

**НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР
УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.17/7.06.2024.К/Т.06.03 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР
УНИВЕРСИТЕТИ**

ИСТАМОВ ҲАЁТ ЙЎЛЧИЕВИЧ

**СИНТЕТИК ПОЛИМЕРЛАР АСОСИДА БИОПАРЧАЛАНУВЧИ
КОМПОЗИЦИОН МАТЕРИАЛЛАРНИНГ ОЛИНИШИ ВА
ТАДҚИҚОТИ**

02.00.14 – Органик моддалар ва улар асосидаги материаллар технологияси

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
АВТОРЕФЕРАТИ**

НАВОИЙ -2025

Фалсафа доктори(PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси
Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)
Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)

Истамов Ҳаёт Йўлчиевич

Синтетик полимерлар асосида биологик парчаланувчи композицион материалларнинг олиниши ва тадқиқоти 3

Истамов Ҳаёт Йўлчиевич

Разработка и исследование биоразлагаемых композиционных материалов на основе синтетических полимеров 21

Istamov Hayot

Development and study of biodegradable composite materials based on synthetic polymers..... 39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works.....43

**НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР
УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.17/7.06.2024.К/Т.06.03 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР
УНИВЕРСИТЕТИ**

ИСТАМОВ ҲАЁТ ЙЎЛЧИЕВИЧ

**СИНТЕТИК ПОЛИМЕРЛАР АСОСИДА БИОПАРЧАЛАНУВЧИ
КОМПОЗИЦИОН МАТЕРИАЛЛАРНИНГ ОЛИНИШИ ВА
ТАДҚИҚОТИ**

02.00.14 – Органик моддалар ва улар асосидаги материаллар технологияси

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
АВТОРЕФЕРАТИ**

НАВОИЙ -2025

Фалсафа доктори (PhD) диссертация мавзуси Ўзбекистон Республикаси Олий таълим, фан ва инновациялар вазирлиги хузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2025.4.PhD/Т6081 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Навоий давлат кончилик ва технологиялар университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (rezyume)) Илмий кенгашнинг веб-саҳифасида (www.nsumt.uz) ва «Ziyonet» Ахборот-таълим порталида (www.ziyonet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Мухиддинов Баходир Фахриддинович
кимё фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Амонов Мухтар Рахматович
техника фанлари доктори, профессор

Қиёмов Шарифжон Нозимович
техника фанлари доктори, профессор

Етакчи ташкилот:

Ислом Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети

Диссертация ҳимояси Навоий давлат кончилик ва технологиялар университети хузуридаги DSc.17/7.06.2024.К/Т.06.03 рақамли Илмий кенгашнинг 2025 йил 29 декабрь соат 10:00 даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 210100, Навоий шаҳри, Ғалаба шоҳ кўчаси, 76в уй. Навоий давлат кончилик ва технологиялар университетининг мажлислар зали. Тел.: 79 (436) 223-23-32; факс: 0 (436) 223-49-66; (e-mail: info@nsumt.uz).

Диссертация билан Навоий давлат кончилик ва технологиялар университети Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (№246 рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 210100, Навоий шаҳри, Ғалаба шоҳ кўчаси, 76в уй. Тел.: 0 (436) 223-23-32; факс: 0 (436) 223-49-66.

Диссертация автореферати 2025 йил 19 декабр куни тарқатилди.
(2025 йил «19» декабрдаги 21 рақамли реестр баённомаси).




Нурмуродов Т.И.
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш раиси в.в.б., т.ф.д., проф.


Шарипов С.Ш.
Илмий даражалар бериш бўйича
илмий кенгаш котиби, PhD, доцент


Вапоев Х.М.
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш
хузуридаги илмий семинар раиси., т.ф.д., проф.

Кириш (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги. Жаҳонда халқ хўжалигининг турли тармоқларида пластик композит материалларга бўлган эҳтиёж ортиши натижасида, уларни қўллашнинг янги тармоқлари кенгаймоқда. Юқори тоннажли ПЭ, ПВХ, ПЭТФ ва ПП асосида олинаётган пластик буюмларни ишлаб чиқариш ҳамжлари ортиб бориши баробарида, бирламчи қўлланилган композит материалларни қайта ишлаш, улар асосида экологик хавфсиз, юқори физик-механик хусусиятларга эга бўлган янги турдаги маҳсулотларни яратиш долзарб ҳисобланади. Бу борада истиқболли ёндашувлардан бири – таркибида биологик парчаланувчи тўлдирувчилар бўлган полимер композитларни ишлаб чиқиш бўлиб, яқунда тўлдирувчилар маҳсулот ишлатилганидан сўнг асосий полимернинг тезроқ парчаланишини имконини беради. Шу сабабли, фойдаланиш муддати тугагандан сўнг атроф-муҳит омиллари таъсирида парчланиб, шу билан экологик юкламани камайтирадиган материалларни яратиш, уларнинг хоссаларини тадқиқ қилиш муҳим аҳамият касб этади.

Дунёда бугунги кунда оптимал полимер композицияларини яратиш, асосий полимерни қайта ишлаш технологияларини ишлаб чиқиш, материалларни ишлаб чиқариш ва қайта ишлашнинг оптимал режимларини белгилаш, илмий-тадқиқот ишлари натижаларини қўллаш орқали тайёр маҳсулотларнинг термик, физик-механик хусусиятларини яхшилаш, кислород индексини камайтириш бўйича ишлар олиб борилмоқда. Бу борада, компостланадиган полимер композицион материалларни ишлаб чиқариш технологияларини яратишга, биотўлдирувчиларнинг олинандиган композицион материалларнинг хусусиятларига таъсирини ўрганишга, дастлабки компонентларнинг оптимал нисбатларини топиш ва гидрофоб полимер композицияларининг аралаштириш мувофиқлигини яхшилашга, замонавий полимер композицион материалларни ишлаб чиқиш ва қайта ишлаш технологиясининг асосини яратишга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Республикада маҳаллий хомашёдан композицион материаллар яратиш, поливинилхлорид ва полиэтилен асосидаги маҳсулотлар ва материаллар ишлаб чиқариш технологиясини такомиллаштириш, яхшиланган хусусиятларга эга турли композицион материалларни ишлаб чиқиш, уларнинг физик-кимёвий хусусиятларини ўрганиш, полимер материаллар учун икки ва уч боғланишли янги модификаторларни синтез қилиш бўйича илғор илмий асосланган чора-тадбирларни жорий қилиб, бир қатор илмий-амалий натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикаси Президентининг Фармонида¹ "Энергия тежовчи ва экологик жиҳатдан хавфсиз технологияларни яратиш ва ишлаб чиқаришга жорий этиш бўйича илмий-тадқиқот ишларини кенгайтириш..." муҳим вазифалари белгиланган. Ушбу вазифалардан келиб чиққан ҳолда, базавий синтетик матрицаларнинг технологиклиги ва хусусиятларини табиий полисахаридларнинг экологик

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017-йил 7-февралдаги "Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида"ги ПФ-4947-сонли Фармони // Ўзбекистон Республикаси ҳукуқий ҳужжатлар тўплами. – Т., 2017. – 103 б.

афзалликлари билан бирлаштирган қисман биологик парчаланадиган композитларни тадқиқ қилиш вазифаларини амалга оширишга қаратилган тадқиқотлар катта илмий ва амалий аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2021 йил 13 февралдаги "Кимё саноати корхоналарини янада ислоҳ қилиш ва молиявий соғломлаштириш, юқори қўшимча қийматли кимё маҳсулотлари ишлаб чиқаришни ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида"ги ПҚ-4992-сонли, 2019 йил 23 майдаги "Қурилиш материаллари саноатини жадал ривожлантиришга доир қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида"ги ПҚ-4335-сонли ва 2019 йил 3 апрелдаги "Кимё саноатини янада ислоҳ қилиш ва инвестициявий жозибдорлигини ошириш чора-тадбирлари тўғрисида"ги ПҚ-4265-сонли қарорларида, шунингдек, ушбу соҳада қабул қилинган бошқа норматив-ҳуқуқий ҳужжатларда назарда тутилган вазифаларнинг бажарилишига маълум даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика илм-фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мувофиқлиги. Мазкур тадқиқот Республика фан ва технологияларини ривожлантиришнинг VII. "Кимёвий технологиялар ва нанотехнологиялар" устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Биологик парчаланадиган полимер композитларни олиш муаммоси Крутко Е.Т., Мадорский С., Минскер К.С., Ениколопов Н.С., Халмаиер М., Зилберман Е.Н., Федосеева Г.Т., Абдуллин М.И., Берлин Ал.Ал., Пудов В.С., Колесов С.В., Иванова С.Р., Штаркман Б.П., Роговин З.А., Тагер А.А., Каргин В.А., Малинский Ю.М., Журков С.Н., Козлов П.В., Папков С.П., Барштейн Р.С., Соколов С.И., Фелдман Р.И, Розинская И.Н., Аржаков С.А., Бакеев Н.Ф., Кабанов В.А., Аскарлов М.А., Жалилов А.Т., Аҳмедов К.С., Ёриев О.М., Фатхуллаев Е., Муҳиддинов Б.Ф., Муҳамедғалиев Б.А., Бекназаров Ҳ.С., Нурқулов Ф.Н. ва бошқа олимлар томонидан фаол ўрганилмоқда.

Ушбу олимлар ўзларининг илмий тадқиқотлари натижасида (ПЭ) полиэтилен ва (ПВХ) поливинилхлоридга биологик парчаланаш хусусиятини бериш учун модификацияланган крахмал ва замонавий компатибилизаторлардан фойдаланиш, крахмал қўшимчали композитларни қадоклаш материаллари учун қўллаш ҳамда гидрофил крахмал ва гидрофоб полимерлар ўртасидаги мослашувни яхшилаш бўйича композицияларни яратмоқдалар.

Ҳозирги вақтда биологик парчаланадиган полимер композицион материаллар соҳасида ПВХ ва паст зичликли Полиэтилен (ПЗПЭ) асосида биотўлдирувчиларни ўз ичига олган янги композицияларни ишлаб чиқиш етарлича ўрганилмаган.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Навоий давлат кончилиги ва технологиялар университетининг илмий тадқиқот ишлари режасига мувофиқ №1-03/2024

«Поливинилхлоридни қайта ишлашни яхшилаш учун композиция ишлаб чиқиш» мавзусидаги амалий лойиҳа доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади синтетик полимерлар (ПЗПЭ ва ПВХ (ДОФ)) асосида биологик парчаланадиган полимер композицион материалларнинг таркибини ишлаб чиқиш технологиясини яратиш ва илмий асослаш ҳисобланади.

Тадқиқотнинг вазифалари:

синтетик полимерлар асосида турли миқдордаги модификацияланган гуруч крахмали ва компатибилизатор (глицерин моностеарати) қўшимчаси билан бир қатор полимер композицияларини олиш;

олинган композитларнинг структура-морфологик хусусиятларини тадқиқ қилиш (тўлдирувчининг тақсимланишини, кристаллик даражасининг ўзгаришини, ғовакли тузилманинг шаклланишини ва бошқаларни) ИҚ-спектроскопия, электрон микроскопия ва бошқа усуллар билан аниқлаш;

крахмал ва компатибилизатор миқдорида боғлиқ ҳолда композицияларнинг физик-механик хусусиятларини (чўзилишга мустаҳкамлик, узилишдаги нисбий узайиш, эластиклик модули, қаттиқлик) тадқиқ қилиш;

гидрофил тўлдирувчининг материалларнинг намликка чидамлилигига таъсирини баҳолаш учун турли муҳитларда композитларнинг сорбция хусусиятларини (сув ютилиши, намлик диффузияси) аниқлаш;

термогравиметрик таҳлил (инерт ва оксидловчи атмосферада) ва дифференциал сканерлаш калориметрияси усуллари билан композицияларнинг термик барқарорлиги ва термик деструкция хусусиятларини тадқиқ қилиш;

материалларнинг биодеградация хусусиятларини баҳолаш;

техник-иктисодий кўрсаткичларни ҳисоблаш;

биологик парчаланадиган полимер композицион материалларни ишлаб чиқаришнинг оптимал режимларни аниқлаш;

Тадқиқотнинг объекти сифатида синтетик полимерлар (ПВХ (ДОФ) ПЗПЭ) асосидаги полимер композицион материаллар, модификацияланган гуруч крахмали ва глицерин моностеарати олинган.

Тадқиқотнинг предмети синтетик полимерлар (ПВХ (ДОФ) ва ПЗПЭ) асосида биологик парчаланадиган композицион материалларни олиш технологиясини ишлаб чиқиш, шунингдек, олинган материалларнинг тузилиши, физик-механик, биодеградацион хусусиятларини тадқиқ қилиш ҳисобланади.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертация ишида инфрақизил спектроскопия, рентгенография, дериватография каби комплекс физик-кимёвий усуллар, шунингдек, стандарт таҳлил усуллари ва физик-механик усуллар қўлланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

илк бор ПЗПЭ ва пластификацияланган ПВХ асосида кенг концентрация диапазонида (5–55 масс.%) термомодификацияланган гуруч крахмалини ўз ичига олган ҳамда компатибилизатор (ГМС) билан модификацияланган

полимер композициялари ишлаб чиқилган ва ушбу қўшимчаларнинг материаллар тузилиши ва хусусиятларига таъсир этиш қонуниятлари аниқланган.

полиэтилен матричасига катта миқдорда крахмал киритилиши ривожланган ғовакли тузилмани ҳосил қилиши ва полимернинг кристаллик даражасини сезиларли даражада пасайтириши (55 масс.% крахмал миқдорида ~42% дан ~28% гача) аниқланган, пластификацияланган ПВХ-матричасида эса тўлдирувчи асосий полимер тузилишини кескин ўзгартирмасдан, янада гомоген тақсимланиши аниқланган.

глицерин моностеарати фазалараро тарангликни самарали пасайтириши ва компонентларнинг мослашувини яхшилаши, бу билан ПЗПЭ ва МГ композицияларининг чўзилишдаги мустаҳкамлигини 15–25% га ва узилишдаги узайишини 20–35% га ошириши исботланган. ПВХ (ДОФ) ҳолатида эса ГМС қўшимча пластификацияловчи эффект намоён қилиб, материалнинг мустаҳкамлик кўрсаткичларини сақлаб қолиши исботланган.

турли муҳитларда масса йўқотилиши ва кимёвий тузилиш ўзгаришларини ҳисобга олувчи биодеградация индекслари тизими ёрдамида композитларнинг биологик парчаланиш қобилиятини миқдорий баҳолаш тизими ишлаб чиқилган.

илк бор ПЗПЭ ва пластификацияланган ПВХ ва термомодификацияланган гуруч крахмалини ўз ичига олган ҳамда компатибилизатор (ГМС) билан модификацияланган полимер композициялари ишлаб чиқаришнинг технологияси яратилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

тадқиқот натижасида биологик парчаланадиган полимер композицион материалларни олишнинг оптимал таркиби ва қайта ишлаш режимлари ишлаб чиқилган.

биологик парчаланадиган полимер композицион материалларнинг термик барқарорлик, сув ютилиши, мустаҳкамлик, Шору бўйича қаттиқлик ва зичлик кўрсаткичлари аниқланган, шунингдек, турли муҳитларда биопарчаланиш қаторлари тузилган.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти тадқиқот иши полимер материаллар ҳақидаги фанни оммавий синтетик полимерлар ва табиий полимер тўлдирувчи асосида олинган биопарчаланувчи композитларнинг тузилиши, хоссалари ва поведения ҳақидаги янги маълумотлар билан бойитиши, крахмал миқдорининг механик хоссаларга, сув сингдиришга ва биодеструкция тезлигига таъсири ва компатибилизаторнинг фазалар орасидаги ўзаро таъсир ва реологик хусусиятларга таъсирини изоҳлаши, полимер композитлардаги структура билан функционал гуруҳларнинг ўзаро боғлиқликлари ҳақидаги фундаментал тасаввурларни кенгайтириши, ишлаб чиқилган биопарчаланувчи композит индекслари тизими ва ўтказилган экологик таҳлил, янги материалларнинг экологик самарадорлигини баҳолаш методологиясига муҳим ҳисса қўшиши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти олинган натижалар саноат учун аниқ тавсиялар даражасига етказилганлиги, полимер материаллар хоссаларини биопарчаланувчи тўлдирувчилар миқдорини ўзгартириши ва компатибилизатордан фойдаланиш орқали мақсадли равишда бошқариш учун илмий-техникавий база яратилганлиги, таклиф этилган таркиблар ва технологиялар белгиланган эксплуатацион хоссаларга ва назорат қилинадиган парчалануш муддатига эга материалларни олдиндан башорат қилиб олиш имконини берганлиги билан хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Синтетик полимерлар асосида биологик парчаланувчи композицион материалларнинг олинishi ва тадқиқоти бўйича олинган натижалар асосида:

модификаторлар (модификация қилинган крахмаллар, глицерин моностеарати) асосида олинган полиэтилен ва поливинилхлориднинг модификация қилинган биопарчаланувчи композициялари «Навоийазот» АЖда амалиётга жорий этилган («Навоийазот» АЖнинг 2025 йил 23 октябрдаги №007-1424-сонли маълумотномаси). Натижада, ПТР=4,2 г/10 мин бўлган биопарчаланувчи полиэтилен ва поливинилхлорид композицияларини олиш имконини берган;

поливинилхлорид ва полиэтилен асосида тайёрланган, қайта ишланиш қобилияти яхшиланган биопарчаланувчи композициялар «Навоийазот» АЖда амалиётга жорий этилган («Навоийазот» АЖнинг 2025 йил 23 октябрдаги №007-1424-сонли маълумотномаси). Натижада, биопарчаланувчи композицияларни экструзия усулида қайта ишлаш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари 8 та республика ва 3 та халқаро илмий-техник конференцияларда муҳокама қилинган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 24 та илмий иш нашр этилган, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий Аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 6 та, жумладан, Республика нашрларида 3 та, хорижий журналларда 3 та мақола ва 1 та монография нашр этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация тузилиши кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 120 саҳифани ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида ўтказилган тадқиқотнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқот мақсади ва вазифалари баён этилган, объект ва предмет тавсифланган, тадқиқотнинг Республика фан ва технологияларини ривожлантиришнинг устувор йўналишларига мос келиши кўрсатилган, илмий янгилик ва амалий натижалар изоҳланган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти, амалиётга жорий этилиши, нашр этилган ишлар ҳақидаги маълумотлар ҳамда диссертация тузилиши ёритилган.

Диссертациянинг- **«Пластик ифлосланиш муаммоси ва биологик парчаланадиган полимер композицион материалларнинг назарий асослари»** номли биринчи бобида ўтказилган адабий таҳлил орқали йирик тоннажли полимерлар - Полиэтилен, полипропилен ва поливинилхлоридни олиш жараёнларини чуқур ўрганиш ҳолати ва уларнинг иқтисодиёт тармоқларида қўлланилиши таҳлили келтирилган. Статистик маълумотларга кўра, синтетик полимерларнинг йиллик ишлаб чиқариш ҳажми 2024 йилга келиб 414 миллион тоннадан ошган, полиэтилен улуши тахминан 26%, полипропилен (ПП) улуши 19% ни ташкил этади, ПВХ эса тахминан 13% билан учинчи ўринни эгаллайди. Полиэтилен асосан қадоқлаш саноатида қўлланилади, жаҳон истеъмолининг тахминан 70% қадоқлаш материалларига тўғри келади. 2024 йилда 220 миллион тонна пластик чиқинди ҳосил бўлиши кутилмоқда. Бу чиқиндиларнинг учдан бир қисми (69,5 миллион тонна) нотўғри утилизация қилиниб, атроф-муҳитга тушади. Бу эса уларни қайта ишлашни ва иккиламчи халқ истеъмоли товарларини олишни талаб қилади. Пластикларни утилизация қилишнинг асосий йўллари механик қайта ишлаш, энергетик утилизация, кимёвий қайта ишлаш ва полигонларда қўмиш ҳисобланади.

Шунингдек, ушбу бобда ПЭ ва ПВХ асосидаги биологик парчаланадиган композициялар натижалари ва полимер композицион материалларнинг биологик парчаланиш механизмлари келтирилган. Деградациянинг асосий турлари ва уни белгиловчи омиллар: крахмал миқдори, крахмал заррачаларининг дисперслиги, компатибилизаторнинг табиати ва унинг концентрацияси, шунингдек, қайта ишлаш шароитлари баён этилган. Адабий маълумотлар таҳлили асосида диссертациянинг мақсади ва вазифалари аниқланган.

Диссертациянинг **«Биологик парчаланадиган композицион материалларни тадқиқ қилиш объектлари ва усуллари»** номли иккинчи бобида тадқиқот усуллари ва объектлари тавсифланган, дастлабки материалларнинг физик-кимёвий хусусиятлари ва тадқиқот усулларининг характеристикалари, масалан, ИҚ-спектроскопия, термик усуллар, эришнинг оқувчанлик кўрсаткичи, механик хусусиятлар, рентген фазали таҳлил ва бошқалар келтирилган.

Диссертациянинг **«Полиэтилен ва поливинилхлорид асосида биологик парчаланадиган композицияни ишлаб чиқиш ва уларнинг физик-кимёвий, физик-механик ва структур-морфологик хусусиятларини тадқиқ қилиш»** номли учинчи бобида полиэтилен ва поливинилхлорид асосида биологик парчаланадиган композицияларни олиш натижалари келтирилган. Композициялар (полиэтилен ва поливинилхлорид) 5,0 дан 30 масс.% гача модификацияланган крахмал ва 5,0 масс.% глицерин моностеаратини ўз ичига олади.

Полимер композицион материалларнинг қўлланиш соҳасини белгиловчи асосий хусусиятлардан бири, уларнинг физик-механик хусусиятларидир. Шу муносабат билан, полиэтилен ва поливинилхлорид асосидаги модификацияланган крахмал ва глицерин моностеарати қўшилган биологик

парчаланадиган полимер композицион материалларнинг механик хусусиятларини тадқиқ қилиш қизиқиш уйғотади, натижалари 1-жадвалда келтирилган.

Тадқиқот натижаларини таҳлил қилиш (1-жадвал) шуни кўрсатадики, модификацияланган крахмал (МК) миқдори ошиши билан барча мустаҳкамлик характеристикалари қонуний равишда пасаяди. Чўзилишдаги мустаҳкамлик σ_r нинг 8,32 МПа дан 3,15 МПа гача пасайиши (55 масс.% МК да) "бўйин ҳосил бўлиши ва чўзилиш" механизидан тўлдирувчи заррачаларида ёриқлар пайдо бўлишига ўтиш билан боғлиқ. Бу "кутбсиз матрица - кутбли дисперс тўлдирувчи" тизимлари учун хос бўлиб, бунда фазалараро ёпишқоқлик компонентларнинг сирт энергияларидаги фарқ билан чекланган.

Шунингдек, 30 масс.% ДОФ билан пластификацияланган биологик парчаланадиган ПВХ композицияларининг механик синовлари натижалари 1-жадвалда келтирилган.

Таҳлил натижалари (1-жадвал) шуни кўрсатадики, пластификацияланган ПВХ учун композиция тузилишида ДОФ пластификаторининг юмшоқ фазаси устунлиги сабабли ПЗПЭ га нисбатан σ_r и Е нинг мутлақ қийматлари сезиларли даражада кичикроқ бўлади. $S \geq 10$ мас.% бўлганда эластиклик модулининг сезиларли пасайиши гидрофил дисперс фаза киритилганда ПВХ каркасининг юмшашини тасдиқлайди.

1-жадвал

ПЭ ва ПВХ композицияларининг мустаҳкамлик кўрсаткичлари

№	Композиция	σ_r , МПа	ε_r , %	Е, МПа
1.	ПЗПЭ-К	8,32	488,11	197,62
2.	ПЗПЭ-5РК	6,99	279,41	177,72
3.	ПЗПЭ-10РК	6,88	106,48	176,57
4.	ПЗПЭ-15РК	6,36	84,80	167,18
5.	ПЗПЭ-20РК	5,47	67,60	154,04
6.	ПЗПЭ-30РК	4,08	52,44	148,44
7.	ПЗПЭ-40РК	3,82	33,30	114,23
8.	ПЗПЭ-45РК	3,55	32,12	112,41
9.	ПЗПЭ-50РК	3,18	30,29	84,55
10.	ПЗПЭ-55РК	3,15	17,08	75,65
11.	ПЗПЭ-5Р	6,05	224,93	158,17
12.	ПЭПЭ-10Р	5,85	84,12	155,38
13.	ПЗПЭ-15Р	5,31	65,72	145,45
14.	ПЗПЭ-20Р	4,49	51,38	132,47

№	Композиция	σ_r , МПа	ε_r , %	E, МПа
15.	ПЗПЭ-30Р	3,22	38,28	124,69
16.	ПВХ-К	4,27	231,33	8,835
17.	ПВХ-5РК	3,98	117,65	8,183
18.	ПВХ-10РК	3,51	109,84	4,575
19.	ПВХ-15РК	3,32	110,47	4,609
20.	ПВХ-20РК	2,97	93,15	2,377
21.	ПВХ-30РК	2,09	66,32	1,643
22.	ПВХ-40РК	1,80	64,62	—
23.	ПВХ-45РК	1,42	59,67	—
24.	ПВХ-50РК	1,24	57,82	—
25.	ПВХ-55РК	1,17	51,19	—
26.	ПВХ-5Р	3,54	98,83	7,450
27.	ПВХ-10Р	3,09	91,17	4,120
28.	ПВХ-30Р	1,76	52,39	1,410

ГМС модификацияланган крахмалнинг бутун миқдор диапазонида σ_r ва ε_r га ижобий таъсирини сақлаб қолади, аммо компатибилизация эффекти ПЗПЭ композицияларига қараганда кучсизроқ ифодаланган. Ташқи пластификатор мавжудлигида ГМС қисман "юмшатувчи-компатибилизатор" сифатида ишлайди, заррачаларнинг ҳўлланишини яхшилади, аммо шу билан бирга интэрфейс зонасидаги ҳаракатчанликни оширади, бу эса эластиклик модулининг ўсишини чеклайди.

Сув ютилиш кинетикасини ўрганиш ва (Д)-диффузия коэффицентини ҳисоблаш, композиция таркиби ва унинг эксплуатацион хусусиятлари ўртасидаги боғлиқликни аниқлаш учун ўтказилади. Чунки сув гидролитик деградациянинг асосий агенти бўлганлиги сабабли, (Д)-нинг қиймати эксплуатация шароитларида материалнинг узоқ муддатлилигини ва унинг потенциал биологик парчаланиш тезлигини миқдорий прогноз қилиш имконини беради. Шунинг учун ПЭ ва ПВХ композицияларининг сув ютиши тадқиқ қилинган. Тадқиқот натижалари икки муҳитда келтирилган: дистилланган сув (чучук сув муҳитини имитация қилиш) ва 3,5 масс.% NaCl эритмаси (денгиз суви имитацияси). Натижаларни таҳлил қилиш шуни кўрсатадики, сув ютилиши шўр муҳитда дистилланган сувдагига нисбатан сезиларли даражада юқори бўлади.

ПЗПЭ ва ПВХ (ДОФ) ҳамда термик модификацияланган крахмал (ТМКР) асосидаги биопарчаланадиган композицион материаллар учун Шор D бўйича қаттиқликлар ўрганилди. Ушбу кўрсаткич маҳаллий босимга қаршилиқни ифодалайди ва модул ҳамда мустаҳкамлик билан ўзаро боғлиқдир. Натижалар пластификаторнинг миқдори, крахмалнинг миқдори

ва дисперслиги, шунингдек, фазалараро адгезиянинг материал хоссаларига таъсирини кўрсатади. Тадқиқот натижалари таҳлили шуни кўрсатадики, модификацияланган крахмал миқдори ортиши билан Шор бўйича қаттиқлик ҳам ортади. Бу ҳолат фазалараро ўзаро таъсирнинг яхшиланиши ва интерфейс тузилмаларнинг зичлашуви билан изоҳланади.

Полиэтилен ва поливинилхлорид асосидаги композицияларнинг реологик хусусиятлари суёқланманинг оқувчанлик кўрсаткичи (СОК)ни аниқлаш усули орқали ўрганилди.

Тадқиқот натижалари таҳлили шуни кўрсатадики, модификацияланган крахмал (МК) миқдори ортиши билан суёқланманинг оқувчанлик кўрсаткичи (СОК) мунтазам равишда камаяди. Бу ҳолат эритманинг ёпишқоқлиги ортиши билан изоҳланади, яъни тизимда дисперс фазанинг мавжудлиги, заррачалараро ўзаро таъсир тармоғининг кучайиши ва фазалараро ишқаланишнинг ортиши оқибатида оқим жараёни мураккаблашади. Таркибида 55 масс.% ТМРК сақлаган композицияда СОК нинг 2,01 г/10 дақ қийматдан (соф матрица учун) 0,82 г/10 дақ гача камайиши, юқори даражадаги тўлдиришда эритманинг оқишига сезиларли даражада тўсқинлик қилинишини кўрсатади.

Шунингдек, биз полиэтилен асосидаги ТМРК ва ГМС (глицерин билан модификацияланган крахмал) композицияларининг термик хусусиятларини дериватографик усулда ўргандик, уларнинг натижалари 2-жадвалда келтирилган.

Тадқиқот натижалари таҳлили (2-жадвал) шуни кўрсатадики, парчаланиш жараёнининг бошланиш ҳарорати асосан 50 °С да бошланади. Модификацияланган крахмал концентрацияси ортиши билан масса йўқотилиши 0,894 масс.% дан 0,956 масс.% гача ошади. Ҳарорат 250 °С гача оширилганда ва ундан юқорида парчаланиш жараёни жадаллашиб, масса йўқотилиши 9,731 масс.% дан 64,93 масс.% гача ортади. Полиэтилен композицияларининг модификацияланган крахмал миқдorigа боғлиқ равишда парчаланиш тезлиги ҳам ўрганилди. Тадқиқот натижалари (2-жадвал) шуни кўрсатадики, парчаланишнинг асосий босқичи 250–500 °С оралиғида содир бўлади ва унинг тезлиги 2,83–5,98 мг/минни ташкил этади. Бундан ташқари, Полиэтилен композицияларининг парчаланиш жараёнида сарфланган энергия миқдори ($\mu\text{В}\cdot\text{с}/\text{мг}$) ҳам аниқланган. Таҳлил натижаларига кўра, энг катта энергия сарфи асосан 400–500 °С ҳарорат оралиғида кузатилади ва 2,480–5,410 $\mu\text{В}\cdot\text{с}/\text{мг}$ ни ташкил этади.

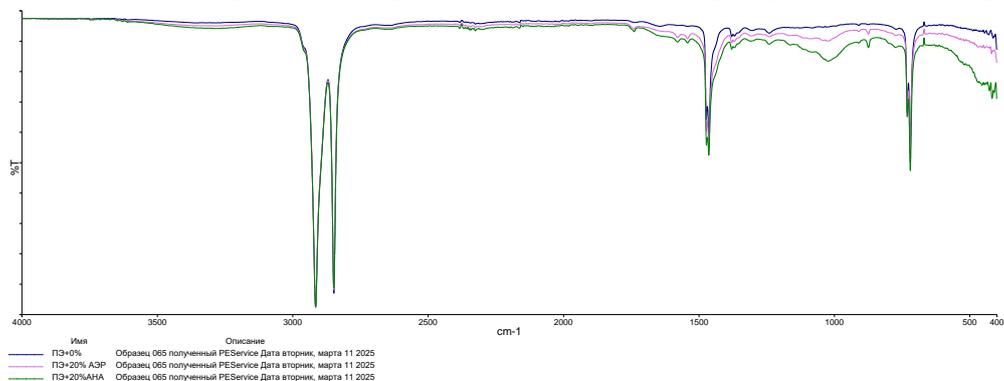
Худди шундай ҳолат ПВХ асосидаги композицияларда ҳам кузатилди. Тадқиқот натижаларини солиштириш шуни кўрсатадики, ПВХ таркибига модификацияланган крахмал киритилиши композициянинг термик барқарорлигини пасайтиради. Масалан, 15,0; 30,0; 45,0 ва 50,0 масс.% крахмал сақловчи ПВХ композицияларида 450 °С да термобарқарорлик мос равишда 71,69; 72,20; 73,53 ва 73,93 масс.% ни ташкил этади.

ПЗПЭ композициясининг ДТГА ва ДСК эгри чизиқлари таҳлили натижалари.

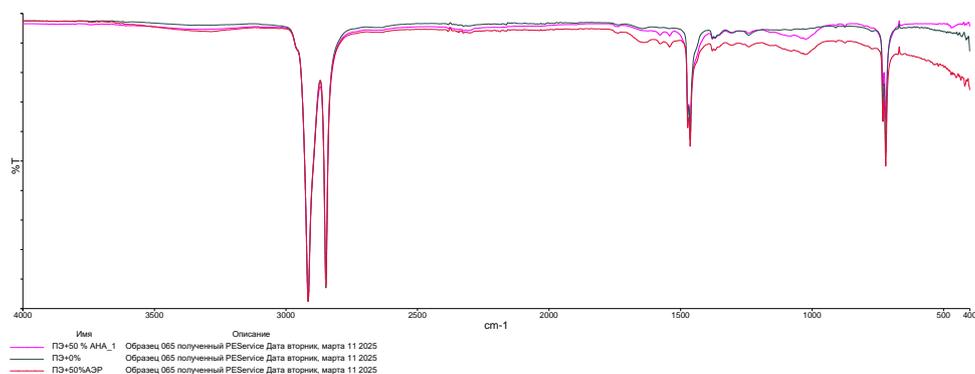
№	T, °C	Йўқотилган масса, %					Парчаланиш тезлиги, мг/мин					Сарфланган энергия миқдори ($\mu\text{В}^*\text{с/мг}$)				
		ПЗПЭ	ПЭНП+ % КР	ПЭНП % КР	ПЭН % КР	ПЭНП % КР	ПЭН П	ПЭН % КР.	ПЭН % КР.	ПЭН % КР.	ПЭНП % КР.	ПЭНП % КР.	ПЭНП % КР.	ПЭНП % КР.	ПЭНП % КР.	
1	50	0,894	0,901	0,903	0,906	0,956	1,21	1,22	1,23	1,23	1,25	0,330	0,021	0,024	0,013	0,069
2	100	1,087	1,107	1,187	1,187	1,284	1,72	1,84	1,89	1,86	1,93	0,150	0,056	0,026	0,022	0,088
3	150	1,104	1,106	1,109	1,123	1,325	1,77	1,81	1,88	1,88	1,92	0,262	0,071	0,082	0,098	0,148
4	200	2,007	2,228	2,265	2,447	1,554	2,11	2,19	2,22	2,23	2,36	0,210	0,043	0,095	0,047	0,272
5	250	9,202	9,312	9,402	9,574	9,731	2,83	2,86	2,85	2,85	2,87	0,415	0,333	0,572	0,574	0,652
6	300	22,79	23,68	24,55	25,33	25,88	3,03	3,08	3,11	3,19	3,22	0,660	0,995	0,630	1,268	0,422
7	350	44,14	45,05	45,25	46,23	46,84	3,80	3,85	3,88	5,75	5,81	0,096	0,086	0,076	0,027	0,238
8	400	51,54	52,14	52,28	52,88	52,99	3,02	2,38	2,32	2,86	3,68	2,480	1,460	3,720	4,360	2,580
9	450	63,14	63,69	64,20	64,53	64,93	2,62	2,96	3,98	4,01	5,05	3,760	4,260	2,560	5,460	1,850
10	500	72,14	73,08	73,12	73,91	73,97	2,12	3,09	4,02	5,98	5,22	3,640	5,410	1,670	4,700	2,570
11	550	84,14	84,25	84,56	85,64	86,14	1,12	2,08	2,17	2,21	2,98	0,570	0,150	1,570	1,560	0,224
12	600	96,12	97,28	97,52	98,15	98,45	1,09	1,12	1,97	2,95	2,98	0,555	0,552	0,536	0,523	0,505

Бу, эҳтимол, крахмал молекулаларининг паст термик барқарорлиги ва унинг парчаланиш маҳсулотлари ПВХнинг термик деструкциясини тезлаштириши билан изоҳланади.

Полиэтилен ва поливинилхлорид асосидаги композицияларнинг биодеградациядан олдинги ва кейинги структуравий хусусиятлари ИҚ-спектроскопик усул ёрдамида ўрганилди, натижалар 1-расмда келтирилган.



a)



б)

1 расм. ПЭ композитларнинг ИҚ-спектрлари: а) ПЭПЭ + 20% ТМРК + 5% ГМС; б) ПЭПЭ + 50% ТМРК + 5% ГМС — бошланғич ҳолат (0 сут), аэроб биодеградация (365 сут), анаэроб биодеградация (365 сут).

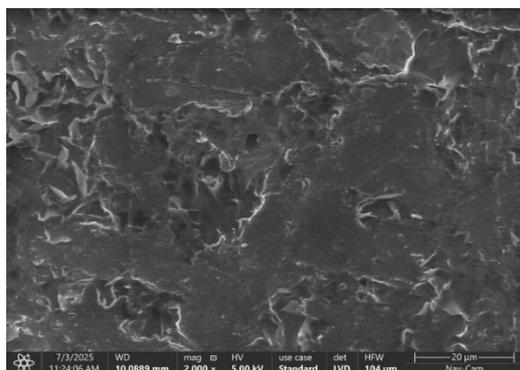
Полиэтилен ва поливинилхлорид асосидаги композицияларнинг морфологик тузилмалари сканерловчи электрон микроскоп (СЭМ) ёрдамида ўрганилди, натижалар 2-расмда келтирилган.

Микроскопик таҳлил ПЭПЭ+ТМРК(+ГМС) композицияларида тўлдиргич микдорига боғлиқ морфологик ўзгаришлар мавжудлигини кўрсатди.

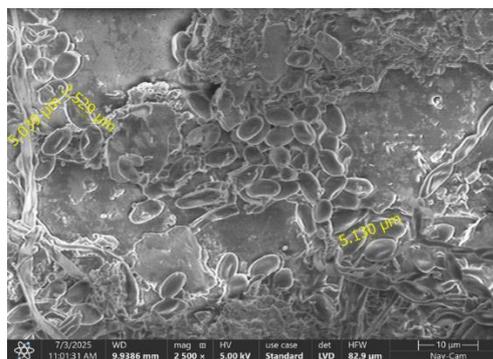
ТМРК миқдори 20–50 масс.% бўлганда, крахмал заррачаларининг полимер матрицада 2–8 мкм ўлчамда нисбатан бир текис тақсимлангани кузатилди, бу эса тўлдиргичнинг дастлабки дисперслигига мос келади. Фазалараро чегарада қониқарли адгезия кузатилди, бу глицерин моностеаратининг комптибилизатор сифатидаги самарали таъсирини тасдиқлайди.

ТМРК миқдори 50 масс.% гача оширилганда (2-расм), 10–25 мкм ўлчамдаги алоҳида агрегатлар шаклланади. Бу ҳолат крахмал заррачаларининг гидроксил гуруҳлари орқали водород боғлари ҳосил қилиб

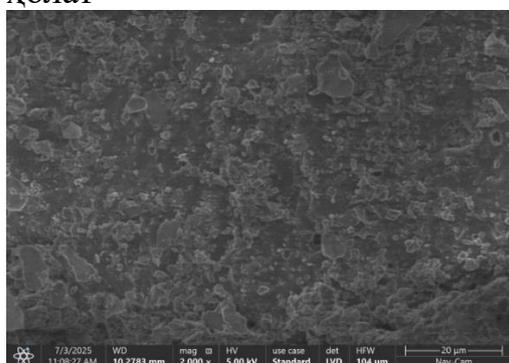
ўзаро бирлашишга мойиллиги билан изоҳланади. ГМС нинг мавжудлиги эса фазалараро адгезиянинг яхшиланишига ёрдам беради, бу эса синиш юзасида заррачаларнинг йиртилишнинг камайиши билан намоён бўлади.



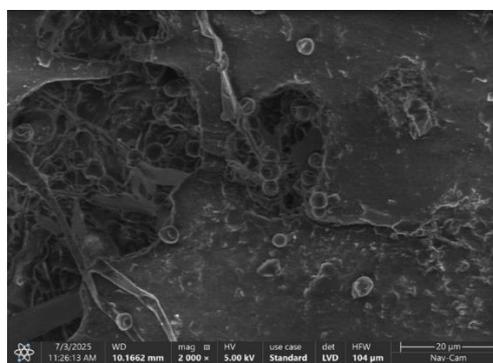
а) биопарчаланишгача бўлган ҳолат



б) Аэроб шароитда



в) Анаэроб шароитда



г) чучук сув муҳитида

2 расм. ПЭ композицияларининг СЭМ-микрофотосуратлари: ПЗПЭ+50% РК+5% ГМС композицияси 365 суткалик биодеградациядан сўнг: а) аэроб шароитда; б) анаэроб шароитда

Аэроб шароитда ПВХ композицияси таркибида термик модификацияланган крахмал (ТМКР) заррачалари парчаланганда уларнинг ўрнида хос “бўшлиқ-излар” ҳосил бўлиши, микроғовакли тузилманинг ривожланиши ва сиртида биоплёнка қопламаларининг пайдо бўлиши кузатилди. Кузатилган ўзгаришлар ИҚ-спектроскопия маълумотларига тўлиқ мос келади, яъни $\sim 1541 \text{ см}^{-1}$ да (биоплёнка билан боғлиқ) янги ютилиш чизиғининг пайдо бўлиши ва $\sim 1722 \text{ см}^{-1}$ да (ДОФ миграцияси билан боғлиқ) чизиқнинг сусайиши қайд этилган.

Анаэроб шароитда морфологик ўзгаришлар анча суст ифодаланган. Тешикчалар зичлиги анча паст, микрорельеф силлиқланиб боради, бу эса кислород чекланган шароитда пластификаторнинг яхшироқ сақланиб қолиши билан боғлиқ бўлиши мумкин. Ушбу кузатувлар ИҚ-спектрлардаги $\sim 1722 \text{ см}^{-1}$ чизиғининг барқарорлиги билан мос келади.

Полиэтилен асосидаги композициянинг рентген структурали таҳлили ўтказилди. Тадқиқот натижалари таҳлили шуни кўрсатадики, бошланғич ҳолатда ТМКР миқдорининг ошиши Полиэтилен матричасининг нисбий кристаллик даражасини камайтиради. Бу ҳолат ТМКР кристалланиш жараёнига тўсқинлик қилувчи физик (тўсик) хусусиятлари ҳамда

крахмалнинг кутбли гуруҳлари билан ПЗПЭ макромолекулалари ўзаро таъсири билан изоҳланади.

Барча ПЗПЭ асосидаги композицияларда Полиэтилен панжарасининг (110) ва (200) рефлекслари $2\theta \approx 21,3-21,49^\circ$ ва $2\theta \approx 23,53-23,72^\circ$ да аниқ аниқланади. $I_{110}/I_{200} \approx 4,9-5,4$ нисбати С (крахмалнинг массавий улуши) га кучли боғлиқ эмас, бу эса қайта ишлаш ва пресслаш жараёнларида структуранинг йўналганлиги (текстура фактори) ўзгармаслигини кўрсатади.

Биодеградация жараёнида нисбий кристаллик даражаси мунтазам ошиб боради, айниқса, аэроб шароитда бу ўзгариш яққол намоён бўлади. Бу ҳодиса бир нечта омиллар билан изоҳланади: микроорганизмлар ферментлари таъсирида аморф ТМРКнинг танлаб парчаланиши, бу эса полимер матрицасидаги кристалл фаза улушининг нисбатан ортишига олиб келади; деструктив жараёнлар натижасида қисқарган макромолекуляр занжирларнинг кимёвий кристалланиши (хемокристалланиши); тўлдирувчи олиб ташлангач полимер матрицасида релаксацион жараёнларнинг кечиши.

Поливинилхлорид асосидаги композициялар рентген структурали таҳлилида биодеградация жараёнида, айниқса, аэроб шароитда, углевод кристалл соҳаларига тегишли дифраксион максимумларнинг аста-секин сусайиши ва йўқолиши кузатилади, бу микроблар ферментлари таъсирида ТМРК кристалл соҳаларининг парчаланишини кўрсатади. Шу билан бирга, аморф фазанинг “торайиши” кузатилади, бу паст молекуляр пластификаторнинг йўқолиши ва полимер занжирларининг ҳаракатчанлигидаги ўзгаришлар билан боғлиқ бўлиши мумкин.

Муҳим томони шундаки, ПВХ асосий занжирининг кристаллик даражаси сезиларли ошмайди, бу эса ИҚ-спектроскопия натижалари билан тўла мос келади.

Полимер композицияларнинг турли муҳитлардаги биодеградацияси ўрганилди, аэроб муҳитдаги биодеградация натижалари 3-жадвалда келтирилган.

Таҳлил натижалари (3-жадвал) шуни кўрсатадики, ПЗПЭ композициялари учун ТМРК миқдори 55 масс. %, ГМС қўшимчаси 5 масс. % бўлганда билан масса йўқотилиши 26,4 % ни ташкил этади. ПВХ(ДОФ) композициялари учун бу қиймат 17,6 % га тенг.

Таркибида бир хил ТМРК сақлаган ПЗПЭ композициялари ПВХ(ДОФ) га нисбатан тезроқ деградацияга учрайди: $S = 30\%$ бўлганда: ПЗПЭ — 9,00 % (Р) / 9,90 % (РК); ПВХ — 6,00 % (Р) / 6,60 % (РК). Композицияга 5 % ГМС киритилиши биодеградация эффеқтини барқарор тарзда 10% га оширади. Анаэроб шароитда биодеградация интенсивлиги аэроб муҳитга нисбатан анча паст бўлади, аммо композиция таркибининг биодеградацияга таъсири бўйича умумий қонуниятлар сақланиб қолади.

Шундай қилиб, анаэроб шароитдаги биодеградация интенсивлигининг пасайиши структуравий таҳлил натижалари билан мос келади. Кислородсиз муҳитда биоген маркерлар ($\sim 1541 \text{ см}^{-1}$) ютилиш чизиғи анча суст ифодаланган бўлиб, бу анаэроб микроорганизмлар фаоллигининг пастлигини билдиради. СЭМ маълумотларига кўра ҳам морфологик ўзгаришлар—

тешикчалар зичлиги ва эрозия чуқурлиги аэроб шароитдагидан анча паст эканлиги кузатилган.

3-жадвал

12 ой давомида аэробик муҳитда ПЗПЭ асосидаги композицияларнинг масса йўқотиши

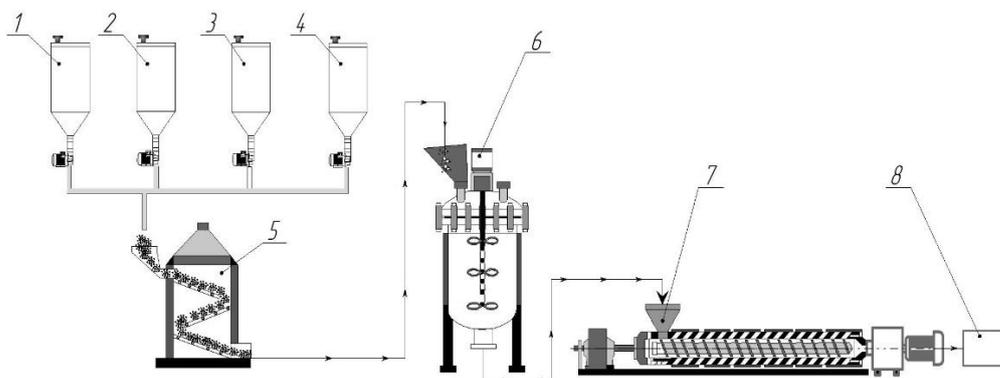
Композиция	Аэроб шароит, ой				
	Масса йўқотилиши, масс. %				
	1	3	6	9	12
ПЗПЭ -К	0,0	0,0	0,1	0,10	0,13
ПЗПЭ -5РК	0,19	0,47	0,70	0,82	0,88
ПЗПЭ -10РК	0,36	0,88	1,32	1,54	1,65
ПЗПЭ -15РК	0,73	1,76	2,64	3,08	3,30
ПЗПЭ -20РК	1,21	2,93	4,40	5,13	5,50
ПЗПЭ -30РК	2,18	5,28	7,92	9,24	9,90
ПЗПЭ -40РК	3,87	9,39	14,08	16,43	17,60
ПЗПЭ -45РК	4,84	11,73	17,60	20,53	22,00
ПЗПЭ -50РК	5,32	12,91	19,36	22,59	24,20
ПЗПЭ -55РК	5,81	14,08	21,12	24,64	26,40
ПЗПЭ -5Р	0,17	0,42	0,63	0,74	0,80
ПЗПЭ -10Р	0,32	0,78	1,18	1,39	1,50
ПЗПЭ -15Р	0,64	1,56	2,37	2,78	3,00
ПЗПЭ -20Р	1,06	2,60	3,95	4,64	5,00
ПЗПЭ -30Р	1,91	4,68	7,10	8,35	9,00

IV боб “Биопарчаланадиган композицияларни олиш технологиясини ишлаб чиқиш ва уларнинг техник-иқтисодий кўрсаткичлари” га бағишланган. Ушбу бобда биопарчаланадиган композицияларни олишнинг технологик схемаси, материаллар баланси ҳамда ишлаб чиқилган, композицияларнинг техник-иқтисодий кўрсаткичлари келтирилган.

Полиэтилен ва поливинилхлорид асосидаги биопарчаланадиган композицияларни олиш технологик схемаси (3-расм) ишлаб чиқилган.

Полимер композициясини олиш технологик жараёни хомашё компонентларини аниқлик билан дозалаш босқичидан бошланади. Таркибга мувофиқ равишда, 1-, 2- ва 3-бункер дозаторларидан асосий полимер матрицаси – паст зичликдаги Полиэтилен (ПЗПЭ) ёки пластификацияланган поливинилхлорид (ПВХ/ДОФ, 30 масса % диоктилфталат) ва глицерин моностеарати (ГМС) юборилади. ГМС бу жараёнда пластификатор ва сирт фаол модда (лубрикант) вазифасини бажаради.

Кейинги босқичда термомодификацияланган гуруч крахмали (ТМРК) 4-бункер орқали шнекли қуритиш қурилмасига (5) юборилади. Бу ерда 105–110 °С ҳароратда ортиқча намлик буғланади ва крахмалнинг қолдиқ намлиги 0,1–0,2 масса % дан ошмайдиган даражагача камайтиради. Ҳосил бўлган аралашма бир винтли экструдерга (7) юборилади.



3 расм. Полимер композицион материалларини олишнинг принципиал технологик схемаси: 1 – полимер матрицаси учун бункер-дозатор (ПЗПЭ); 2 – полимер матрицаси учун бункер-дозатор (ПВХ пластификатор ДОФ билан); 3 – технологик қўшимча учун бункер-дозатор (глицерин моностеарати, ГМС); 4 – тўлдирувчи учун бункер-дозатор (термомодификацияланган гуруч крахмали, ТМРК); 5 – ТМРК учун спирал тебранишли куриштириш қурилмаси; 6 – олдиндан гомогенлаштирувчи миксер – премиксер; 7 – бир винтли экструдер; 8 – гранула ҳолатдаги тайёр маҳсулот.

Экструдернинг 160–200 °С оралиғидаги ҳароратли зоналарида полимер матрица эрийди, барча компонентлар эритмада гомогенлашади ва натижада бир жинсли полимер композицияси ҳосил бўлади. Тайёрланган ва аниқ дозаланган куруқ компонентлар юқори тезликли премиксерга (6) юборилади, у ерда улар 5–10 дақиқа давомида интенсив аралаштирилиб, бир хил таркибли гомоген (грануляр) аралашма олинади.

Шунингдек, қабул қилинган технологик параметрлар асосида 1 кг тайёр маҳсулот олиш учун материал баланси ҳисоб-китоблари келтирилган. Полиэтилен ва поливинилхлорид асосида ишлаб чиқилган биопарчаланадиган полимер композицияларининг техник-иқтисодий кўрсаткичлари ҳам тақдим этилган бўлиб, улар мос равишда 1 тонна 8,858 млн ва 6,950 млн сўм фойда келтиради.

ХУЛОСАЛАР

«Синтетик полимерлар асосида биологик парчаланувчи композицион материалларнинг олиниши ва тадқиқоти» мавзусидаги техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотларга асосланган ҳолда, назарий ва амалий аҳамиятга эга бўлган қуйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Полиэтилен ва поливинилхлорид асосидаги синтетик полимерлардан тайёрланган термик модификацияланган крахмал ва глицерин моностеаратли биологик парчаланадиган композициялар ишлаб чиқилди. Уларнинг оптимал таркиби аниқланиб, термик модификацияланган крахмал миқдори 20–55 масс.%, глицерин моностеарати эса 5,0 масс.% ни ташкил этиши белгиланди.

2. Полиэтилен ва поливинилхлорид асосида яратилган биологик парчаланадиган композицияларнинг физик-механик хоссалари ўрганилди.

Аниқланишича, барча ҳолларда мустаҳкамлик кўрсаткичи σ_r 8,32 МПа (соф матрица) дан 3,15 МПа (55 масс.% ТМРК) гача камаяди. Бу ҳолат “бўйин ҳосил бўлиб чўзилиш” механизмига ўрнига тўлдирувчи заррачалар атрофида ёриқлар пайдо бўлиши билан боғлиқ.

3. Полиэтилен ва поливинилхлорид асосида ишлаб чиқилган композицияларнинг термик хоссалари тадқиқ қилинди. Полиэтилен ва поливинилхлорид асосида ишлаб чиқилган биопарчаланувчи композицияларнинг термик хоссалари тадқиқ қилинди. Полиэтилен учун модификацияланган крахмал миқдори ортиши билан парчаланиш бошланиш ҳароратининг 269 °С дан 254 °С гача пасайиши кузатилади. Поливинилхлорид учун эса бу кўрсаткич 250 °С дан 222 °С гача пасайганлиги аниқланди. Бу ҳолат модификацияланган крахмалнинг паст термик барқарорлиги (термостабиллиги) боғлиқ.

4. Полиэтилен ва поливинилхлорид композицияларининг биодеградациядан олдинги ва кейинги структуравий хусусиятлари ИҚ-спектроскопия усули билан ўрганилди. Бу усул ёрдамида сиртнинг гидрофилизация даражаси, биоплёнка ҳосил бўлиш интенсивлиги ва углевод компонентининг деструкцияси миқдорий баҳоланди. Аниқланишича, барча кўрсаткичлар аэроб шароитларда анаэроб шароитларга нисбатан анча фаол ўзгаради, бу эса кислороднинг биодеградация жараёнларидаги асосий ролини тасдиқлайди.

5. Полиэтилен ва поливинилхлорид композицияларининг морфологик тузилмалари сканерловчи электрон микроскопия ёрдамида ўрганилди. Тадқиқот натижасида эрозия зоналари, микроёриқлар ва биоплёнка излари аниқланган бўлиб, бу ИҚ-спектроскопия маълумотлари (ютилиш чизиғи $\sim 1541 \text{ см}^{-1}$) билан мос келади. Бундай ўзгаришлар микробларнинг гидролаза ферментлари таъсирида углеводли тўлдирувчининг селектив чиқиб кетиши билан боғлиқ.

6. Полиэтилен ва поливинилхлорид асосидаги биологик парчаланадиган композициялар рентген структурали таҳлил ёрдамида ўрганилди. Аниқланишича, термик модификацияланган крахмал миқдорининг ортиши полимернинг нисбий кристаллик даражасининг пасайишига олиб келади. Бу ҳолат ТМРК заррачаларининг кристалланиш жараёнига тўсқинлик қилиши ҳамда крахмалнинг кутбли гуруҳлари билан полимер макромолекулалари ўзаро таъсири билан изоҳланади.

7. Синтетик полимерларнинг (ПЕ ва ПВХ) турли муҳитларда биологик парчаланиш жараёнлари ўрганилди. Аниқланишича, Полиэтилен композицияси учун ТМРК (55 масс.%) ва ГМС (5 масс.%) мавжуд шароитда аэроб муҳитда масса йўқотилиш 26,4%, ПВХ(ДОФ) композицияси учун эса 17,6% ни ташкил этади. Анаэроб шароитда эса Полиэтилен композицияси учун масса йўқотилиш 21,6%, ПВХ(ДОФ) композицияси учун эса 20–21% оралиғида бўлади.

8. Полиэтилен ва поливинилхлорид асосидаги синтетик полимерлардан биологик парчаланадиган композицияларни олиш технологияси ишлаб чиқилди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc. 17/7.06.2024.К/Т.06.03 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ НАВОЙСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ
ГОРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНО-
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

ИСТАМОВ ХАЁТ ЙУЛЧИЕВИЧ

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ БИОРАЗЛАГАЕМЫХ КОМПОЗИ-ЦИОННЫХ
МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРОВ**

02.00.14 - Технология органических веществ и материалов на их основе

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам**

Навои-2025

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована под номером B2025.4.PhD/T6081 в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан.

Диссертация выполнена в Навоийском государственном горно-технологическом университете

Автореферат диссертации написан на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)), размещен на веб-странице Научного совета по адресу www.nsumt.uz и информационно-образовательном портале Ziyonet по адресу www.ziyonet.uz.

Научный руководитель: **Мухиддинов Баходир Фахридинович**
доктор химических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Амонов Мухтар Рахматович**
доктор технических наук, профессор

Киямов Шарифжон Нозимович
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация: **Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова**

Защита диссертации состоится 29 декабря 2025 года в 10:00 часов на заседании Научного совета DSc.17/7.06.2024.K/T.06.03 (Адрес: 210100, г. Навои, ул. Галаба шох, 76в. Зал заседаний Навоийского государственного горно-технологического университета. Тел.: (79) 223-23-32; факс: (79) 223-49-66; (e-mail: info@nsumt.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Навоийского государственного горно-технологического университета (зарегистрирован за №246). Адрес: 210100, г. Навои, ул. Галаба шох, 76в. Тел.: (79) 223-23-32; факс: (79) 223-49-66.

Автореферат диссертации разослан 19 декабря 2025г.
(реестр протокола рассылки №21 от 19 декабря 2025г).


Нурмуродов Т.И.
Вр.и.о. председателя Научного совета по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор


Шарипов С.Ш.
Ученый секретарь Научного совета по присуждению ученых степеней, PhD., доцент


Вапоев Х.М.
Председатель Научного семинара при Научном совете по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор



ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире, вследствие роста мирового спроса на полимерные композиционные материалы в различных отраслях экономики наблюдается расширение областей их применения. Наряду с увеличением объемов производства полимерных изделий на основе крупнотоннажных ПЭ, ПВХ, ПЭТФ и ПП, актуальной задачей является переработка использованных композиционных материалов и создание на их основе новых видов экологически безопасной продукции, обладающей высокими физико-механическими характеристиками. В связи с этим важным является создание материалов, способных после срока эксплуатации разрушаться под действием факторов среды, снижая тем самым экологическую нагрузку. Одним из перспективных подходов является разработка полимерных композитов, содержащих биоразлагаемые наполнители, которые обеспечивают ускоренную деструкцию базового полимера после использования изделия.

В мире, на сегодняшний день ведутся работы по созданию оптимальных составов полимерных композиций, технологий переработки исходного полимера, установлению оптимальных режимов производства и переработке материалов, улучшению термических, физико-механических свойств, уменьшению кислородного индекса готовых продуктов путем применения результатов научно-исследовательских работ. Вместе с этим создание технологий производства компостируемых полимерных композиционных материалов, изучение влияния бионаполнителей на свойства получаемых композиционных материалов, нахождение оптимальных соотношений исходных компонентов и улучшение совместимости смешивания гидрофобных полимерных композиций являются основой создания современной технологии разработки и переработки полимерных композиционных материалов.

В Республике выполнен ряд научно-практических работ по созданию композиционных материалов из местного сырья, совершенствованию технологии производства продукции и материалов на основе поливинилхлорида и полиэтилена, разработке различных композиционных материалов с улучшенными свойствами, изучению их физико-химических свойств, синтезу новых модификаторов с двумя и тремя связями для полимерных материалов. В Постановлении Президента Республики Узбекистан² определены важные задачи по «расширению научно-исследовательских работ по созданию и внедрению в производство энергосберегающих и экологически безопасных технологий...». В связи с этим, особое внимание уделяется выполнению задач по исследованию частично биоразлагаемых композитов, сочетающих технологичность и

² Указ Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 г. «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан» // Сбоник правовых документов Республике Узбекистан. – Т., 2017. – 103 с.

свойства базовых синтетических матриц с экологическими преимуществами природных полисахаридов

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в постановлении Президента Республики Узбекистан №ПП-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» и постановлениях Президента Республики Узбекистан №ПП-4335 от 23 мая 2019 года «О дополнительных мерах по ускоренному развитию промышленности строительных материалов» и №ПП-4265 от 3 апреля 2019 года «О мерах по дальнейшему реформированию химической промышленности и повышению инвестиционной привлекательности», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики VII. «Химические технологии и нанотехнологии».

Степень изученности проблемы. Проблематика получения биоразлагаемых полимерных композитов активно изучается такими учеными как: Крутко Е.Т., Мадорский С., Минскер К.С., Ениколопов Н.С., Халлмайер М., Зильберман Е.Н., Федосеева Г.Т., Абдуллин М.И., Берлин Ал.Ал., Пудов В.С., Колесов С.В., Штаркман Б.П., Васильев И.Ю., Ананьев В.В., Черная И.В., Глоба И., Каргин В.А., Малинский Ю.М., Журков С.Н., Козлов П.В., Папков С.П., Барштейн Р.С., Соколов С.И., Фельдман Р.И., Розинская И.Н., Аржаков С.А., Бакеев Н.Ф., Кабанов В.А., Аскарров М.А., Джалилов А.Т., Ахмедов К.С., Ёриев О.М., Фатхуллаев Э., Мухиддинов Б.Ф., Мухаммедгалиев Б.А., Бекназаров Х.С., Нуркулов Ф.Н. и другими.

В результате своих научных исследований эти ученые создают составы по использованию модифицированного крахмала и современных компатибилизаторов для придания полиэтилену и поливинилхлориду способности к биоразложению, применению композитов для упаковочных материалов с крахмальными добавками и улучшению совместимости между гидрофильным крахмалом и гидрофобными полимерами

В настоящее время в области биоразлагаемых полимерных композиционных материалов не были достаточно исследованы разработки новых композиций на основе ПВХ и ПЭНП, содержащих бионаполнители.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках хозяйственного договора в соответствии с планом научно-исследовательских работ Навоийского государственного горно-технологического университета №1-03/2024 по теме «Разработка композиции для улучшения переработки поливинилхлорида».

Целью исследования является разработка и научное обоснование состава и технологий получения биоразлагаемых полимерных композиционных материалов на основе синтетических полимеров (ПЭНП и ПВХ (ДОФ)).

Задачи исследования:

получение полимерных композиций на основе синтетических полимеров с различным содержанием модифицированного рисового крахмала и с добавкой компатибилизатора (моностеарата глицерина);

исследование структурно-морфологических характеристик, полученных композиции (определение распределения наполнителя, изменения степени кристалличности, образования пористой структуры и пр., методами ИК-спектроскопии, сканирующей электронной микроскопии и др.);

исследование физико-механических свойств композиций в зависимости от содержания модифицированного крахмала и компатибилизатора;

определение сорбционных свойств композитов (водопоглощение, диффузию влаги) в различных средах;

исследование термической стабильности и особенности термодеструкции композиций методами термогравиметрического анализа (в инертной и окислительной атмосфере) и дифференциальной сканирующей калориметрии;

оценка биодegradационных свойств биоразлагаемых композиционных материалов;

расчет технико-экономических показателей получения композиционных полимерных материалов;

разработка оптимальных режимов получения биоразлагаемых полимерных композиционных материалов.

Объектами исследования являются полимерные композиционные материалы на основе синтетических полимеров (ПВХ (ДОФ) и ПЭНП), модифицированный рисовый крахмал и моностеарат глицерина.

Предметом исследования является разработка технологии получения биоразлагаемых композиционных материалов на основе синтетических полимеров (ПВХ (ДОФ) и ПЭНП), а также исследование их структуры, физико-механических, биодegradационных свойств полученных материалов.

Методы исследований. В работе использованы комплексные физико-химические методы исследований, такие как инфракрасная спектроскопия, рентгенография, дериватография, сканирующая электронная микроскопия и стандартные методы анализа а также физико-механические.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработаны впервые полимерные композиции на основе ПЭНП и пластифицированного ПВХ, содержащие модифицированный рисовый крахмал в широком диапазоне концентраций (5–55 мас.%) и компатибилизатором (ГМС) и выявлены закономерности влияния этих добавок на структуру и свойства материалов;

установлено, что введение значительных количеств крахмала в полиэтиленовую матрицу формирует развитую пористую структуру и

существенно снижает степень кристалличности полимера (с ~42% до ~28% при содержании крахмала 55% масс.), тогда как в пластифицированной ПВХ-матрице модификатор распределяется более гомогенно без кардинального изменения основной структуры полимера;

доказано, что моностеарат глицерина эффективно снижает межфазное натяжение и улучшает совместимость компонентов, тем самым повышая прочность при растяжении композиций на основе ПЭНП с ТМРК на 15–25 %, а относительное удлинение при разрыве — на 20–35 %. В случае ПВХ (ДОФ) установлено, что ГМС проявляет дополнительный пластифицирующий эффект, сохраняя при этом прочностные показатели материала

разработана система количественной оценки биоразлагаемости композиции с использованием системы индексов биодеградации, учитывающей потерю массы и изменения химической структуры в различных средах;

впервые разработана технология получения полимерных композиций, содержащих ПЭНП, пластифицированный ПВХ и термомодифицированный рисовый крахмал, модифицированных компатибилизатором (ГМС).

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработан оптимальный состав получения и режимов переработки биоразлагаемых полимерных композиционных материалов;

определены показатели термической стабильности, водопоглощения, прочности, твердости по Шору биоразлагаемых полимерных композиционных материалов, а также составлен ряд биоразложения в различных средах;

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования работы состоит в обогащении науки сведениями о полимерных материалах новыми знаниями о структуре, свойствах и поведении биоразлагаемых композитов на основе массовых синтетических полимеров и природного полимерного наполнителя. Установленные закономерности (влияние содержания крахмала на механические свойства, водопоглощение, скорость биодеструкции; эффект компатибилизатора на межфазные взаимодействия и реологию; различия между полиолефиновой и виниловой матрицами в процессах деструкции) расширяют фундаментальные представления о структурно-функциональных взаимосвязях в полимерных композитах. Проведенный технико-экономический анализ показывают экономической эффективности новых материалов.

Практическая значимость результатов исследования обусловлена тем, что они доведены до уровня конкретных рекомендаций для промышленности. Создана научно-техническая база для целенаправленного регулирования свойств полимерных материалов путем варьирования количества биоразлагаемого наполнителя и использования совместителя. Предложенные в работе составы и технологии позволяют прогнозируемо получать материалы с заданными эксплуатационными характеристиками и контролируемым временем разложения.

Внедрение результатов исследования. На основе результатов, полученных при разработке и исследовании биоразлагаемых композиционных материалов на основе синтетических полимеров:

модифицированные биоразлагаемые композиции полиэтилена и поливинилхлорида, полученные с использованием модификаторов (модифицированные крахмалы, моностеарат глицерина), внедрены в АО «Навоиазот» (справка АО «Навоиазот» №007-1424 от 23 октября 2025 года). В результате, появилась возможность получить биоразлагаемые композиции полиэтилена и поливинилхлорида с показателем текучести расплава ПТР=4,2 г/10 мин.

разработанные биоразлагаемые композиции на основе поливинилхлорида и полиэтилена с улучшенной перерабатываемостью был внедрён в АО «Навоиазот» (справка АО «Навоиазот» №007-1424 от 23 октября 2025 года). В результате появились возможность перерабатывать биоразлагаемые композиции экструзионным методом.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования доложены и обсуждены на 8 республиканских и 3 международных научно-технических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликованы всего 24 научных работ, из них 6 статей в научных изданиях, рекомендованных для издания основных научных результатов диссертаций Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан, в том числе 3 из которых в республиканских и 3 в зарубежных журналах и 1 монография.

Структура и объем диссертации. Структура диссертации состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы, приложения. Объём диссертации составляет 120 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность и востребованность проведенного исследования, цель и задачи исследования, характеризуются объект и предмет, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики, излагается научная новизна и практические результаты исследования, раскрывается научная и практическая значимость полученных результатов, внедрение в практику результатов исследования, сведения об опубликованных работах и структуре диссертации.

В первой главе диссертации «**Проблема пластиковых загрязнений и теоретические основы биоразлагаемых полимерных композиционных материалов**» по проведенному литературному анализу были определены состояние и анализ всестороннего глубокого изучения процессов получения крупнотоннажных полимеров полиэтилена, полипропилена и поливинилхлорида и их применение в отрасли экономики. По данным статистики годовой объем производства синтетических полимеров к 2024 году превысил 414 млн тонн, доля полиэтилена составляет примерно 26%,

доля ПП 19 %, а ПВХ занимает третье место с около 13%. Полиэтилен, в основном, применяется в упаковочной индустрии, примерно 70% мирового потребления приходится на упаковочные материалы. В 2024 году ожидается образование 220 млн тонн пластиковых отходов. Одна треть этих отходов (69,5 млн тонн) будет неправильно утилизирована и попадает в окружающую среду. Это требует их переработку для получения вторичных товаров народного потребления. Существуют основные пути утилизации пластиков: механическая переработка, энергетическая утилизация, химическая переработка и захоронение на полигонах.

Также приводятся результаты биоразлагаемых композиций на основе ПЭ и ПВХ и их механизмы биоразложения полимерных композиционных материалов. Приведены основные виды деградации и определяющие её факторы: содержание крахмала, дисперсность частиц крахмала, природа совместителя и его концентрация и условия переработки.

Во второй главе диссертации **«Объекты исследования и методы исследования биоразлагаемых композиционных материалов»** описаны способы и объекты исследований, приведены физико-химические свойства исходных материалов и характеристики методов исследования, таких как, ИК-спектроскопия, термические методы, показатель текучести расплава, механические свойства, рентгенофазный анализ и др.

В третьей главе диссертации **«Разработка биоразлагаемых композиций на основе полиэтилена и поливинилхлорида и исследование их физико-химических, физико-механических и структурно-морфологических свойств»** приведены результаты по получению биоразлагаемых композиций на основе полиэтилена и поливинилхлорида. Композиции (полиэтилен и поливинилхлорид) содержат от 5,0 до 30 масс.% модифицированного крахмала, а также от 5,0 до 55 масс.% модифицированного крахмала и 5,0 масс.% моностеарат глицерина.

Одним из основных свойств, определяющих область применения полимерных композиционных материалов, являются их физико-механические свойства. В связи с этим представляет интерес исследования механических свойств биоразлагаемых полимерных композиционных материалов на основе полиэтилена и поливинилхлорида с модифицированным крахмалом и моностеаратом глицерина, результаты которых представлены в табл. 1.

Анализ результатов исследования (табл.1) показывает закономерное снижение всех прочностных характеристик с увеличением содержания модифицированного крахмала (МК). Снижение прочности при растяжении σ_r с 8,32 МПа до 3,15 МПа (55 мас.% МК) обусловлено переходом от механизма «образования шейки и вытягивания» к инициированию трещин у частиц наполнителя. Это характерно для систем «неполярная матрица — полярный дисперсный наполнитель», где межфазная адгезия ограничена различием в поверхностных энергиях компонентов.

Присутствие ГМС стабильно повышает σ_r и особенно ε_r при $S \lesssim 20$ мас.% за счет снижения межфазного натяжения и улучшения смачивания частиц наполнителя расплавом полимера.

Таблица 1

Прочностные характеристики ПЭНП, ПВХ(ДОФ) и композиций на их основе

№	Композиция	σ_r , МПа	ε_r , %	E, МПа
1.	ПЭНП-К	8,32	488,11	197,62
2.	ПЭНП-5РК	6,99	279,41	177,72
3.	ПЭНП-10РК	6,88	106,48	176,57
4.	ПЭНП-15РК	6,36	84,80	167,18
5.	ПЭНП-20РК	5,47	67,60	154,04
6.	ПЭНП-30РК	4,08	52,44	148,44
7.	ПЭНП-40РК	3,82	33,30	114,23
8.	ПЭНП-45РК	3,55	32,12	112,41
9.	ПЭНП-50РК	3,18	30,29	84,55
10.	ПЭНП-55РК	3,15	17,08	75,65
11.	ПЭНП-5Р	6,05	224,93	158,17
12.	ПЭНП-10Р	5,85	84,12	155,38
13.	ПЭНП-15Р	5,31	65,72	145,45
14.	ПЭНП-20Р	4,49	51,38	132,47
15.	ПЭНП-30Р	3,22	38,28	124,69
16.	ПВХ-К	4,27	231,33	8,835
17.	ПВХ-5РК	3,98	117,65	8,183
18.	ПВХ-10РК	3,51	109,84	4,575
19.	ПВХ-15РК	3,32	110,47	4,609
20.	ПВХ-20РК	2,97	93,15	2,377
21.	ПВХ-30РК	2,09	66,32	1,643
22.	ПВХ-40РК	1,80	64,62	—
23.	ПВХ-45РК	1,42	59,67	—
24.	ПВХ-50РК	1,24	57,82	—
25.	ПВХ-55РК	1,17	51,19	—
26.	ПВХ-5Р	3,54	98,83	7,450
27.	ПВХ-10Р	3,09	91,17	4,120
28.	ПВХ-30Р	1,76	52,39	1,410

Это приводит к уменьшению объема дефектной зоны вокруг частиц и более эффективному распределению механических напряжений в композиции. При $S \geq 40$ мас.% положительный эффект ГМС сохраняется, но ограничивается ростом непрерывности гидрофильной фазы и возможной агломерацией частиц наполнителя.

Также приведены результаты исследования механических испытаний пластифицированных биоразлагаемых композиций с 30% масс. ДОФ, ПВХ представлены в табл.1.

Результаты анализа (табл.1) показывают, что для пластифицированного ПВХ характерны значительно меньшие абсолютные значения σ_r и E по сравнению с ПЭНП вследствие доминирования мягкой фазы пластификатора ДОФ в структуре композиции. Существенное снижение модуля упругости уже при $S \geq 10$ мас.% подтверждает размягчение каркаса ПВХ при введении гидрофильной дисперсной фазы.

ГМС сохраняет положительное влияние на σ_r и ε_r во всем диапазоне содержаний модифицированного крахмала, однако эффект компатибилизации выражен слабее, чем для композиций ПЭНП. В присутствии внешнего пластификатора ГМС частично выступает как «смягчитель-компатибилизатор», улучшая смачиваемость частиц, но одновременно увеличивая подвижность в интерфейсной зоне, что ограничивает рост модуля упругости.

Исследование кинетики водопоглощения и расчёт коэффициента диффузии (D) проводятся для установления зависимости между составом композиции и её эксплуатационными свойствами. Поскольку вода является ключевым агентом гидролитической деградаци, а величина D позволяет количественно прогнозировать долговечность материала в условиях эксплуатации и потенциальную скорость его биоразложения. Поэтому исследованы водопоглощения композиции ПЭ и ПВХ. Представлены результаты исследований в двух средах: дистиллированная вода (имитация пресноводной среды) и 3,5 масс. % раствор NaCl (имитация морской воды). Анализ результатов исследования показывает, что водопоглощение существенно больше в соленой среде чем дистиллированной воде.

Исследованы твёрдости по Шору D для биоразлагаемых композиционных материалов на основе ПЭНП и ПВХ(ДОФ) с ТМРК этот параметр показывает сопротивление локальному вдавливанию и коррелирует с модулем и прочностью, показывает влияние пластификатора, содержание и дисперсность крахмала, а также межфазную адгезию. Анализ результатов исследования показывает, что с увеличением содержания модифицированного крахмала твердость по Шору возрастает. Это обусловлено улучшением межфазного сцепления и «уплотнение» интерфейсной структуры.

Исследованы реологические свойства композиций на основе полиэтилена и поливинилхлорида методом определения показателя текучести расплава (ПТР).

Анализ результатов исследования показывает, что показатель текучести расплава монотонно снижается с ростом содержания модифицированного

крахмала, вследствие увеличения вязкости расплава из-за присутствия дисперсной фазы, усиления структурной сетки межчастичных взаимодействий и межфазного трения. Снижение ПТР с 2,01 г/10 мин для чистой матрицы до 0,82 г/10 мин при 55 мас.% модифицированного крахмала указывает на существенное затруднение течения расплава при высоких степенях наполнения.

Нами исследованы термические характеристики композиций на основе полиэтилена с модифицированным крахмалом и ГМС дериватографическим методом, результаты которых представлены в табл. 2.

Анализ результатов исследования (табл.2) показывает, что температура начала разложения начинается в основном при 50 °С с увеличением концентрации модифицированного крахмала, потеря массы возрастает от 0,894 масс. % до 0,956 масс.%. С возрастанием температуры до 250 °С и далее начинается возрастание потери массы от 9,731 масс.% до 64,93 масс.%.

Исследованы скорость разложения композиций полиэтилена от содержания модифицированного крахмала. Анализ результатов исследования (табл.2) показывает, что скорость разложения, в основном, с большой скоростью протекает в интервале 250 -500 °С и составляет 2,83 – 5,98 мг/мин. Также определены количество израсходованной энергии ($\mu\text{V}\cdot\text{s}/\text{mg}$) для разложения композиций полиэтилена. Анализ результатов исследования (табл.2) показывает, что большая энергия затрачивается в основном в интервале температур 400-500 °С и составляет 2,480 -5,410 $\mu\text{V}\cdot\text{s}/\text{mg}$, соответственно.

Аналогичная картина наблюдается у композиции с ПВХ. Сравнение результатов исследования показывает, что при введении в состав ПВХ модифицированного крахмала термостабильность композиции снижается. Например, у композиции ПВХ, содержащие 15,0; 30,0; 45,0 и 50,0 масс% крахмала, термостабильность композиции с увеличением содержания последнего при 450 °С тоже возрастает 71,69; 72,20; 73,53 и 73,93 масс.%, соответственно. Это, по-видимому, обусловлено низкой термостабильностью молекул крахмала и продуктов его разложения, что ведет к ускорению процесса термодеструкции ПВХ.

Исследованы структурные характеристики композиции полиэтилена и поливинилхлорида до испытаний на биodeградацию и после ИК-спектроскопическим методом, результаты которых представлены на рис. 1.

После 365 суток экспозиции в аэробных условиях в спектрах композиций наблюдаются существенные изменения, свидетельствующие об активных биодеструктивных процессах. Наиболее характерными являются следующие спектральные трансформации:

Усиление гидрофильности поверхности проявляется в значительном увеличении интенсивности широкой полосы $\sim 3300\text{ см}^{-1}$, обусловленном накоплением гидроксилсодержащих продуктов биodeградации и адсорбированной влаги.

Таблица 2

Результаты анализа кривых ДТГА и ДСК композиции ПЭНП

№	Т, °С	Потеря массы, %					Скорость разложения, мг/мин					Количество израсходованной энергии ($\mu V*s/mg$)				
		ПЭНП	ПЭНП+ 15% КР	ПЭНП+ 30% КР	ПЭНП+ 45% КР	ПЭНП+ 50% КР	ПЭНП	ПЭНП+ 15% КР	ПЭНП+ 30% КР	ПЭНП+ 45% КР	ПЭНП+ 50% КР	ПЭНП	ПЭНП+ 15% КР.	ПЭНП+ 30% КР.	ПЭНП+ 45% КР.	ПЭНП+ 50% КР.
1	50	0,894	0,901	0,903	0,906	0,956	1,21	1,22	1,23	1,23	1,25	0,330	0,021	0,024	0,013	0,069
2	100	1,087	1,107	1,187	1,187	1,284	1,72	1,84	1,89	1,86	1,93	0,150	0,056	0,026	0,022	0,088
3	150	1,104	1,106	1,109	1,123	1,325	1,77	1,81	1,88	1,88	1,92	0,262	0,071	0,082	0,098	0,148
4	200	2,007	2,228	2,265	2,447	1,554	2,11	2,19	2,22	2,23	2,36	0,210	0,043	0,095	0,047	0,272
5	250	9,202	9,312	9,402	9,574	9,731	2,83	2,86	2,85	2,85	2,87	0,415	0,333	0,572	0,574	0,652
6	300	22,79	23,68	24,55	25,33	25,88	3,03	3,08	3,11	3,19	3,22	0,660	0,995	0,630	1,268	0,422
7	350	44,14	45,05	45,25	46,23	46,84	3,80	3,85	3,88	5,75	5,81	0,096	0,086	0,076	0,027	0,238
8	400	51,54	52,14	52,28	52,88	52,99	3,02	2,38	2,32	2,86	3,68	2,480	1,460	3,720	4,360	2,580
9	450	63,14	63,69	64,20	64,53	64,93	2,62	2,96	3,98	4,01	5,05	3,760	4,260	2,560	5,460	1,850
10	500	72,14	73,08	73,12	73,91	73,97	2,12	3,09	4,02	5,98	5,22	3,640	5,410	1,670	4,700	2,570
11	550	84,14	84,25	84,56	85,64	86,14	1,12	2,08	2,17	2,21	2,98	0,570	0,150	1,570	1,560	0,224
12	600	96,12	97,28	97,52	98,15	98,45	1,09	1,12	1,97	2,95	2,98	0,555	0,552	0,536	0,523	0,505

Формирование новой полосы при ~ 1541 см^{-1} характерно для карбоксилат-анионов (COO^-) и других продуктов микробного метаболизма, что указывает на образование биопленки на поверхности композита.

Существенное перераспределение интенсивности в области 1180-1030 см^{-1} отражает деструкцию гликозидных связей крахмала под действием ферментов микроорганизмов. Одновременно наблюдается размывание и ослабление полосы ~ 1730 см^{-1} , обусловленное гидролизом сложноэфирных связей моностеарата глицерина и выносом образующихся низкомолекулярных продуктов.

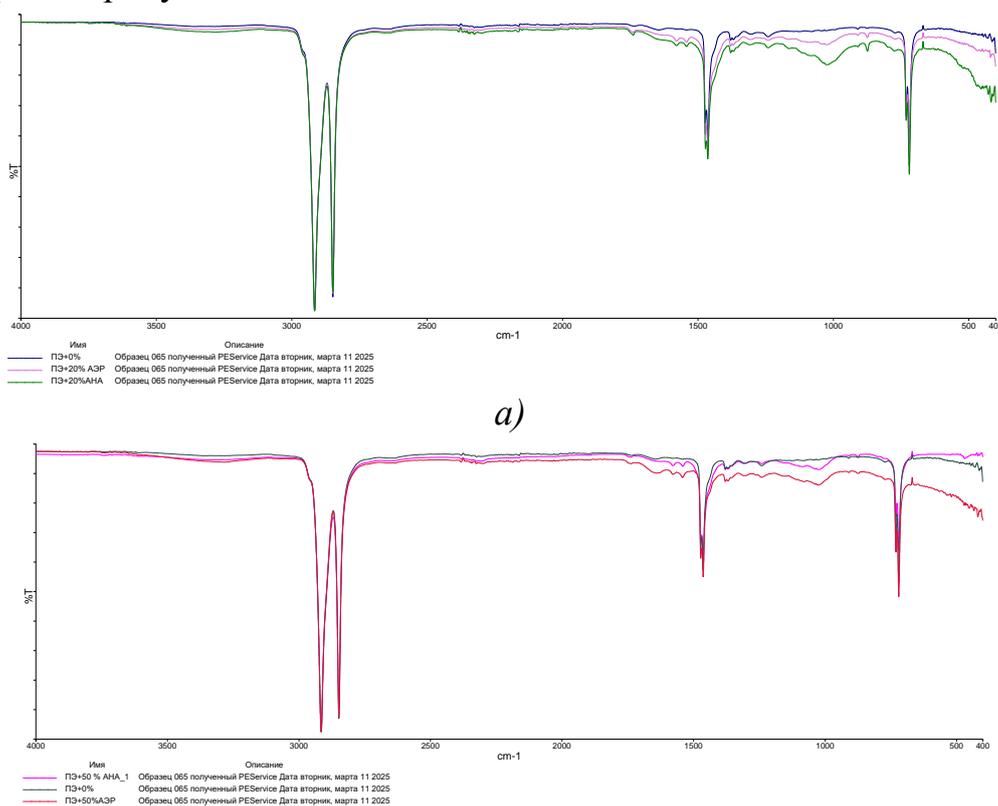


Рис. 1. ИК-спектры композиций: а) ПЭНП+20%ТМРК+5%ГМС: и б) ПЭНП+50%ТМРК+5%ГМС исходное состояние (0 сут), аэробная биодegradация (365 сут), анаэробная биодegradация (365 сут).

В анаэробных условиях характер и интенсивность структурных изменений существенно отличаются от аэробных. Характеристические полосы ПЭНП (2916/2849, 1463-1466, ~ 719 см^{-1}) остаются стабильными, что свидетельствует о низкой интенсивности деструктивных процессов в полимерной основе. Полоса ~ 3300 см^{-1} выражена значительно слабее по сравнению с аэробными условиями, что указывает на ограниченное накопление гидроксилсодержащих продуктов. Наблюдается смещение и ослабление полос в области $\sim 1022-1027$ см^{-1} , характеризующее медленную деструкцию углеводно-эфирных фрагментов в условиях ограниченного доступа кислорода.

Исследованы морфологические структуры композиции полиэтилена и поливинилхлорида сканирующим электронно-микроскопическим методом, результаты которых приведены на рис. 2.

Микроскопический анализ исходных композитов ПЭНП+ТМРК(+ГМС) выявляет закономерные изменения морфологии в зависимости от содержания модификатора.

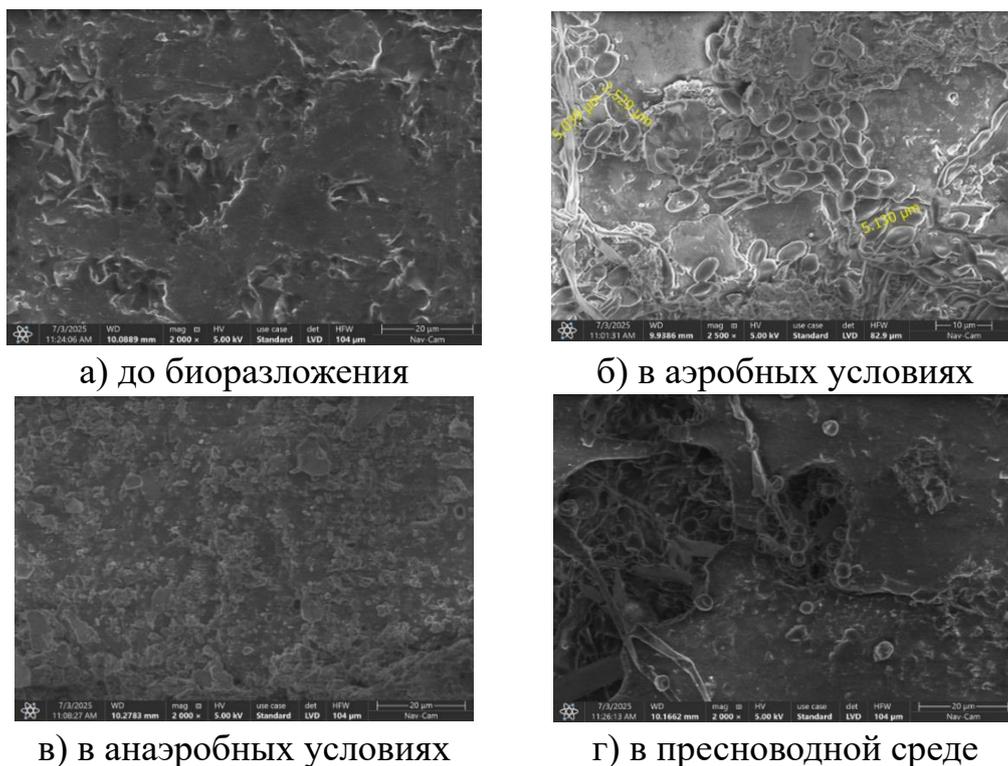


Рис. 2. СЭМ-микрофотографии композиций: ПЭНП+50%РК+5%ГМС после 365 суток биодеградации: а) аэробные условия – развитая микропористая структура с порами 2-8 мкм, эрозионные зоны; б) анаэробные условия – менее выраженные морфологические изменения.

При содержании ТМРК 20-50 мас.% наблюдается относительно равномерное распределение частиц крахмала в полимерной матрице с размером 2-8 мкм, что соответствует исходной дисперсности модификатора. Межфазная граница характеризуется удовлетворительной адгезией, что свидетельствует об эффективности компатибилизирующего действия моностеарата глицерина.

При увеличении содержания ТМРК до 50 мас.% (рис.2) наблюдается формирование отдельных агломератов размером 10-25 мкм, обусловленное склонностью частиц крахмала к ассоциации через водородные связи гидроксильных групп. Присутствие ГМС способствует улучшению межфазной адгезии, что проявляется в уменьшении количества "вырываний" частиц на поверхности излома образцов.

В анаэробных условиях наблюдаются аналогичные морфологические изменения, но выраженные в значительно меньшей степени. Плотность пор и глубина эрозионных процессов существенно ниже, что согласуется с пониженной активностью анаэробных микроорганизмов.

В случае композиции ПВХ в аэробных условиях происходит формирование характерных "пустот-отпечатков" на местах удаленных частиц ТМРК, развитие микропористой структуры, появление налетов биопленки на поверхности. Наблюдаемые изменения полностью согласуются с данными

ИК-спектроскопии, показывающими появление полосы $\sim 1541 \text{ см}^{-1}$ (биоуплотнение) и ослабление полосы $\sim 1722 \text{ см}^{-1}$ (миграция ДОФ).

В анаэробных условиях морфологические изменения выражены значительно слабее. Плотность пор существенно ниже, наблюдается частичное "сглаживание" микрорельефа, что может быть связано с лучшей сохранностью пластификатора в условиях ограниченного доступа кислорода. Данные наблюдения коррелируют с большей стабильностью полосы $\sim 1722 \text{ см}^{-1}$ в ИК-спектрах.

Проведён рентгеноструктурный анализ композиции на основе полиэтилена. Анализ результатов исследования показывает, что в исходном состоянии увеличение содержания ТМРК приводит к снижению относительной степени кристалличности матрицы. Это обусловлено физическим препятствием (барьерным) процессу кристаллизации ТМРК, взаимодействием полярных групп крахмала с макромолекулами ПЭНП.

Во всех образцах композиции ПЭНП четко идентифицируются рефлексы (110) и (200) полиэтиленовой решётки при $2\theta \approx 21,3\text{--}21,49^\circ$ и $2\theta \approx 23,53\text{--}23,72^\circ$, соответственно; отношение интенсивностей $I_{110}/I_{200} \approx 4,9\text{--}5,4$ слабо зависит от S (массовой доли крахмала), что указывает на неизменность текстурного фактора при переработке и эквивалентных условиях прессования.

В процессе биодegradации наблюдается закономерное увеличение относительной степени кристалличности, особенно выраженное в аэробных условиях. Данное явление обусловлено комплексом процессов: селективным выносом аморфного ТМРК под действием микробных ферментов, что приводит к относительному увеличению доли кристаллической фазы полимерной матрицы; хемокристаллизацией укороченных макромолекулярных цепей, образующихся в результате деструктивных процессов; релаксационными процессами в полимерной матрице после удаления наполнителя.

Также исследованы рентгеноструктурный анализ композиции на основе поливинилхлорида. В процессе биодegradации, особенно в аэробных условиях, наблюдается прогрессивное ослабление и исчезновение углеводных дифракционных максимумов, что свидетельствует о деструкции кристаллических областей ТМРК под действием микробных ферментов. Одновременно происходит "сужение" аморфного гало, что может быть связано с выносом низкомолекулярного пластификатора и соответствующим изменением молекулярной подвижности полимерных цепей.

Важно отметить, что кристалличность основной цепи ПВХ существенно не возрастает, что согласуется с данными ИК-спектроскопии.

Исследованы биодegradации полимерных композиций в различных средах. Результаты исследования биодegradации композитов в аэробной среде представлены в табл.3.

Анализ результатов исследования (табл.3) показывает, что для композитов ПЭНП при максимальном содержании ТМРК (55 мас.%) потеря массы в аэробных условиях составляет 26,4% – с добавлением 5 мас.% ГМС.

Для композитов ПВХ(ДОФ) соответствующие значения составляют 17,6%. При одинаковом содержании ТМРК композиты ПЭНП деградируют интенсивнее чем ПВХ(ДОФ); при S = 30 %: ПЭНП — 9,00 % (Р) / 9,90 % (РК); ПВХ — 6,00 % (Р) / 6,60 % (РК). Введение 5 % ГМС стабильно усиливает эффект примерно на 10 %.

Таблица 3

Потеря массы композиции на основе ПЭНП в аэробной среде за 12 месяцев

Композиция	Аэробные условия (месяц)				
	Потеря массы, масс. %				
	1	3	6	9	12
ПЭНП-К	0,0	0,0	0,1	0,10	0,13
ПЭНП-5РК	0,19	0,47	0,70	0,82	0,88
ПЭНП-10РК	0,36	0,88	1,32	1,54	1,65
ПЭНП-15РК	0,73	1,76	2,64	3,08	3,30
ПЭНП-20РК	1,21	2,93	4,40	5,13	5,50
ПЭНП-30РК	2,18	5,28	7,92	9,24	9,90
ПЭНП-40РК	3,87	9,39	14,08	16,43	17,60
ПЭНП-45РК	4,84	11,73	17,60	20,53	22,00
ПЭНП-50РК	5,32	12,91	19,36	22,59	24,20
ПЭНП-55РК	5,81	14,08	21,12	24,64	26,40
ПЭНП-5Р	0,17	0,42	0,63	0,74	0,80
ПЭНП-10Р	0,32	0,78	1,18	1,39	1,50
ПЭНП-15Р	0,64	1,56	2,37	2,78	3,00
ПЭНП-20Р	1,06	2,60	3,95	4,64	5,00
ПЭНП-30Р	1,91	4,68	7,10	8,35	9,00

Таким образом, пониженная интенсивность биодegradации в анаэробных условиях согласуется с результатами структурных исследований. В отсутствие кислорода биогенные маркеры ($\sim 1541 \text{ см}^{-1}$) в ИК-спектрах выражены значительно слабее, что указывает на ограниченную активность анаэробных микроорганизмов. Морфологические изменения по данным СЭМ также менее выражены – плотность пор и глубина эрозионных процессов существенно ниже по сравнению с аэробными условиями.

В четвертой главе диссертации **«Разработка технологии получения биоразлагаемых композиции и их технико-экономические показатели»** приведены технологическая схема получения биоразлагаемых композиции и технико-экономические показатели разработанных композиции.

Разработана технологическая схема получения биоразлагаемых композиции (рис. 3) на основе полиэтилена и поливинилхлорида.

Технологический процесс получения полимерных композиции начинается с этапа дозирования исходных компонентов. В зависимости от рецептуры, из расходных бункеров (1, 2, 3) с помощью шнековых дозаторов подается основная полимерная матрица: полиэтилен низкой плотности (ПЭНП) или пластифицированный поливинилхлорид с пластификатором

диоктилфталатом 30% масс. (ПВХ/ДОФ) и моностеаратом глицерина (ГМС), выполняющий функции пластификатора и лубриканта.

Далее термомодифицированный рисовый крахмал (ТМРК), из бункера (4) поступает в шнековую сушильную установку (5), где при температуре 105-110°C происходит удаление избыточной влаги до остаточного содержания не более 0,1-0,2 мас.%. Подготовленные и точно дозированные сухие компоненты поступают в высокоскоростной смеситель-премиксер (6), где происходит их интенсивное перемешивание в течение 5-10 минут до получения гомогенной сыпучей смеси.

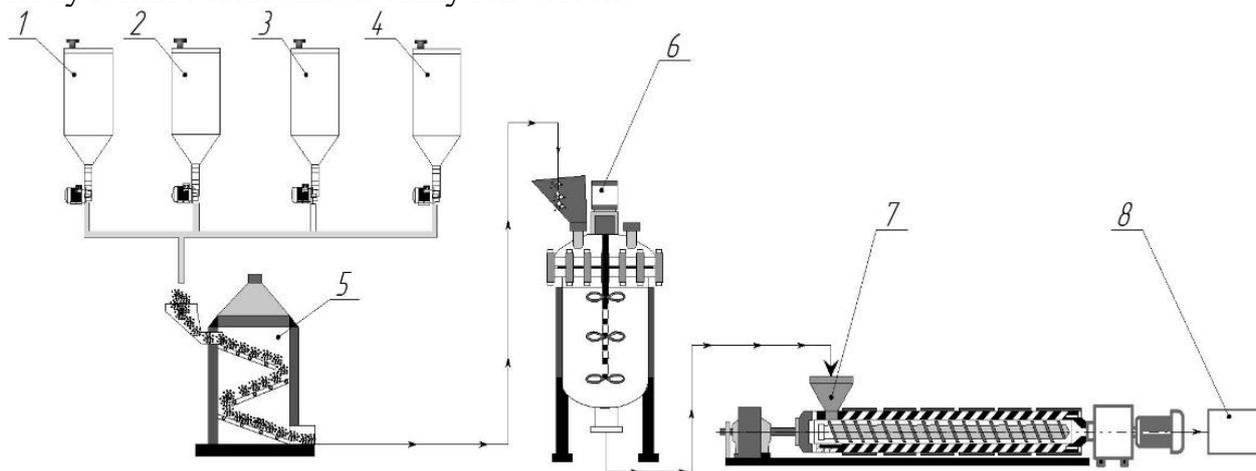


Рис.3. Принципиальная технологическая схема получения полимерных композиционных материалов: 1 – бункер-дозатор для ПЭНП; 2 – бункер-дозатор для ПВХ (ДОФ); 3 – бункер-дозатор для моностеарат глицерина; 4 – бункер-дозатор для термомодифицированного рисового крахмала; 5 – Спиральная вибрационная сушильная установка; 6 – смеситель предварительной гомогенизации; 7 – одношнековый экструдер с насадкой; 8 – готовая продукция в виде гранул.

Далее подаётся в загрузочную воронку одношнекового экструдера (7). Внутри материального цилиндра экструдера, оснащенного несколькими зонами нагрева (температурный профиль 160-200°C в зависимости от типа матрицы), происходит расплавление полимерной матрицы, гомогенизация всех компонентов в расплаве и формирование однородной композиции.

Также представлены технико-экономические показатели разработанных биоразлагаемых полимерных композиций на основе полиэтилена и поливинилхлорида, прибыль которых составляет на 1 тонну 8,858 млн и 6,950 млн сум, соответственно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований по диссертационной работе доктора философии (PhD) по техническим наукам на тему «Разработка и исследование биоразлагаемых композиционных материалов на основе синтетических полимеров» сделаны следующие заключения, имеющие теоретическую и практическую значимость:

1. Разработаны биоразлагаемые композиции синтетических полимеров на основе полиэтилена и поливинилхлорида с термическими модифици-

рованным крахмалом и моностеаратом глицерина. Определены оптимальные составы, термического модифицированного крахмала составляющего 20-55 масс.% и 5,0 масс.% моностеарата глицерина.

2. Исследованы физико-механические свойства разработанных биоразлагаемых композиций на основе полиэтилена и поливинилхлорида. Определены, что во всех случаях снижаются прочностные характеристики σ_r с 8,32 МПа (чистая матрица) до 3,15 МПа (55 мас.% ТМРК), обусловленные переходом от механизма «образования шейки и вытягивания» к инициированию трещин у частиц наполнителя.

3. Исследованы термические свойства разработанных биоразлагаемых композиций на основе полиэтилена и поливинилхлорида. Установлены, что для полиэтилена с увеличением содержания модифицированного крахмала наблюдается снижение температуры начала разложения с 269 °С до 254 °С, а для поливинилхлорида с 250 °С до 222 °С, что обусловлено низкой термостабильностью модифицированного крахмала.

4. Исследованы структурные характеристики композиции полиэтилена и поливинилхлорида до и после биodeградации ИК-спектроскопическим методом, что позволило количественно оценить степень гидрофилизации поверхности, интенсивность биоупленкообразования, деструкцию углеводного компонента. Установлено, что все индексы показывают значительно более выраженные изменения в аэробных условиях по сравнению с анаэробными, что подтверждает основную роль кислорода в процессах биodeградации.

5. Исследованы морфологические структуры композиции полиэтилена и поливинилхлорида сканирующим электронно-микроскопическим методом, обнаружено наличие эрозийных зон, микротрещин и следов биоупленки, которые согласуются с данными ИК спектроскопии (появление полосы $\sim 1541 \text{ см}^{-1}$). Это обусловлено селективным выносом углеводного компонента под действием микробных гидролаз.

6. Проведен рентгеноструктурный анализ биоразлагаемых композиций на основе полиэтилена и поливинилхлорида. Установлено, что увеличение содержания термически модифицированного крахмала приводит к снижению относительной степени кристалличности полимера, что обусловлено физическим препятствием процессу кристаллизации ТМРК, взаимодействием полярных групп крахмала с макромолекулами полимера.

7. Исследованы биodeградации синтетических полимеров (ПЭ и ПВХ) в различных средах. Установлено, что для композиции полиэтилена при содержании ТМРК (55 мас.%) и 5 масс.% ГМС потеря массы в аэробных условиях составляет 26,4%, а для композиции ПВХ(ДОФ) соответствующие значения составляют 17,6%. Для композиции полиэтилена в анаэробных условиях при содержании ТМРК (55 мас.%) и ГМС потеря массы составляет 21,6%, для композиции ПВХ(ДОФ) это значение равно 20-21%.

8. Разработана принципиальная технологическая схема и оптимальный режим получения биоразлагаемых композиций на основе синтетических полимеров – полиэтилена и поливинилхлорида.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc. 17/7.06.2024.K/T.06.03 ON AWARDING
ACADEMIC DEGREES AT NAVOI STATE UNIVERSITY OF MINING
AND TECHNOLOGIES**

NAVOI STATE UNIVERSITY OF MINING AND TECHNOLOGIES

ISTAMOV HAYOT YULCHIYEVICH

**DEVELOPMENT AND RESEARCH OF BIODEGRADABLE COMPOSITE
MATERIALS BASED ON SYNTHETIC POLYMERS**

02.00.14 – Technology of organic substances and materials based on them

ABSTRACT

Doctor of Philosophy (PhD) in technical sciences

The thesis topic of the Doctor of Philosophy (PhD) is registered under the number B2025.4.PhD/T6081 in the Higher Attestation Commission under the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan.

The dissertation was completed at the Navoi State University of Mining and Technologies.

The abstract of the dissertation is written in three languages (Uzbek, Russian, English (summary)), posted on the website of the Scientific Council at www.nsumt.uz and the Ziyonet information and educational portal at www.ziyonet.uz.

Scientific supervisor:

Mukhiddinov Bakhodir

Doctor of Chemical Sciences, professor

Official opponents:

Amonov Mukhtar

Doctor of Technical Sciences, Professor

Kiyamov Sharifjon

Doctor of Technical Sciences, Professor

Leading organisation

Islam Karimov Tashkent State Technical University

The dissertation defense will take place December 29, 2025 year at 10:00 hours at the meeting of the Scientific Council DSc. 17/7.06.2024.K/T.06.03 (Address: 210100, Navoi, ul. Galaba shokh ave, 76v. Meeting room of the Navoi State University of Mining and Technologies. Phone: (79) 223-23-32; fax: (79) 223-49-66; (e-mail: info@nsumt.uz).

The dissertation is available at the Navoi State University of Mining and Technologies Information and Resource Center (registered as № 246). Address: Galaba shokh ave, 76v. Navoi, 210100. Phone: (79) 223-23-32; fax: (79) 223-49-66.

The abstract of the dissertation has been sent out December 19, 2025.
(register of the mailing protocol №21 from December 19, 2025).



T. Nurmurodov

Chairman of Scientific Council for
awarding the scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor



S. Sharipov

Scientific Secretary of the Scientific Council for
awarding the scientific degrees,
PhD., associate professor



H. Vapoev

Chairman of the Scientific Seminar at the
Scientific Council for the award of the scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

INTRODUCTION (abstract of the PhD dissertation)

The aim of the study is to develop and scientifically substantiate the composition and technologies for the production of biodegradable polymer composite materials based on synthetic polymers (LDPE and PVC (DOP)), as well as to study their structure, physico-mechanical, and biodegradation properties to identify optimal compositions and processing conditions.

The objects of research are polymer composite materials based on synthetic polymers (PVC (DOP) and LDPE), modified rice starch and glycerin monostearate (GMS).

The scientific novelty of the research is as follows:

polymer compositions based on LDPE and plasticized PVC containing modified rice starch in a wide range of concentrations (5-55 wt.%) and a compatibilizer (GMS) have been developed for the first time, and the patterns of the effect of these additives on the structure and properties of the materials have been identified;

it was found that the introduction of significant amounts of starch into a polyethylene matrix forms a highly developed porous structure and significantly reduces the degree of crystallinity of the polymer (from ~42% to ~28% with a starch content of 55% by weight), whereas in a plasticized PVC matrix the modifier is distributed more homogeneously without radically changing the basic structure of the polymer;

it has been proven that glycerol monostearate effectively reduces interfacial tension and improves component compatibility, thereby increasing the tensile strength of LDPE-based compositions with TMRS by 15–25%, and elongation at break by 20–35%. In the case of PVC (DOP), it was established that GMS exhibits an additional plasticizing effect while maintaining the material's strength properties;

a system for the quantitative assessment of the composition's biodegradability has been developed, utilizing a system of biodegradation indices that takes into account weight loss and changes in chemical structure in various media;

for the first time a technology for producing polymer compositions containing LDPE, plasticized PVC, and thermally modified rice starch, modified with a compatibilizer (GMS).

Implementation of the research results. Based on the results obtained during the development and research of biodegradable composite materials based on synthetic polymers:

Modified biodegradable compositions of polyethylene and polyvinyl chloride, obtained using modifiers (modified starches, glycerin monostearate), were implemented at JSC "Navoiyazot" (Reference Letter No. 007-1424 dated October 23, 2025). As a result, it became possible to obtain biodegradable compositions of polyethylene and polyvinyl chloride with a melt flow rate (MFR) of 4.2 g/10 min.

The developed biodegradable compositions based on polyvinyl chloride and polyethylene with improved processability were implemented at JSC "Navoiyazot"

(Reference Letter No. 007-1424 dated October 23, 2025). As a result, it became possible to process biodegradable compositions using the extrusion method.

The structure and scope of the dissertation. The structure of the dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references, and an appendix. The volume of the dissertation is 120 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; part I)

1. Мухиддинов Б.Ф., Истамов Х.Й., Джалилов А.Т., Тоштемиров Ф.А. Исследование термостабильности поливинилхлоридных композиций с крахмалом после биоразложения // Доклады Академии наук Республики Узбекистан, -Ташкент., 2023, №5, С. 71-78 (02.00.00, №8).

2. Мухиддинов Б.Ф., Истамов. Х.Й., Тоштемиров Ф.А., Тилавова Л.И. Investigation of the biodegradation of polyvinyl chloride using modified rice starch // E3S Web of Conferences №548, 08008 (2024). GEOTECH-2024 pp. 1-14. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202454808008> (Scopus indexed)

3. Мухиддинов Б.Ф., Истамов Х.Й., Оликулов Ф.Ж. Влияние содержания модифицированного крахмала на водопоглощение биоразлагаемых композитов на основе полиэтилена // Universum: химия и биология : электрон. научный журнал. -Москва, Изд. «МЦНО», 2025. №6(132). DOI: 10.32743/UniChem.2025.132.6.20254 (02.00.00, №2).

4. Мухиддинов Б.Ф., Истамов Х.Й., Оликулов Ф.Ж. Влияние содержания модифицированного крахмала на термическую стабильность биоразлагаемых композитов на основе полиэтилена // Universum: химия и биология : электрон. научн. журн. 2025. 6(132) – С. 54-59 DOI: 10.32743/UniChem.2025.132.6.20280 (02.00.00, №2).

5. Мухиддинов Б.Ф., Истамов Х.Й., Турдиева О.Д. Влияние содержания модифицированного крахмала на механические свойства экологических биоразлагаемых композитов на основе полиэтилена // Научно-технический и производственный журнал Горный вестник узбекистана. №101 апрель-июнь 2025, №2, стр. 81-85 DOI:10.54073/GV.2025.2.101.016 (04.00.00, №3).

6. Мухиддинов Б.Ф., Истамов Х.Й., Оликулов Ф.Ж. Перспективы производства современных упаковочных материалов с применением биоразлагаемых полимерных композиций. // International Journal of Advanced Technology and Natural Sciences - Navoi., Vol.2(6), 2025, P.14-27/ DOI: 10.24412/2181-144X-2025-2-14-27 (Researchbib indexed).

7. Мухиддинов Б.Ф., Истамов Х.Й. Биоразложения синтетических полимеров. Монография. Навои - Изд.Навоий нашриёти, 2025. -С. 180.

II бўлим (II часть; part II)

8. Мухиддинов Б.Ф., Истамов Х.Й., Джалилов А.Т. Актуальность проблемы биодegradации синтетических полимеров и материалы на их основе // «Кимё-технология фанларининг долзарб муаммолари» мавзусидаги

Республика илмий-амалий конференцияси материаллари. – Ташкент, 10-11-марта 2021 г. – С. 286-287.

9. Мухиддинов Б.Ф., Истамов Х.Й. Актуальность проблемы биодegradации крупнотоннажных синтетических полимеров // «Кимё-технология фанларининг долзарб муаммолари» мавзусидаги Халқаро олимлар иштирокидаги Республика илмий-амалий конференцияси материаллари. – Ташкент, 10-11-марта 2021 г. – С. 292-293.

10. Мухиддинов Б.Ф., Истамов Х.Й., Жураев И.И. Биоразлагаемые полимерные композиции на основе полиэтилена // «Комплекс бирикмалар кимёси ва аналитик кимё фанларининг долзарб муаммолари» мавзусидаги Республика илмий-амалий конференцияси материаллари. – Термиз, 19-21-мая 2022 г. – С. 53-55.

11. Мухиддинов Б.Ф., Истамов Х.Й., Жураев И.И., Вапов Х.М. Актуальность проблемы биодegradации поливинилхлорида и материалов на их основе // «Кимёнинг ривожиди фундаментал, амалий тадқиқотлар ва уларнинг истиқболлари» мавзусидаги республика илмий-амалий конференцияси материаллари. – Ташкент, 2022 г. – С. 361-363.

12. Мухиддинов Б.Ф., Истамов Х.Й., Икрамов И.И., Исроилов О.И., Тоштемиров Ф.А. Актуальность проблемы и способы решение биодegradации ПВХ и материалов на их основе в природе // Материалы Международной конференция «Комплексное инновационное развитие Заравшанского региона: достижения, проблемы и перспективы». – Навои, 27-28 октября 2022 г. – С. 286-287.

13. Мухиддинов Б.Ф., Истамов Х.Й., Вапов Х.М., Тоштемиров Ф. Биоразлагаемые композиционные материалы на основе поливинилхлорида // “Кимё ва кимёвий технологиянинг долзарб муаммолари ва ечимлари” мавзусидаги республика илмий амалий конференцияси материаллари, – Навоий 2023, 25 апрел. – С. 203-206.

14. Мухиддинов Б.Ф., Истамов Х.Й., Тоштемиров Ф.А. Дериватографическое исследование термостабильности поливинилхлоридных композиций после биоразложения // Zarafshon vohasini kompleks innovatsion rivojlantirishi: yutuqlar, muammolar va istiqbollar IV-xalqaro anjumanı. – Навои, 16-17 ноября 2023 г. – С. 225-226.

15. Мухиддинов Б.Ф., Истамов Х.Й., Тоштемиров Ф.А. Механические свойства биоразлагаемых композиций с крахмалом на основе поливинилхлорида // Zarafshon vohasini kompleks innovatsion rivojlantirishi: yutuqlar, muammolar va istiqbollar IV-xalqaro anjumanı. – Навои, 16-17 ноября 2023 г. – С. 228-229.

16. Мухиддинов Б.Ф., Истамов Х.Й., Тоштемиров Ф.А. ИК-спектроскопические исследование биоразлагаемых композиций ПВХ с крахмалом в восстановленных грунтах // Zarafshon vohasini kompleks innovatsion rivojlantirishi: yutuqlar, muammolar va istiqbollar IV-xalqaro anjumani. – Навои, 16-17 ноября 2023 г. – С. 230-231.

17. Мухиддинов Б.Ф., Истамов Х.Й., Тоштемиров Ф.А. Разработка биоразлагаемых композиций на основе поливинилхлорида и исследование их свойств // “Терморреактив олигомерлар, полимер сақловчи чиқиндилар, полифункционал бирикмалар ва улар асосида полимер материаллар яратишнинг истиқболлари” мавзусидаги республика материаллари. – Ташкент, 18-19 января 2024 г. – С. 118-120.

18. Мухиддинов Б.Ф., Истамов Х.Й., Тоштемиров Ф.Б., Турдиева О.Д. Разработка и оптимизация состава биоразлагаемого композита материала на основе пластифицированного ПВХ с рисовым крахмалом // Ўзбекистонда илм-фан, кимёвий технология ва ишлаб чиқариш истиқболлари” мавзусидаги республика илмий-амалий конференцияси материаллари. – Навои, 15 ноября 2024 г. – С. 330-332.

19. Мухиддинов Б.Ф., Истамов Х.Й., Самадов А.Р. Модификацияланган гуруч крахмали ва моноглицерин стеарат концентрациясининг изотермик шароит 105°C да пластификацияланган ПВХ (30 масс. % ДОФ) асосидаги биопарчаланувчи композицион материаллар массасининг ўзгаришига таъсирини ҳисоблаш // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № DGU 48776. Зарегистрирован в государственном реестре программ для ЭВМ Республики Узбекистан 19.03.2025.

20. Мухиддинов Б.Ф., Истамов Х.Й., Самадов А.Р. Модификацияланган гуруч крахмали ва моноглицерин стеаратларни паст зичликдаги полиэтилен асосида олинган биопарчалаувчи композицион материалларнинг изотермик шароит 105°C да масса ўзгаришини ҳисоблаш // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № DGU 48774. Зарегистрирован в государственном реестре программ для ЭВМ Республики Узбекистан 19.03.2025.

21. Мухиддинов Б.Ф., Истамов Х.Й., Муродуллаева Ш.Ш. Юқори босимдаги полиэтилен ва модификацияланган гуруч крахмали ҳамда глицерин моностеарати асосидаги композицион материаллар массасининг ўзгаришини 550°C ҳароратда, ҳаво кислороди иштирокида доимий массагача ҳисоблаш // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № DGU 51074. Зарегистрирован в государственном реестре программ для ЭВМ Республики Узбекистан 19.05.2025.

22. Мухиддинов Б.Ф., Истамов Х.Й., Муродуллаева Ш.Ш. Юкори босимдаги полиэтилен ва модификацияланган гуруч крахмали ҳамда глицерин моностеарати асосидаги композицион материаллар массасининг ўзгаришини 550°C ҳароратда, ҳаво кислородсиз (азот муҳитида) доимий массагача ҳисоблаш // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № DGU 51073. Зарегистрирован в государственном реестре программ для ЭВМ Республики Узбекистан 19.05.2025.

23. Мухиддинов Б.Ф., Истамов Х.Й., Муродуллаева Ш.Ш. 30 % ли диоктилфталат билан пластификацияланган поливинилхлорид ва модификацияланган гуруч крахмали ҳамда глицерин моностеарати асосидаги композицион материалларнинг 550°C да ҳаво иштирокида доимий массагача массасининг ўзгариши ҳисоблаш // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № DGU 51072. Зарегистрирован в государственном реестре программ для ЭВМ Республики Узбекистан 19.05.2025.

24. Мухиддинов Б.Ф., Истамов Х.Й., Муродуллаева Ш.Ш. 30 % ли диоктилфталат билан пластификацияланган поливинилхлорид ва модификацияланган гуруч крахмали ҳамда глицерин моностеарати асосидаги композицион материалларнинг 550°C да ҳавосиз (азот) муҳитида доимий массагача массасининг ўзгариши ҳисоблаш // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № DGU 51071. Зарегистрирован в государственном реестре программ для ЭВМ Республики Узбекистан 19.05.2025.

Avtoreferat “O‘zbekiston konchilik xabarnomasi” jurnali tahririyatida tahrirdan o‘tkazilib, o‘zbek, rus va ingliz tillaridagi matnlar o‘zaro muvofiqlashtirildi.



Bosishga ruxsat etildi: 19.12.2025 yil Bichimi 60x841/16, “Times New Roman” garniturada raqamli bosma usulida bosildi.

Shartli bosma tabog‘i: 3.81. Adadi 100. Buyurtma № ____.

Tel (93) 955-25-25.

Guvohnoma № 212895

“TEXNO PRINT NAVOI” MCHJ bosmaxonasida chop etildi. Bosmaxona manzili: Navoiy sh. Guliston - 3 massivi

