизаторлик хоссасини номоён қилувчи юқори пайвандлаш даражасига (9%) эга бўлган ҚМПЭ- g -МА синтез қилинди ва реакциянинг оптимал шароитлари топилди (инициатор концентрацияси 1.33% м.н., реакция давомийлиги 120 мин, ҳарорат 110°C) ҳамда унинг структураси ва

таркиби ИҚ-спектроскопия, рентгенографик анализ ва титрометрик усуллар ёрдамида тасдиқланди.

Синтез қилинган ҚМПЭ-g-МА полиэтилен ва ТПК асосида композиция олишда компатибилизатор сифатида қўлланилди; компатибилизатор ПЭ ва ТПК нинг ўзаро мойилигини оширишини ва дисперс фазанинг полиолефин матрицада бир текис тақсимланишини таъминлаган ҳолда, композициянинг узилишдаги мустаҳкамлиги, нисбий чўзилувчанлиги, суёқланмада оқиш кўрсаткичларини яхшиланишига олиб келди.

4. Карбон кислоталарнинг ўзгарувчан металл тутган тузлари асосида полиолефинда ультрабинафша нурлар таъсирида деструкция жараёнини иницирловчи прооксидант (оксо-қўшимча) синтез қилинди ва полиэтилен асосида оксо-парчаланувчи композициялар олинди. Композициялар физик ва физик-кимёвий усулларда хоссалари ва структураси тўлиқ таҳлил қилинди, прооксидантнинг полимер матрицада синтез қилинган янги компатибилизатор иштирокида бир текис тақсимланиши орқали композицияларнинг юқори механик хоссаларга эга бўлишига эришилди.

5. Ҳам микроорганизмлар ҳам УБ-нурлар таъсирида биопарчалануш хусусиятига эга бўлган, таркибида ТПК ва ПРО тутган полиэтилен композициялар олинди. ПЭ/ТПК, ПЭ/ПРО, ПЭ/ТПК/ПРО таркибли композициялар стандартланган усуллардан фойдаланилган ҳолда, таркибига боғлиқ равишда, микроорганизмлар ва УБ-нурлар таъсирида биопарчалануш хусусиятига эга эканлиги лаборатория ва табиий шароитларда ўтказилган экспериментлар натижалари асосида исботланди. Яратилган биопарчаланувчи композициялар ва материалларнинг инсон соғлигига ҳамда биопарчалангандан кейин тупроқ таркиби ва структурасига хавфсиз эканлиги тегишли идораларнинг (ЎзР ССВ Санитария, гигиена ва профкасалликлар ИТМ ва ТТА илмий текшириш лабораторияси; ЎзР Геология давлат қўмитасининг Марказий лабораториясида ҳамда ЎзР Ер ресурслари, геодезия, картография ва давлат кадастри давлат қўмитаси қошидаги Тупроқшунослик ва агрокимё илмий тадқиқот институти) хулосалари билан тасдиқланди.

6. Биопарчаланувчи композиция ва материалларнинг ишлаб чиқариш технологияси яратилди ва “Жиззахпластмасса” АЖ да апробациядан ижобий ўтди; ишлаб чиқаришни йўлга қўйиш учун зарурий бўлган меърий техник ва технологик ҳужжатлар (ташкилот стандартлари, технологик йўриқномалар) шакллантирилди ва тегишли идоралардан (ЎзР ССВ, Узстандартт агентлиги) рўйхатдан ўтказилди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.02/30.12.2019.К/ФМ/Т.36.01
ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ
ПРИ ИНСТИТУТЕ ХИМИИ И ФИЗИКИ ПОЛИМЕРОВ**

ИНСТИТУТ ХИМИИ И ФИЗИКИ ПОЛИМЕРОВ

ТУРДИКУЛОВ ИСЛОМ ХАЙИТБОЙ УГЛИ

**ПОЛУЧЕНИЕ, СТРУКТУРА И СВОЙСТВА БИОРАЗЛАГАЕМЫХ
МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИЭТИЛЕНА**

02.00.06 – Высокомолекулярные соединения

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

Ташкент – 2022

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за В2021.4.PhD/К437.

Диссертация выполнена в Институте химии и физики полимеров.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета (polchemphys.uz) и Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziyo.net.uz).

| | |
|-------------------------------|--|
| Научный руководитель: | Атаханов Абдумутолиб Абдупатто угли доктор технических наук |
| Официальные оппоненты: | Мухамедиев Мухтаржан Ганиевич доктор химических наук, профессор Рафиков Адхам Салимович доктор химических наук, профессор |
| Ведущая организация: | Ташкентский химико-технологический институт |

Защита диссертации состоится «10» июня 2022 г. в 14:00 часов на заседании Научного совета DSc.02/30.12.2019.К/FM/Т.36.01 при Институте химии и физики полимеров по адресу: 100128, г. Ташкент, ул. Абдулла Кадыри, 76. Тел. (99871) 241-85-94; факс: (99871) 241-26-61, e-mail: polymer@academy.uz

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Института химии и физики полимеров за № 31 (Адрес: 100128, г. Ташкент, ул. Абдулла Кадыри, 76, Тел. (99871) 241-85-94)

Автореферат диссертации разослан « 26 » мая 2022 года.
(протокол рассылки № 4 от 26 2022 года).

С.Ш.Рашидова

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

М.М.Усманова

Ученый секретарь научного совета по
присуждению ученых степеней,
к.х.н., старший научный сотрудник

В.О.Кудышкин

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

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. С расширением области применения синтетических полимерных материалов, увеличивается объем пластиковых отходов, образующихся на их основе и их негативное влияние на экосистему природы. Большие сроки разложения пластиковых отходов в естественных условиях приводят к глобальной экологической проблеме и решение этой проблемы с использованием научных подходов является одним из актуальных вопросов современной науки.

На сегодняшний день во всем мире активно ведутся исследования по решению вопроса утилизации синтетических полимерных отходов, в частности, повторная переработка отходов с получением продукции технического назначения, создание биоразлагаемых композиций путем включения добавок различной природы и др.. В связи с этим, проведение научных исследований по созданию биоразлагаемых композиций путем добавления к синтетическим полимерам биоразлагаемых природных высокомолекулярных соединений и добавок, инициирующих процесс фотодеструкции под действием ультрафиолетовых лучей является актуальным.

В Республике особое внимание уделяется научно-прикладным исследованиям, направленным на сохранение экосистемы, внедрению зеленых технологий, созданию экологически безопасной полимерной продукции. Обеспечивается высокий уровень научных исследований в области разработки импортозамещающей и экспортоориентированной продукции на основе местного сырья, принимаются комплексные меры по поддержанию экономического роста и местного производства, и достигаются значительные результаты в производстве конкурентоспособной полимерной продукции.

В Стратегии действий Нового Узбекистана по дальнейшему развитию страны¹ и Концепции развития науки до 2030 года² были поставлены задачи «...производство готовой продукции с высокой добавленной стоимостью на основе глубокой переработки ресурсов местного сырья...». В связи с вышеотмеченным, весьма актуальным является проведение исследований по созданию экологически безопасных биоразлагаемых полимерных композиций на основе местных синтетических полимеров и освоение технологии их производства.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит решению задач, предусмотренных в Постановлениях и Указах Президента Республики Узбекистан, в частности ПП-4265 от 3 апреля 2019 года «О мерах по дальнейшему реформированию химической отрасли и повышению

¹Указ Президента Республики Узбекистан № УП-60 от 28.01.2022 г. «О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022 — 2026 годы

² Указ Президента Республики Узбекистан №ПФ-6097 от 29.10.2020 г «Об утверждении Концепции развития науки до 2030 года»..

ее инвестиционной привлекательности», УП-5863 от 30 октября 2019 года «Об утверждении Концепции охраны окружающей среды Республики Узбекистан до 2030 года», ПП-4805 от 12 августа 2020 года «О мерах по повышению качества непрерывного образования и научной эффективности в области химии и биологии», УП-4992 от 13 февраля 2021 года « О мерах по дальнейшему реформированию и финансовому оздоровлению предприятий химической промышленности, развитию производства химической продукции с высокой добавленной стоимостью», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

Соответствие исследования с приоритетными направлениями развития науки и технологии в Республике. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий Республики Узбекистан VII. «Химические технологии и нанотехнологии».

Степень изученности проблемы. Во многих ведущих научных центрах мира активно ведутся научные исследования по созданию биоразлагаемых композиций. Большинство опубликованных работ в основном посвящено созданию биоразлагаемых композиционных материалов на основе синтетических полимеров (полиэтилен (ПЭ), полипропилен (ПП) и др.). С.З. Роговина, А.А. Попов, И.А.Кирш, Р.К. Roy, I.Jakubowicz и ряд исследователей внесли свои значительные вклады в развитие научных направлений по созданию биоразлагаемых композиций на основе синтетических и природных полимеров (крахмал (Кр), целлюлоза (Цз), хитозан (Хз) и др.), а также оксоразлагаемых композиций.

В Узбекистане академик С.Ш. Рашидова, проф. Н.Р. Ашуров, проф. А.А. Сарымсаков, проф. В.О. Кудышкин, д.т.н. А.А. Атаханов также внесли свои значительные вклады в этом направлении.

В настоящее время представляет научный интерес изучение возможности использования природных полимеров (например, термопластичный крахмал) совместно с компатибилизаторами, в частности, модифицированных форм низкомолекулярных полиолефинов, при создании биоразлагаемых композиций на основе синтетических полимеров. Реализация фундаментальных и прикладных исследований в этой области, путем получения оксо- и биоразлагаемых композиций на основе полиэтилена и природных полимеров, с включением в состав оксо-добавок, способствующие разлагаться как под действием микроорганизмов, так и ультрафиолетовых лучей, позволят создать новые перспективы.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация. Работа выполнена в рамках планов научно-исследовательских работ Института химии и физики полимеров АН РУз в соответствии программами прикладных и инновационных проектов ГНТП А-12(102+103) «Технология получения целлюлозы различного назначения из отечественного сырья и новых нанокomпозиционных материалов на основе

наноцеллюлозы» (2015-2017 гг.) и ИЗ 20170919180 «Технология получения биоразлагаемых пленок на основе полиэтилена» (2018-2019 гг.)

Целью исследования является получение биоразлагаемых композиций на основе полиэтилена, исследование их структуры и свойств.

Задачи исследования:

- изучение состава (содержания амилозы и амилопектина) крахмала, полученного из различного сырья, пластификация крахмала (термопластичный крахмал (ТПК)) с использованием смеси многоатомных спиртов и получение композиций с полиэтиленом;

- синтез малеинизированного низкомолекулярного полиэтилена с высокой степенью прививки, изучение структуры и свойств, выявление возможности его использования в качестве компатибилизатора (КМП) в несовместимых двухкомпонентных полимерных системах;

- синтез прооксидантов (ПРО) на основе солей органических кислот, инициирующих процесс деструкции полиэтилена под действием ультрафиолетовых лучей, получение композиций с полиэтиленом, изучение структуры и свойств;

- исследование физико-механических свойств и биоразлагаемости композиций различного состава, таких как ПЭ-Кр, ПЭ-ТПК, ПЭ-КМП-ТПК, ПЭ-КМП-ТПК-ПРО, подбор композиций с оптимальным составом;

- разработка и внедрение технологии производства биоразлагаемого компаунда и пленки на основе выбранных композиций, а также исследование биоразлагаемости и безопасности получаемой продукции в лабораторных и естественных условиях.

Объектами исследования выбраны полиэтилен марки F-0320, образцы крахмала из различного сырья, низкомолекулярный полиэтилен, соли карбоновых кислот и композиции на их основе.

Предметами исследования являются пластификация крахмала, изучение закономерностей прививки малеинового ангидрида к низкомолекулярному полиэтилену, синтез карбоксилатных солей переходных металлов, создание на их основе био- и оксо-разлагаемых композиций, изучение физико-механических и биоразлагаемых свойств композиций.

Методы исследования. Структура и свойства биоразлагаемых композиций изучали атомно-силовой микроскопией (АСМ), ИК-спектроскопией, УФ-спектроскопией, рентгенографией, термогравиметрией, а также физико-механическими и химическими методами.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

- найдены условия получения термопластичного крахмала (ТПК) путем пластификации крахмала смесями многоатомных спиртов (глицерина и сорбитола) в определенных соотношениях и улучшены его эксплуатационные свойства;

- впервые синтезирован малеинизированный низкомолекулярный полиэтилен с высокой степенью прививки в расплаве; путём изучения кинетики реакции в зависимости от переменных факторов, влияющих на

процесс синтеза, найдены оптимальные условия; определены структура и свойства, а также показаны возможности его применения в качестве компатибилизатора при получении композиции на основе полиэтилена;

- синтезированы прооксидантные соединения (оксо-добавки) на основе органических солей металлов переменной валентности и доказана их способность инициирование процесса деструкции в цепи полиэтилена под действием ультрафиолетовых лучей;

- впервые с использованием нового синтезированного компатибилизатора были получены биоразлагаемые композиционные плёнки на основе полиэтилена, термопластичного крахмала и прооксиданта с высокими механическими свойствами, разлагаемые под воздействием микроорганизмов и ультрафиолетовых лучей в определенных сроках.

Практические результаты исследования:

Найдены оптимальный состав, условия получения биоразлагаемых композиций на основе полиэтилена и определены физико-механические, физико-химические и биоразлагаемые свойства композиции.

Разработана технология производства биоразлагаемых материалов на основе полиэтилена, доказано, что полученные образцы биоразлагаемых компаундов и пленок на основе разработанной технологии не оказывают негативного воздействия на здоровье человека и инфраструктуру почвы;

Показано разложение полиэтилена под действием ультрафиолетовых лучей в присутствии синтезированной оксо-добавки в лабораторных и естественных условиях с использованием международных стандартных методов.

Подготовлен комплект нормативно-технической и технологической документации на биоразлагаемый компаунд и пленку на основе полиэтилена, термопластичного крахмала, компатибилизатора и оксо-добавки.

Достоверность результатов исследования. Результаты экспериментов по получению биоразлагаемых композиций на основе полиэтилена и изучению их физико-химических, физико-механических свойств и биоразлагаемости были определены с использованием современных физико-химических и международных стандартных методов. Полученные научные и практические результаты обсуждались на республиканских и международных научных конференциях.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования заключается в том, что найдены условия пластификации крахмала, синтезирован малеинизированный низкомолекулярный полиэтилен путем модификации низкомолекулярного полиэтилена малеиновым ангидридом и научно-обоснованы его компатибилизирующие свойства, обеспечивающие равномерное распределение дисперсной фазы в полимерной матрице при получении композиций на основе синтетических и природных полимеров. Синтезирована оксо-добавка, инициирующая процесс деструкции полиолефинов и показано ее влияние на процесс разложения полиэтилена.

Практическая значимость результатов исследования заключается в разработке технологии производства биоразлагаемых композиций и пленок на основе полиэтилена, налажено производство пленок для использования в упаковочной индустрии и сельском хозяйстве.

Отсутствие негативного воздействия биоразлагаемого компаунда и пленок на здоровье человека и экосистему (на инфраструктуру почв) было подтверждено заключениями Ташкентской медицинской академии, а также НИИ почвоведения и агрохимии.

Внедрение результатов исследования. На основании полученных научных результатов по получению и изучению структуры и свойств биоразлагаемых материалов на основе полиэтилена можно отметить:

- на Республиканской ярмарке инновационных идей, технологий и проектов был подписан договор с АО «Жиззахпластмасса» на разработку способа получения биоразлагаемой пленки на основе полиэтилена (договор №24/03 от 24 марта 2017 года). В результате создана технология производства биоразлагаемой пленки на основе полиэтилена и внедрена в АО «Джиззахпластмасса»;

- разработаны и зарегистрированы стандарты организации на биоразлагаемый полимерный компаунд (Тс 21889093-01:2019) и биоразлагаемую полимерную пленку (Тс 25261285-08:2019) агентством «Узстандарт». Технические условия позволили контролировать качество продукции и технологический процесс производства.

Апробация результатов исследования. Результаты диссертации доложены и обсуждены на 2 международных и 4 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликованы 19 научных работ, в том числе 5 научных статей, в том числе 1 в зарубежном и 4 в Республиканских журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов на соискание научной степени доктора философии (PhD).

Структура и объём диссертации. Структура диссертации состоит из введения, шести глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объём диссертации составляет 111 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность и востребованность темы диссертации, сформулированы цель и задачи, выявлены объекты и предметы исследования, определено соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, изложены научная новизна и практические результаты исследования, обоснована их достоверность, раскрыты теоретическая и практическая значимость полученных результатов, представлены перечень внедрений результатов исследования, результаты апробации работы, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе «**Получение биоразлагаемых композиционных материалов на основе синтетических полимеров: состояние проблемы и пути ее решения**» приводится обзор научных исследований, посвященных получению биоразлагаемых композиционных материалов на основе синтетических и природных полимеров, приданию термопластичных свойств природным полисахаридам и применению различных компатибилизаторов при получении композиций из несовместимых компонентов, а также добавкам, обеспечивающим разложение полиолефинов под действием ультрафиолетовых лучей.

Во второй главе диссертации «**Объекты и методы исследования**» представлены технические характеристики объектов исследования, способы получения полиэтиленовых композиций и термопластичных крахмалов в лабораторных и промышленных условиях, описаны методы синтеза компатибилизаторов и исследования структуры полученных материалов методами оптической, рентгенографической, инфракрасной и ультрафиолетовой спектроскопии, а также исследования реологических, физико-механических и оксо- и биоразлагаемых свойств материалов.

Третья глава диссертации «**Получение биоразлагаемых материалов на основе полиэтилена и крахмала**» посвящена получению композиций полиэтилена с крахмалом из различных растений, изучению возможности пластификации крахмала, а также исследованию физико-механических, оптических, реологических свойств композиций полиэтилена на основе порошкообразных и термопластичных крахмалов.

На основе полиэтилена и крахмала (Kp) из кукурузы $Kp_{кз}$, картофеля $Kp_{кр}$ и риса $Kp_{рс}$ были получены образцы композиций в разных соотношениях ($ПЭ/Kp$ 95/5, 90/10, 80/20, 70/30, 60/40). Исследована структура, физические, механические и реологические свойства композиций. Наблюдается снижение показателей композиции (прочность при растяжении (σ , МПа), относительное удлинение (ϵ , %)), светопропускание (τ , %), показатель текучести расплава (ПТР)) в ряду $ПЭ/Kp_{кз} > ПЭ/Kp_{кр} > ПЭ/Kp_{рс}$. На основе полученных результатов по изучению свойств как Kp , так и их композиций с ПЭ, для дальнейших исследований был выбран кукурузный крахмал в качестве наполнителя при получении биоразлагаемых композиций на основе полиэтилена.

Проведен процесс пластификации (желатинизации) $Kp_{кз}$ в присутствии полиолов (сорбитол/глицерин) различного соотношения (30/0, 26/13, 13/26, 0/30) и были получены образцы крахмала с термопластичными свойствами (ТПК) и изучена их структура. На основе полученных результатов, образцы ТПК_{30/00} и ТПК_{13/26} были выбраны в качестве оптимального состава для дальнейших исследований. В процессе желатинизации наблюдается изменение параметров кристаллической структуры, уменьшается степень кристалличности (СК) крахмала, а также на дифрактограммах наблюдается появление дифракционных пиков, связанных с образованием кристаллов V_a - и V_b -типов при углах рассеяния 2θ , равных $18,3^\circ$ и $20,3^\circ$ соответственно.

В двухшнековом экструдере были получены композиции ПЭ/Кр и ПЭ/ТПК различного состава и определены их свойства.

Таблица 1

Показатели композиций ПЭ/Кр и ПЭ/ТПК

| Образцы | Содержание наполнителя, % | Наполнитель | Плотность, гр/см ³ | ПТР, гр/10мин |
|---|---------------------------|----------------------|-------------------------------|---------------|
| ПЭ | 0 | - | 0,92 | 3,10 |
| ⁸⁰ ПЭ ²⁰ Кр | 20 | Кр | 0,95 | 2,52 |
| ⁷⁰ ПЭ ³⁰ Кр | 30 | Кр | 0,99 | 2,10 |
| ⁸⁰ ПЭ ²⁰ ТПК _{30/00} | 20 | ТПК _{30/00} | 0,97 | 2,60 |
| ⁷⁰ ПЭ ³⁰ ТПК _{30/00} | 30 | ТПК _{30/00} | 1,02 | 2,22 |
| ⁸⁰ ПЭ ²⁰ ТПК _{13/26} | 20 | ТПК _{13/26} | 0,98 | 2,65 |
| ⁷⁰ ПЭ ³⁰ ТПК _{13/26} | 30 | ТПК _{13/26} | 1,08 | 2,35 |

С увеличением количества наполнителя в составе композиции увеличивается вязкость композиции. При сравнении показателей композиции ПЭ/Кр и ПЭ/ТПК при одинаковых содержаниях наполнителя значения ПТР композиции ПЭ/ТПК выше.

В лабораторных условиях методом выдувной экструзии были формированы образцы пленок из этих композиций и исследованы их свойства.

Таблица 2

Показатели пленок на основе ПЭ/Кр_{кз} и ПЭ/ТПК композиций

| Образец | σ , МПа | ϵ , % | τ , % |
|---|----------------|----------------|------------|
| ПЭ | 17 | 600 | 99 |
| ⁸⁰ ПЭ ²⁰ Кр | 6,6 | 106 | 88 |
| ⁷⁰ ПЭ ³⁰ Кр | 5,5 | 85 | 84 |
| ⁸⁰ ПЭ ²⁰ ТПК _{30/00} | 14,1 | 448 | 91 |
| ⁷⁰ ПЭ ³⁰ ТПК _{30/00} | 12,5 | 430 | 87 |
| ⁸⁰ ПЭ ²⁰ ТПК _{13/26} | 15,2 | 460 | 93 |
| ⁷⁰ ПЭ ³⁰ ТПК _{13/26} | 13,8 | 443 | 89 |

С увеличением количества наполнителя ухудшаются σ , ϵ и τ плёнок. Однако, механические и оптические свойства плёнок зависят не только от количества наполнителя, но и от типа используемого наполнителя. В образцах, содержащих ТПК показатели остаются выше по сравнению с образцами ПЭ/Кр.

С целью увеличения совместимости компонентов композиции и равномерного распределения ТПК в матрице ПЭ и для использования в качестве компатибилизатора была проведена реакция прививки низкомолекулярного полиэтилена (НМПЭ) с малеиновым ангидридом (МА) в расплаве. Изучено влияние переменных факторов на степень прививки (СП) малеинизированного низкомолекулярного полиэтилена (НМПЭ-g-МА).

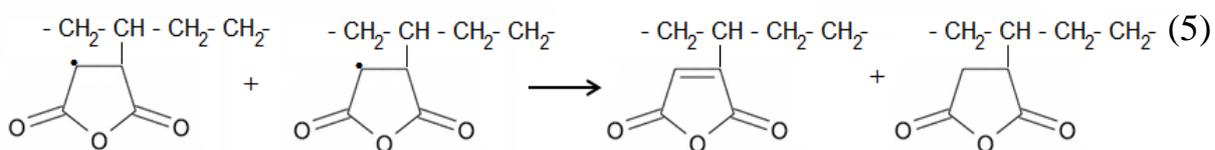
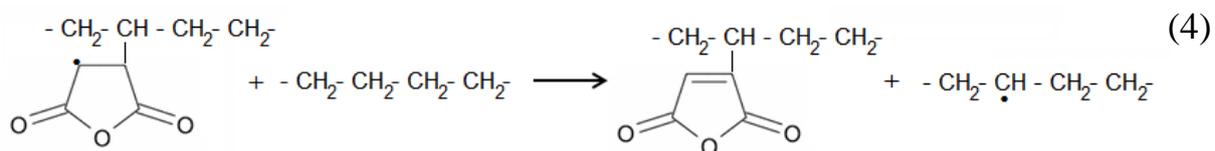
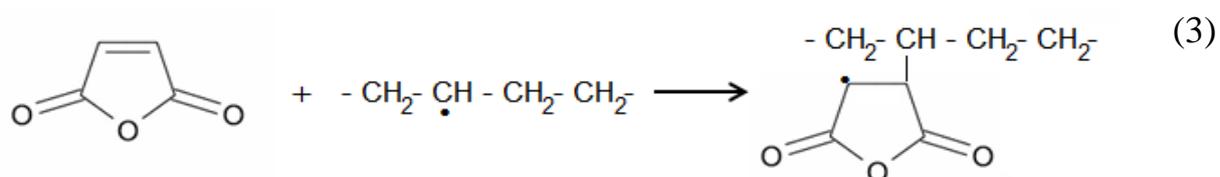
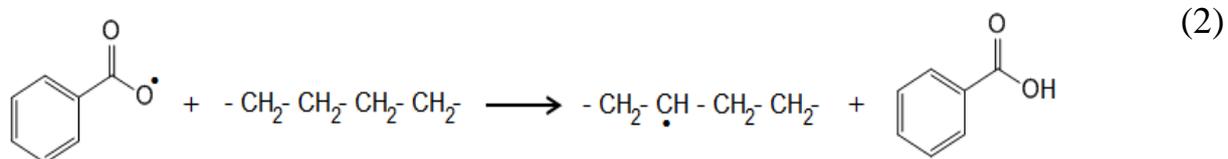
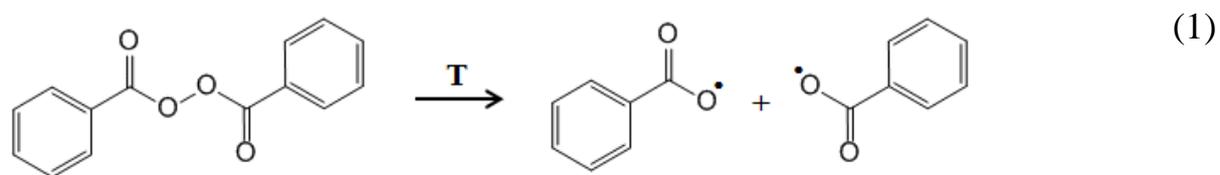


Рис.1. Механизм реакции синтеза НМПЭ-g-МА.

1-образование активного центра, 2-иницирование, 3-передача цепи, 4,5-обрыв цепи

Высокие значения СП были достигнуты при концентрациях инициатора перекиси бензоила (ПБ) при 2.66% (рис.2). При низких концентрациях инициатора наблюдаются низкие значения СП, которое может быть связано с образованием недостаточного количества активных центров для инициирования реакции.

При изучении влияния температуры реакционной среды на СП найдено, что с повышением температуры до 115-120⁰С СП увеличивается, дальнейшее увеличение температуры отрицательно влияет на СП. Известно, что повышение температуры увеличивает скорость реакции, однако, оно также приводит к быстрому расходу инициатора, которые не успевают выполнить функцию инициирования, что приводит к низким значениям СП. Известно, что в зависимости от условий реакции и природы мономера для достижения необходимого периода полураспада ПБ оптимальными температурами является 87-105⁰С.

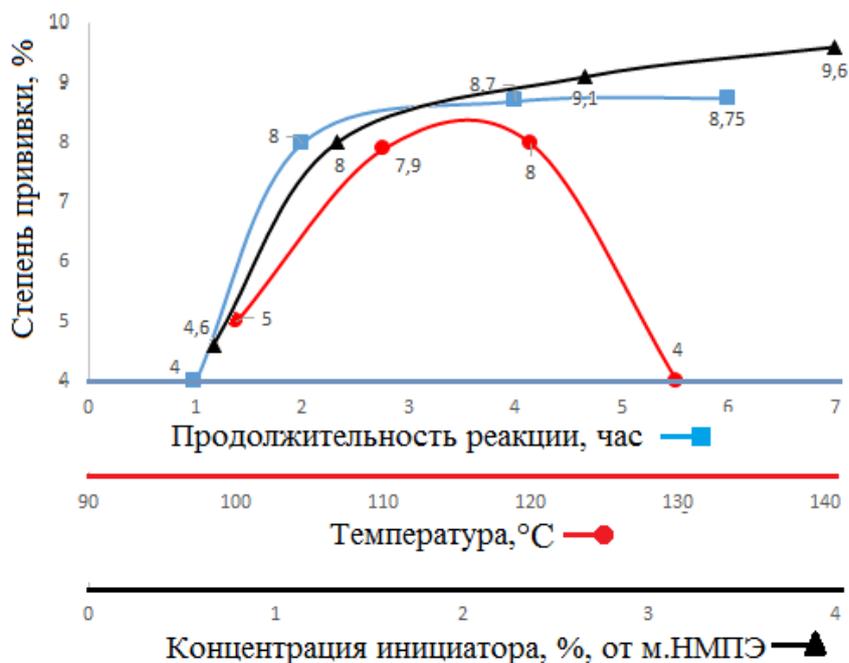


Рис.2. Влияние концентрации инициатора, температуры реакции и продолжительности реакции на СП

Было изучено влияние продолжительности реакции малеинизации низкомолекулярного полиэтилена на СП. Из рис.2 видно, что степень прививки увеличивается монотонно в течение 2 ч, далее не наблюдается заметное изменение значений СП, что может быть связано с полным расходом инициатора в этом промежутке времени.

Таблица 3

СП НМПЭ-g-МА, синтезированного в различных условиях
(соотношение НМПЭ:МА 9:1, температура 110°C)

| Образец | ПБ, % | Время, мин | СП, % |
|-------------|-------|------------|-------|
| НМПЭ-g-МА-1 | 0.66 | 120 | 4.6 |
| НМПЭ-g-МА-2 | 1.33 | 120 | 8.0 |
| НМПЭ-g-МА-3 | 2.66 | 120 | 9.1 |
| НМПЭ-g-МА-4 | 1.33 | 240 | 8.7 |

В ИК-спектрах синтезированных образцов малеинизированного низкомолекулярного полиэтилена наблюдается появление новой полосы поглощения в области 1780 см^{-1} , соответствующая валентным колебаниям карбонильной группы привитого малеинового ангидрида. Интенсивность полосы поглощения $\text{C}=\text{O}$ группы зависит от степени прививки и увеличивается с увеличением степени прививки.

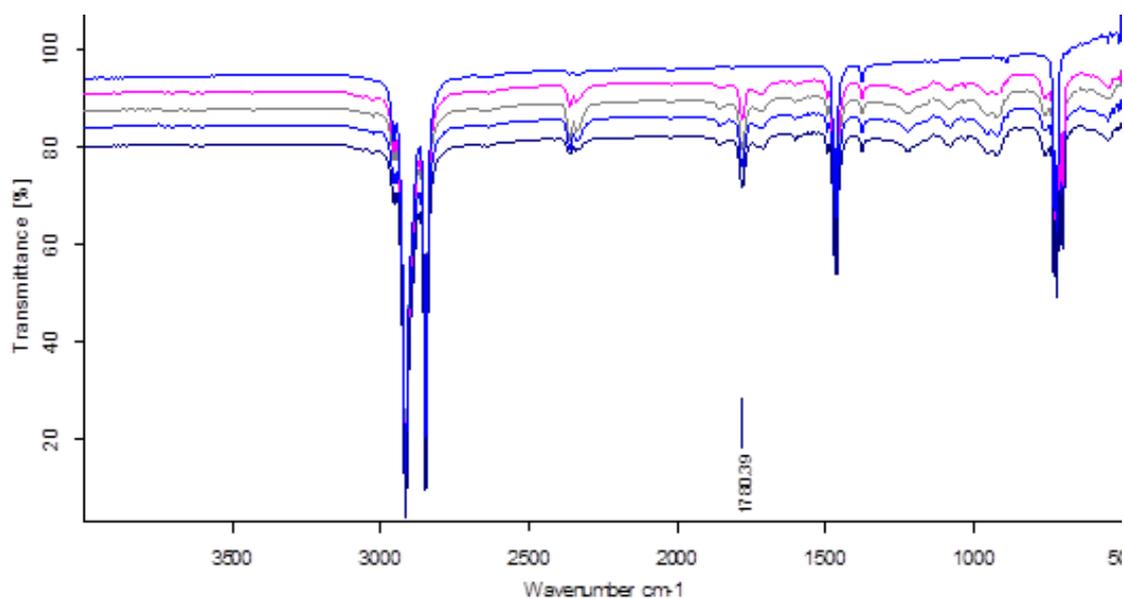


Рис. 3. ИК-спектры НМПЭ и образцов НМПЭ-g-МА (сверху вниз): НМПЭ; НМПЭ-g-МА-1; НМПЭ-g-МА-2; НМПЭ-g-МА-4; НМПЭ-g-МА-3.

С повышением степени прививки образцов наблюдается уменьшение степени кристалличности (СК) и незначительное изменение расстояния между плоскостями и размер кристаллов. Это можно объяснить появлением пространственного сопротивления ламелей в процессе кристаллизации за счет образования боковых функциональных групп в макромолекулярной цепи, а это в свою очередь приводит к уменьшению степени упорядоченности макромолекулы.

Таблица 4

Параметры кристаллической структуры НМПЭ и НМПЭ-g-МА

| Образец | Пики дифракции | 2θ (°) | d (Å) | β_0 (R) | L_{hkl} (Å°) | χ (%) |
|-------------|----------------|---------------|---------|----------------------|----------------|------------|
| НМПЭ | 110 | 21.3 | 4.16 | $1.74 \cdot 10^{-3}$ | 898.94 | 62.6 |
| | 200 | 23.6 | 3.77 | $1.74 \cdot 10^{-3}$ | 902.45 | |
| НМПЭ-g-МА-1 | 110 | 21.3 | 4.16 | $1.74 \cdot 10^{-3}$ | 898.94 | 56.3 |
| | 200 | 23.7 | 3.74 | $2.61 \cdot 10^{-3}$ | 601.80 | |
| НМПЭ-g-МА-2 | 110 | 21.2 | 4.17 | $2.61 \cdot 10^{-3}$ | 599.22 | 53.7 |
| | 200 | 23.5 | 3.77 | $1.74 \cdot 10^{-3}$ | 902.37 | |
| НМПЭ-g-МА-3 | 110 | 21.2 | 4.18 | $1.04 \cdot 10^{-3}$ | 1498.00 | 42.2 |
| | 200 | 23.6 | 3.77 | $2.09 \cdot 10^{-3}$ | 752.04 | |
| НМПЭ-g-МА-4 | 110 | 21.4 | 4.15 | $1.74 \cdot 10^{-3}$ | 899.01 | 49.8 |
| | 200 | 23.7 | 3.75 | $2.09 \cdot 10^{-3}$ | 792.18 | |

Расстояние между плоскостями кристаллов (d); полуширина максимального пика (β_0); размер кристаллитов (L_{hkl}); степень кристалличности (χ)

Методами термического анализа было показано, что температура плавления и кристаллизации НМПЭ выше по сравнению с образцами НМПЭ-g-МА, и чем выше СП тем выше температуры плавления и кристаллизации. На основе полученных результатов были рассчитаны энергия активации (E_A), энтальпия плавления и степень кристалличности образцов.

В результате исследований выбраны оптимальные условия проведения процесса малеинизации ПЭ: температура 110°C, продолжительность реакции 2 часа и концентрация инициатора 1,333% от м. НМПЭ.

Синтезированный НМПЭ-g-МА был использован в качестве компатибилизатора (в концентрациях 2, 5, 10%) в композиции ПЭ/ТПК с целью улучшения совместимости компонентов. Для сравнения были получены композиции в таких же соотношениях с использованием не модифицированного НМПЭ и были формированы плёнки. Увеличение количества КМП в составе композиции привело к улучшению реологических свойств и механических показателей плёнок на их основе (табл. 5).

Таблица 5

Влияние компатибилизатора на свойства композиции ПЭ и ПЭ/ТПК

| Композиция | ПЭ | ПЭ/НМПЭ/ТПК | | | ПЭ/КМП/ТПК | | |
|-------------------|------|-------------|---------|----------|------------|---------|----------|
| | | 68/2/30 | 65/5/30 | 60/10/30 | 68/2/30 | 65/5/30 | 60/10/30 |
| Соотношение | - | | | | | | |
| ПТР, (г/10 мин) | 3,20 | 2,42 | 2,54 | 2,67 | 2,65 | 2,86 | 3,12 |
| σ , МПа | 18,0 | 11,6 | 12,5 | 12,8 | 14,1 | 14,6 | 15,4 |
| ε , % | 600 | 369 | 412 | 420 | 450 | 471 | 512 |
| τ , % | 99.8 | 87.0 | 88.8 | 90.0 | 94.0 | 96.5 | 97.0 |

Выявлено, что все показатели композиционных плёнок (σ , ε , τ), ПЭ/Комп/ТПК близкие к показателям ПЭ плёнки, и имеют высокие значения по сравнению с образцами ПЭ/НМПЭ/ТПК.

В четвертой главе диссертации «Получение и изучение свойств композиционных материалов, разлагаемых под воздействием ультрафиолетовых лучей» проведены исследования по синтезу и использованию прооксидантов (ПРО) на основе солей карбоновых кислот с металлами, а также получению окс- и биоразлагаемых плёнок на основе ПЭ/ТПК/КМП/ПРО.

С целью равномерного распределения ПРО в ПЭ матрице, а также увеличения их совместимости нами был использован синтезированный малеинизированный низкомолекулярный полиэтилен в качестве компатибилизатора. Предварительно в двухшнековом экструдере был получен компаунд ПЭ/ПРО с 10%-м содержанием прооксиданта, затем была формирована плёнка с содержанием прооксиданта 0,5-3,0%, путем смешивания чистого ПЭ непосредственно в процессе получения плёнки методом экструзии с последующим раздувом.

Морфология плёнок была изучена методом АСМ и было выявлено, что частицы ПРО равномерно распределены в матрице ПЭ и имели средний размер частиц 250-440 нм.

Далее были получены оксо- и биоразлагаемые композиционные плёнки состава ПЭ/ТПК/КМП/ПРО, которые имели достаточно высокие физико-механические показатели: $\sigma=15,6$ МПа, $\varepsilon=520\%$, $\tau=95,5\%$.

В пятой главе диссертации «Исследование биоразлагаемости композиционных плёнок» были проведены сравнительные исследования по определению биоразлагаемости композиционных плёнок ПЭ/Кр, ПЭ/ТПК, ПЭ/КМП/ТПК, ПЭ/КМП/ТПК/ПРО в соответствии стандартных методов.

Биоразлагаемые композиционные плёнки подвергались к воздействию специального комплекса почвенной микрофлоры, в определенных условиях в течение определенной времени, с дальнейшим определением изменения их внешнего вида, массы и механических свойств плёнок. Было выявлено, что во всех образцах наблюдается потеря массы во времени (рис.4), появление микротрещин на поверхности (рис.5) и ухудшение механических свойств (табл.6).

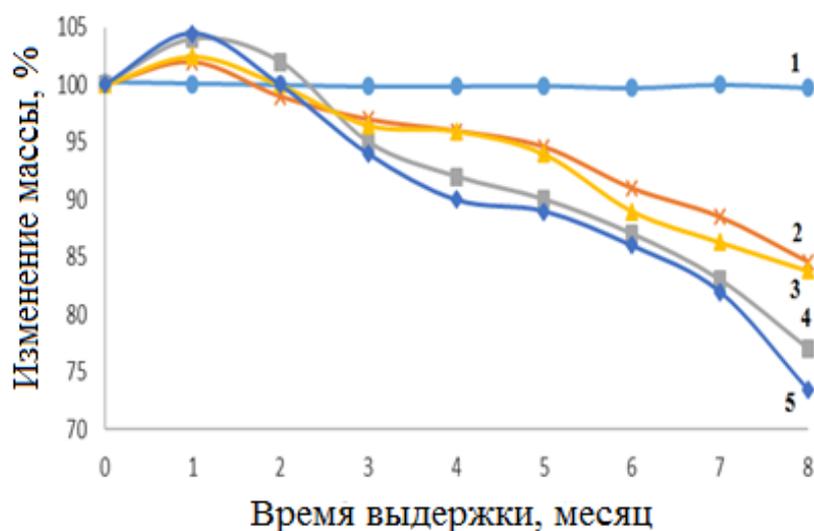


Рис. 4. Изменение массы композиции во времени: 1-ПЭ, 2-⁸⁰ПЭ²⁰ТПК_{30/00}, 3-⁷⁰ПЭ³⁰ТПК_{30/00}, 4-⁸⁰ПЭ²⁰ТПК_{13/26}, 5-⁷⁰ПЭ³⁰ТПК_{13/26}

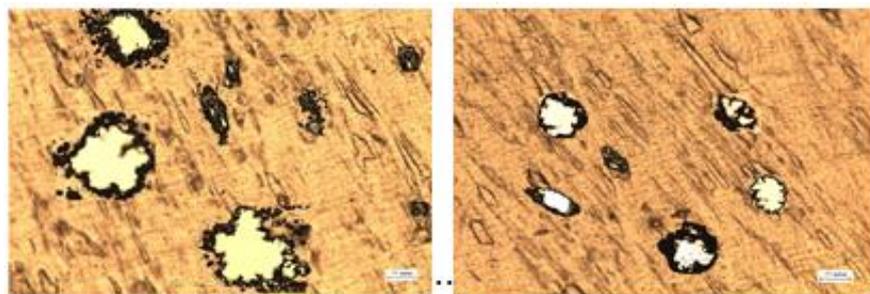


Рис. 5. Микрофотографии композиционных плёнок ($\times 130$ р.ув.): ⁷⁰ПЭ³⁰ТПК_{30/00}, ⁷⁰ПЭ³⁰ТПК_{13/26}

Ухудшение механических свойств наблюдается в зависимости от содержания наполнителя. В образцах с одинаковым содержанием наполнителя, в случае ⁷⁰ПЭ³⁰ТПК_{30/00} и ⁷⁰ПЭ³⁰ТПК_{13/26} композициях наблюдается больше потери.

Таблица 6

Прочность при разрыве плёнок до после компостирования

| Образец | До компостирования, МПа | После 2-х месяцев компостирования, МПа | После 4-х месяцев компостирования, МПа |
|---|-------------------------|--|--|
| ПЭ | 17,0 | 16,8 | 16,5 |
| ⁸⁰ ПЭ ²⁰ ТПК _{30/00} | 14,1 | 12,1 | 9,6 |
| ⁷⁰ ПЭ ³⁰ ТПК _{30/00} | 12,5 | 9,4 | 5,8 |
| ⁸⁰ ПЭ ²⁰ ТПК _{13/26} | 15,2 | 13,4 | 10,6 |
| ⁷⁰ ПЭ ³⁰ ТПК _{13/26} | 13,8 | 10,5 | 6,6 |

Также было исследовано изменение внешнего вида плёнок, механических свойств, потеря массы, и изменение структуры (рис.6) и увеличение карбонильного индекса (КИ) (рис.7) под влиянием ультрафиолетовых лучей. Известно, что при фотодеструкции полиолефинов прооксиданты способствуют генерации свободных радикалов, которые реагируют с молекулярным кислородом, образуя пероксидов гидропероксидов, а также функциональных групп (альдегидных, кетонных, карбоксильных), что приводит к автоокислению и расщеплению цепи полиолефинов. ИК-спектроскопические исследования исходных и облученных пленок свидетельствуют о том, что фотоокисление полиэтилена протекает с образованием разнообразных кислородосодержащих и ненасыщенных групп.

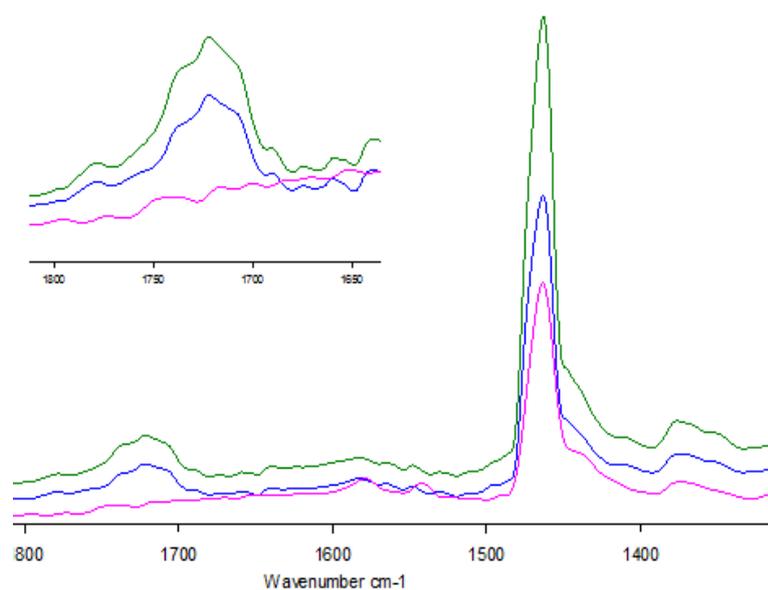


Рис. 6
ИК-спектры композиционных пленок, подверженных УФ-облучению в различных сроках (снизу в верх - 0, 10 и 15 дней)

Для определения содержание окисленных групп в полимере использовали карбонильный индекс, который был рассчитан, путем вычисления соотношения площади полос карбонильной группы (1740 см⁻¹) на площадь полос -CH₂- группы (1470 см⁻¹) полиэтилена. С увеличением содержания прооксидантов в композиции и времени облучения наблюдается

увеличение карбонильного индекса, что подтверждает о процессе фотодеструкции полимера во времени.

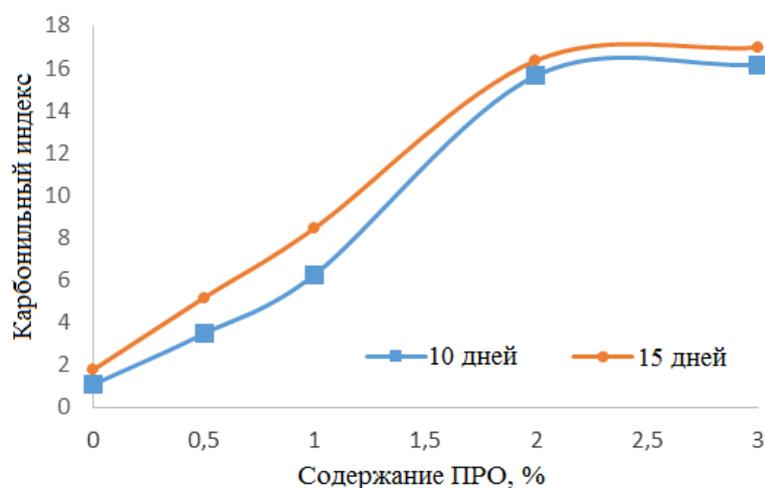


Рис. 7.
Карбонильный индекс композиционных плёнок, подвергавшихся УФ-облучению в течение 10 и 15 дней

УФ-облучение плёнок привело к ухудшению их механических свойств, таких как σ (до 6 МПа) и ε (до 5%), а у образцов, которые дольше подвергались к облучению, не возможно было определить их прочностные характеристики, так как они были очень хрупкие и рассыпаются при касании.

Полученные оксо- и биоразлагаемые плёнки были испытаны в естественных условиях и выявлено, что плёнки подвержены к биоразложению в течение 4 месяцев.

В шестой главе диссертации «**Прикладные аспекты полученных научных результатов**» полученные научные результаты были апробированы в промышленных условиях. Были предложены технологии производства биоразлагаемых компаундов и плёнок на их основе. Разработаны стандарты организации Ts 21889093-01:2019 «Биоразлагаемые полимерные компаунды» и Ts 25261285-08:2019 «Биоразлагаемые полимерные плёнки», согласованы с Минздрав РУз и зарегистрированы в Агенстве Узстандарт за №112/0010312 от 21.08.19 и №112/0010313 от 21.08.19 соответственно; технологические инструкции ТИ 21889093-01:2019 по производству биоразлагаемых полимерных компаундов и ТИ 25261285-08:2019 по производству биоразлагаемых полимерных пленок и согласованы с МЗ РУз.

НИИ санитарии, гигиены и профзаболеваний Минздрав РУз и Ташкентской медицинской академией подтверждена токсикологическая безопасность биоразлагаемых плёнок.

Центральной лабораторией Госкомгеологии РУз и Институтом почвоведение и агрохимии подтверждена безопасность биоразлагаемых плёнок на структуру почвы до и после разложения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Исследована возможность получения композиций на основе полиэтилена и крахмала различного происхождения и на основании анализа состава и структуры крахмалов, выделенных из различных растений, и возможности их использования для получения биоразлагаемых композиций с ПЭ, найдено, что ПЭ/Кр_{кз} композиции имеют более высокие физико-механические, оптические свойства и обладают улучшенными реологическими свойствами по сравнению крахмалами из других источников.

2. С целью повышения совместимости крахмала к ПЭ показана возможность получения ТПК путем его пластификации (желатинизации) в присутствии пластификаторов. Найдены оптимальные условия пластификации, а именно состав пластификаторов (глицерин/сорбитол), температура и продолжительность процесса. Физическими и физико-химическими методами показано образование водородных связей между пластификатором и крахмалом, наблюдается уменьшение степени кристалличности ТПК и образование новых кристаллов типа V_a и V_h при углах рассеяния 2θ , равных $18,3^\circ$ и $20,3^\circ$ соответственно. Получены ПЭ/ТПК композиции с улучшенными механическими и реологическими свойствами по сравнению с композициями ПЭ/Кр.

3. Синтезирован малеинизированный низкомолекулярный полиэтилен с высокой степенью прививки (~9%), путем модификации НМПЭ с МА в расплаве, проявляющий свойства компатибилизатора; найдены оптимальные условия реакции (концентрация инициатора 1,33%, продолжительность реакции 120 мин, температура 110°C); состав и структура НМПЭ-g-МА подтверждены ИК-спектроскопией, рентгенографическим анализом и аналитическими методами.

Синтезированный НМПЭ-g-МА был использован в качестве компатибилизатора при получении ПЭ/ТПК композиции, что позволило повысить совместимость ПЭ и ТПК, и достичь равномерного распределения дисперсной фазы в полиолефиновой матрице, что привело к улучшению физико-механических показателей, таких как показатель текучести расплава, прочность при разрыве и относительное удлинение.

4. Синтезирован прооксидант (оксодобавка) на основе солей карбоновых кислот переходных металлов, иницирующий процесс деструкции полиэтилена под воздействием ультрафиолетовых лучей. Исследованы структура и свойства оксоразлагающихся ПЭ/ПРО композиции, полученных с использованием нового синтезированного компатибилизатора НМПЭ-g-МА, что позволило достичь равномерного распределения оксо-добавки в полимерной матрице и улучшить их совместимость.

5. Получены полиэтиленовые композиции, содержащие ТПК и ПРО, биоразлагаемые под действием, как микроорганизмов, так и УФ-лучей. Экспериментальными исследованиями в лабораторных и естественных условиях используя стандартизированные методы, показано, что ПЭ/ТПК,

ПЭ/ПРО, ПЭ/ТПК/ПРО композиции разлагаются под действием микроорганизмов и УФ-лучей, в зависимости от их состава. Доказана безопасность полученных биоразлагаемых композиций и материалов для здоровья человека и состава почвы до и после биодegradации (Заключения Научно-исследовательской лаборатории санитарии, гигиены и охраны труда МЗ РУз, Ташкентской медицинской академии, Центральной лаборатории Госкомгеологии РУз, НИИ почвоведения и агрохимии).

6. Разработана технология производства биоразлагаемых композиций и материалов и успешно апробирована в АО «Джиззахпластмасса»; разработаны и зарегистрированы в соответствующих органах (ССВ РУз, Агентство «Узстандарт») нормативно-технические и технологические документы (стандарты организации, технологические инструкции), необходимые для организации производства.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARD OF SCIENTIFIC DEGREES
DSc.02/30.12.2019.K/FM/T.36.01 AT INSTITUTE OF POLYMER
CHEMISTRY AND PHYSICS**

INSTITUTE OF POLYMER CHEMISTRY AND PHYSICS

TURDIKULOV ISLOM KHAYITBOY UGLI

**OBTAINING, STRUCTURE AND PROPERTY OF THE
BIODEGRADABLE MATERIALS BASED ON POLYETHYLENE**

02.00.06 - High molecular compounds

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR
OF PHILOSOPHY (PhD) ON CHEMICAL SCIENCES**

Tashkent – 2022

The title of the doctoral dissertation has been registered by the the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan with registration number of B2021.4.PhD/K437.

The doctoral dissertation has been carried out at the Institute of Polymer Chemistry and Physics Academy Sciences of Uzbekistan.

The abstract of doctoral dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is available on the website of the Research Council (polchemphys.uz) and the «ZiyoNET» information and educational portal (www.ziynet.uz)

| | |
|-------------------------------|--|
| Scientific supervisor: | Atakhanov Abdumutolib Abdupatto ugli Doctor of Technical Science |
| Official opponents: | Mukhamediev Mukhtarjan Ganievich Doctor of Chemical Sciences, Professor Rafikov Adkham Salimovich Doctor of Technical Sciences, Professor |
| Leading organization: | Tashkent chemical-technological institute |

The defense of the dissertation will take place on «10» of June 2022 at «14:00» at a meeting of Scientific council DSc.02.30.12.2019.K/FM/T.36.01 at the Institute of Polymer Chemistry and Physics (Address: 100128, Tashkent, Abdulla Kadiri str., 7⁶, Tel.: (998-71)-241-85-94; fax: (998-71) 241-26-61; e-mail: polymer@academy.uz).

The doctoral dissertation has been registered at the Informational Resource Centre of Institute of Polymer Chemistry and Physics (registration number 27) (Address: 100128, Tashkent, Abdulla Kadiri str., 7⁶, Ph.: (998-71)-241-85-94;).

The abstract of the dissertation is distributed on « 26 » of May 2022 y.
(Protocol at the register № 4 dated « 26 » of May 2022 y).

S.Sh.Rashidova

Chairman of scientific council for awarding
the scientific degrees, doctor of chemical
science, professor, academician

M.M.Usmanova

Scientific secretary of scientific council
for award of scientific degrees, Candidate of
Technical Sciences, senior researcher

V.O. Kudishkin

Deputy of chairman of scientific seminar under Scientific
council for awarding the scientific degrees,
doctor of chemical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of the research work is to create biodegradable composite materials based on polyethylene and study their structure and properties.

The object of research work is polyethylene (F-0320), starch from various raw materials, low molecular weight polyethylene, salts of organic carbonic acids and compositions based on them.

Scientific novelty of the research work:

the conditions for the transfer of a blend of polyols (glycerol and sorbitol) to the thermoplastic state by plasticization of starch in the specified proportions and under optimal conditions were determined, and the improvement of operational properties due to the resulting intermolecular hydrogen bonds was determined;

maleinized low-molecular polyethylene with a high degree of grafting was first synthesized in the melt, the reaction kinetics was studied in relation to the variables influencing the synthesis process, its structure and properties were determined and the possibility of using it as a compatibilizer in polyethylene-based compositions was demonstrated;

for the first time prooxidant (oxo-additive) compounds were synthesized on the basis of variable valence metal salts and their ability to initiate the process of destruction in a polyethylene chain under the influence of ultraviolet light was proved;

for the first time in the presence of a newly synthesized compatibilizer was created compositions in the form of polyethylene, thermoplastic starch, biooxy under the influence of microorganisms and ultraviolet light, with high strength on the basis of prooxidants.

Implementation of the research results. On the basis of scientific results obtained on the production, structure and properties of biodegradable materials on the basis of polyethylene:

At the Republican Fair of Innovative Ideas, Technologies and Projects an agreement was signed with JSC "Jizzakhplastmassa" on the development of a method of obtaining biodegradable film on the basis of polyethylene (Agreement No. 24/03 of March 24, 2017). As a result, it was possible to create a technology for the production of biodegradable film on the basis of polyethylene and apply it in JSC "Jizzakhplastmassa";

Technical specifications for biodegradable polymer compound (Ts 21889093-01: 2019) and biodegradable polymer film (Ts 25261285-08: 2019) are registered by Uzstandard Agency. This technical condition allowed to control the quality of products and technological process.

The outline of the thesis. The content of the dissertation consists of an introductory part, six chapters, a conclusion, a list of references and appendices. The volume of the dissertation is 111 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ

I бўлим (I часть; part I)

1. Абдуразаков М., Турдикулов И.Х., Атаханов А.А. Исследование влияния добавок полисахаридов на кристаллическую структуру полиэтилена// Журнал Доклады академии наук Республики Узбекистан. 2018. -№3, С. 76-80. (02.00.00. №8)
2. Турдикулов И.Х., Атаханов А.А., Мамадиёров Б.Н., Саидмухамедова М.К., Шахобутдинов С.Ш. Исследование структуры и свойств композиционных пленок на основе полиэтилена и модифицированных форм целлюлозы// Композиционные материалы. 2020. №2. С. 78-80. (02.00.00. №4)
3. Turdikulov I.H. Mamadiyrovov B.N., Saidmuhammedova M.Q., Atakhanov A.A. Obtaining and studying properties of biodestructable composite films based on polyethylene// Open Journal of Chemistry, 2020, 6(1): p.30-36 (CrossRef)
4. Карева Н.Д., Муслимова М.А., Югай С.М., Турдикулов И.Х., Атаханов А.А. Количественное определение состава и сравнительные исследования физико-химических свойств крахмала различного происхождения// Наманган Давлат Университети илмий ахборотномаси 2021.№4 С. 50-53. (02.00.00. №18)

II бўлим (II часть; part II)

5. Турдикулов И.Х., Назарова З.М., Атаханов А.А. Полиэтилен ва крахмал асосидаги биопарчаланувчи композицион плёнка олиш. // Журнал «Ёш олимлар ахборотномаси». 2018. №2 (1) С. 107-109.
6. Турдикулов И.Х., Акбарова С.Р., Атаханов А.А. Полиэтилен асосида турли хил табиий тулдирувчилар тутган композицион плёнкалар олиш// Актуальные проблемы физики и химии полимерных композитов а также технология конструктивных материалов. Халқаро анжумани, Наманган, 2017 йил. 12-13 июл, Тезислар тўплами, 1 қисм, 420-421 бетлар.
7. Турдикулов И.Х., Кузиева М.М., Мамадиёров Б.Н., Атаханов А.А. Табиий тўлдирувчи тутган полиэтилен композиция хоссаларига тўлдирувчининг таркиб ва микдор таъсирини ўрганиш// «Иқтисодиёт тармоқларининг инновацион ривожланишида полимерлар ҳақидаги фан ва таълим интеграциясини чуқурлаштириш» Республика илмий анжумани, Тошкент, 2017 йил, 10-ноябрь, Тезислар тўплами, 68-69 бетлар.
8. Турдикулов И.Х., Мамадиёров Б.Н., Атаханов А.А. Полиэтилен ва табиий полисахаридлар асосида биопарчаланувчи композицион плёнка олиш// “Целлюлоза ва унинг ҳосилаларини кимёси ва технологиясини долзарб муаммолари” Республика илмий-техникавий анжумани, Тошкент, 2018-йил, 15-17 май, Тезислар тўплами, 179-180 бетлар.

9. Турдикулов И.Ҳ., Мамадиёров Б.Н. Саидмуҳаммедова М.Ҳ., Шахобиддинов С.,Ш., Атаханов А.А. Малеинланган қуйи молекуляр полиэтилен олиш// “Биоорганик кимё фани муаммолари” IX республика ёш кимёгарлар конференцияси материаллари”, Наманган, 2019 йил 26-27 апрел Тезислар тўплами, 101-103 бетлар.

10. Turdikulov I.N, Atakhanov A.A., Mamadiyurov B.N. Biodegradable composite materials based on polyethylene and starch // “Proceedings of the VIII International symposium on specialty polymers”. International conference, Karaganda, 2019, 23-25 August, p.51

11. Турдикулов И.Ҳ., Мамадиёров Б.Н., Саидмуҳаммедова М.Ҳ., Атаханов А.А. Полиэтилен композициясининг реологик ва механик хоссаларига тўлдирувчининг таъсирини ўрганиш// “Табийий ва синтетик полимерлар кимёси ва технологиясининг ривожланиш истиқболлари” Илмий-техникавий конференцияси. Мақолалар тўплами, 2019, 25-сентябр, ТКТИ, 54-55 бетлар

12. Турдикулов И.Ҳ., Мамадиёров Б.Н., Саидмуҳаммедова М.Ҳ., Холмуминов А.А., Атаханов А.А. Плавление и вязко-упругое течение композита полиэтилена с крахмалом при сдвиге// “Современные проблемы науки о полимерах”, 2019, 31 октября- 1 ноября, Сборник тезисов, с.134-135.

13. Турдикулов И.Ҳ., Б.Н. Мамадиёров, Саидмуҳаммедова М.Ҳ., Назарова Н.А., Атаханов А.А. Исследование биоразлагаемости композицияна основе полиэтилена и крахмала// “Современные проблемы науки о полимерах”, 2019, 31 октября – 1 ноября, Сборник тезисов, с.135-136.

14. Турдикулов И.Ҳ., Мамадиёров Б.Н., Назарова Н.А., Атаханов А.А. Малеинизацияланган полиэтилен олиш// “Современные проблемы науки о полимерах”, 2019, 31 октября- 1 ноября, Сборник тезисов, с.155-156

15. Турдикулов И.Ҳ., Абдуразаков М., Ашуров Н.Ш., Саидмухамедова М.Қ, Атаханов А.А. Исследование структуры и свойств малеинизированного низкомолекулярного полиэтилена// ТДТУ қошидаги Фан ва тараққиёт ДУК “Саноатнинг турли сохалари ва халқ хўжалиги учун композицион ва металполимер материаллар” Ўзбекистон-Беллорусия илмий-техникавий анжумани, 2020 й., 21-22 май, 175-176 бетлар

16. Турдикулов И.Ҳ., Атаханов А.А. Малеин ангидрид билан крахмални модификациялаш// “Ўзбекистонда кимё фанини ривожланиши ва истиқболлари” Республика илмий анжумани. Тезислар тўплами. Ўзбекистон Миллий Университети, 2020 й. 26-май, 85-86 бетлар

17. Турдикулов И.Ҳ., Саидмухаммедова М.Қ, Абдурахманова В., Атаханов А.А., Рашидова С.Ш. Малеинизированный низкомолекулярный полиэтилен как компатибилизатор для полимерных композитов// Восьмая Всероссийская Каргинская Конференция - Полимеры в стратегии научно-технического развития РФ «Полимеры — 2020» 9-13 ноября 2020 года. Сборник Тезисов, с. 551. Москва, МГУ им. М.В.Ломоносова

18. Турдикулов И.Ҳ., Саидмухамедова М.Қ., Карева Н. Д., Атаханов А.А. Полиэтилен асосида оксопарчаланувчи материаллар олиш// Полимерлар

хақидаги фаннинг замонавий муаммолари Республика илмий анжумани
Тезислар тўплами 25-26 ноябр 2020 й.

19. Турдикулов И.Х., Саидмухамедова М.Қ., Атаханов А.А.
Оксопарчаланувчи полиэтилен композицион плёнкаларнинг хоссаларини
тадқиқ қилиш// Международная научно-техническая конференция. 2021г 16-
17 сентября. Фан ва тараққиёт ГУП. Материалы конференции, с.81.

Автореферат «Кимё ва кимё технология» журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилиб, ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнлар ўзаро мувофиқлаштирилди.

Босишга рухсат этилди: 23.05.2022
Бичими: 60x84 $\frac{1}{16}$ «Times New Roman»
гарнитурда рақамли босма усулда босилди.
Шартли босма табоғи 2,75. Адади 100. Буюртма: № 103
Тел: (99) 3832 99 79; (99) 817 44 54
Гувоҳнома reestr № 10-3279
“IMPRESS MEDIA” МЧЖ босмахонасида чоп этилди.
Манзил: Тошкент ш., Яккасарой тумани, Қушбеги кўчаси, 6 уй.