

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

---

**ПОЛИМЕРЛАР КИМЁСИ ВА ФИЗИКАСИ ИНСТИТУТИ**

**ҲАҚБЕРДИЕВ ЭЛШОД ОЛМОСОВИЧ**

**ПОЛИЭТИЛЕН БИЛАН ПОЛИВИНИЛХЛОРИД АСОСИДА  
НАНОТУЗИЛМАЛИ ПОЛИМЕР АРАЛАШМАЛАРНИНГ  
ШАКЛЛАНИШ ХУСИЯТЛАРИ, ХОССАЛАРИ ВА ТУЗИЛИШИ**

**01.04.06 - Полимерлар физикаси  
02.00.12 - Нанокимё, нанофизика, нанотехнология**

**ФИЗИКА - МАТЕМАТИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)  
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

**Тошкент-2021**

**Физика - математика фанлари бўйича фалсафа (PhD) доктори  
диссертацияси автореферати мундарижаси**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)  
физико – математическим наукам**

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD) on Physics and  
Mathematics sciences**

**Ҳақбердиев Элшод Олмосович**

Полиэтилен билан поливинилхлорид асосида нанотузилмали  
полимер аралашмаларнинг шаклланиш хусусиятлари, хоссалари ва тузилиши.....3

**Ҳақбердиев Элшод Олмосович**

Особенности формирования, структура и свойства  
наноструктурных полимерных смесей поливинилхлорида с полиэтиленом.....21

**Khakberdiev Elshod Olmosovich**

Specifics of formation, structure, and properties of nanostructure polymer  
blends of polyvinyl chloride with polyethylene.....39

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ  
List of published works .....43

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

---

**ПОЛИМЕРЛАР КИМЁСИ ВА ФИЗИКАСИ ИНСТИТУТИ**

**ҲАҚБЕРДИЕВ ЭЛШОД ОЛМОСОВИЧ**

**ПОЛИЭТИЛЕН БИЛАН ПОЛИВИНИЛХЛОРИД АСОСИДА  
НАНОТУЗИЛМАЛИ ПОЛИМЕР АРАЛАШМАЛАРНИНГ  
ШАКЛЛАНИШ ХУСИЯТЛАРИ, ХОССАЛАРИ ВА ТУЗИЛИШИ**

**01.04.06 - Полимерлар физикаси  
02.00.12 - Нанокимё, нанофизика, нанотехнология**

**ФИЗИКА - МАТЕМАТИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)  
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

**Тошкент-2021**

**Физика - математика фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2020.2.PhD/FM472 рақам билан рўйхатга олинган.**

Диссертация Полимерлар кимёси ва физикаси институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (polchemphys.uz) ҳамда «ZiyoNET» Ахборот таълим порталида (www.ziynet.uz) жойлаштирилган.

**Илмий раҳбар:**

**Ашуров Нигмат Рустамович**  
техника фанлари доктори, профессор

**Расмий оппонентлар:**

**Холмуминов Абдулфатто Ахатович**  
физика - математика фанлари доктори, профессор

**Рискулов Алимжон Аҳмаджанович**  
техника фанлари доктори, профессор

**Етакчи ташкилот: “Фан ва Тараққиёт” Давлат унитар корхонаси**

Диссертация ҳимояси Полимерлар кимёси ва физикаси институти ҳузуридаги илмий даражалар берувчи DSc.02/30.12.2019.K/FM/T.36.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2021 йил «\_\_\_» \_\_\_\_\_ соат \_\_\_ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100128, Тошкент шаҳри, Абдулла Қодирий кўчаси, 7<sup>б</sup>. Тел: (+99871) 241-85-94; факс: (+99871) 241-26-61, e-mail: polymer@academy.uz).

Диссертация билан Полимерлар кимёси ва физикаси институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (\_\_\_ рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100128, Тошкент шаҳри, Абдулла Қодирий кўчаси, 7<sup>б</sup>. Тел: (+99871) 241-85-94).

Диссертация автореферати 2021 йил «\_\_\_» \_\_\_ куни тарқатилди.  
(2021 йил «\_\_\_» \_\_\_ даги \_\_\_ рақамли реестр баённомаси).

**С.Ш. Рашидова**

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

**А.А. Атаханов**

Илмий даражалар берувчи бир марталик Илмий кенгаш илмий котиби, т.ф.д., катта илмий ходим.

**С.С. Негматов**

Илмий даражалар берувчи бир марталик Илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси, т.ф.д., профессор, академик

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

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Дунёда полимер материалларнинг қўлланилиш соҳаси кенгайиши билан бир қаторда уларнинг эксплуатацион хоссаларига қўйиладиган талаблар ҳам ортиб бормоқда. Жумладан, бундай талабларга ультра бинафша нурлар таъсирига барқарорлик, термик барқарорлик, зарбга чидамлик ва бошқа хоссаларни кўрсатиш мумкин. Бундай талабларга жавоб берадиган махсус хоссаларга эга бўлган нанотузилмали полимер аралашмалар асосидаги янги композит полимер материаллар олиш алоҳида аҳамият касб этади.

Бугунги кунда жаҳонда нанотузилишга эга полимер – полимер аралашмалар олиш, уларнинг физик – кимёвий хоссаларини тадқиқ қилиш ҳамда улар асосида янги турдаги композит полимер материаллар олишга бағишланган илмий тадқиқотлар жадал олиб борилмоқда. Бу борада поливинилхлорид ва полиэтилен асосида дисперс морфология эга, термобарқарорлик, эластик мустаҳкамлик ва ёнғинга чидамлилиги юқори бўлган нанотузилмали полимер аралашмалар олиш муҳим аҳамият касб этади.

Республикамызда маҳаллий хом ашёлар асосида импорт ўрнини босувчи ва экспортга мўлжалланган маҳсулотлар яратишни ривожлантиришда илмий изланишларни юқори даражада ташкил этиш ҳамда иқтисодий ўсиш суръатларини сақлаш ва маҳаллий ишлаб чиқаришни қўллаб-қувватлаш бўйича кенг қамровли чора-тадбирлар амалга оширилиб, рақобатбардош полимер маҳсулотларни ишлаб чиқариш борасида муҳим натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида<sup>1</sup> «...маҳаллий хомашё ресурсларини чуқур қайта ишлаш асосида юқори қўшимча қийматли тайёр маҳсулот ишлаб чиқариш...» вазифалари белгилаб берилган. Бу борада, поливинилхлорид ва полиэтилен асосидаги нанотузилмали полимер аралашмаларнинг шакллантириш усулларини бошқариш, махсус хоссаларини яхшилаш ва қўлланилиш соҳасини кенгайтиришга йўналтирилган илмий-амалий тадқиқотлар муҳим аҳамиятга эга.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сонли «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони, 2017 йил 29 августдаги ПҚ-3246-сонли «Кимё саноати ташкилотларининг экспорт-импорт фаолиятини такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2018 йил 25 октябрдаги ПҚ 3983-сонли «Ўзбекистон Республикаси кимё саноатини жадал ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2021 йил 19 мартдаги ПҚ-5032-сонли «Физика соҳасидаги таълим сифатини ошириш ва илмий тадқиқотларни ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарорлари, шунингдек, мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

---

<sup>1</sup> Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида» Фармони.

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

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Дунёнинг кўпгина мамлакатларида полимер аралашмалар асосида олинган композицион материалларнинг махсус хоссаларини ўрганиш ҳамда уларни амалиётда қўллаш бўйича илмий изланишлар жадаллик билан олиб борилмоқда. Чоп этилган нашрларнинг кўпчилиги полимер – полимер аралашмалар олишда уларнинг мойиллигини ошириш имкониятлари ва бунда компатибилизаторларнинг ўрни ва аҳамиятига бағишланган. Полимер аралашмаларида нанотузилмаларни ҳосил қилишнинг асосий босқичларини назарий жиҳатдан ёндошувлари асосида уларнинг механизмларини ўрганиш бўйича илмий йўналишни ривожлантиришга G.I. Taylor, G.Groeninckx, C.Macosko, H.A. Платэ, S. Wu, H.C. Ениколопов, Ю.С. Липатов, K.Nilson, Ал.Ал. Берлин ва бир қатор илмий мактаблар катта ҳисса қўшишган. Поливинилхлорид (ПВХ) ва полиэтилен (ПЭ) асосидаги полимер аралашмаларда нанотузилишга эга морфологиянинг шаклланишида компатибилизатор муҳим аҳамиятга эга эканлигига С.Harrats, N.Sombatsompor, C.Thongpin, Z. Fang, B.D. Favis, H.P. Grace, A.N. Wilkinson, К.С. Минскер, ва бошқа олимларнинг илмий тадқиқот ишларини таъкидлаб ўтиш зарур.

Республикада мазкур йўналиш ривожига С.Ш.Рашидова, М.А.Аскарлов, С.С. Негматов, А.Т. Джалилов, Н.Р. Ашуров ва бошқалар ўз изланишлари билан ушбу йўналишдаги тадқиқотлардаги муаммоларни ҳал этишда ўз ҳиссаларини қўшган.

Ушбу изланишларга қадар адабиётларда полимер жуфтлари учун аралашма компоненталари орасидаги назоратсиз реакциялар, аралашаётган полимерлар макрозанжирларида деструкция ва тикилиш жараёнлар кузатилиши кам ўрганилган. Ушбу йўналишда ПВХ ва ПЭ асосида нанотузилма ҳосил қилиш йўли билан полимер аралашмалар олиш, юқори эксплуатацион хоссаларга эга ёнғинга чидамли композицион материаллар олиш истиқболларини юзага келтиради.

**Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Полимерлар кимёси ва физикаси институти илмий-тадқиқот ишлари режасининг ФА-ФЗ-Т-100 «Полимерларда наноструктуралар уларнинг синтез усуллари ва уларни материалларнинг махсус хоссаларида намоён бўлиш қонуниятлари» (2008-2011 йй.), ОТА-А-12002-003 «Поливинилхлорид ва полиэтилен асосида нанополимер аралашмалар олиш технологиясини ишлаб чиқиш» (2017-2018 йй.) мавзуларидаги фундаментал ва амалий лойиҳалари доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** ПВХ ва ПЭ асосида нанотузилмали полимер аралашмалар шакллантириш ва аралашма компоненталарининг структураси билан эластик – мустаҳкамлик хусусиятлари орасидаги корреляцион

боғлиқлигини аниқлашдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

икки турдаги компатибилизатор (ПВХ/ПЭ сополимери ва хлор тутган ПЭ) иштирокида ва иштирокисиз турли хил таркибли ПВХ/ПЭ полимер аралашмаларини олиш;

ПВХ/ПЭ аралашмалари морфологияси, термик хусусиятларини ўрганиш;

ПВХ/ПЭ аралашмаларнинг узилиш ва деформацион хоссалари қонуниятларини ўрнатиш;

ПВХ/ПЭ аралашмаларининг структуравий параметрлари билан эластик-мустаҳкамлик хусусиятлари ўртасидаги корреляцион боғлиқликни аниқлаш;

кабел қопламалари учун полимер аралашмалари асосида ёнғинга чидамли рецептларни ишлаб чиқиш.

**Тадқиқотнинг объекти** – ПВХ, ПЭ, диоктилфталат пластификатори, ПВХ/ПЭ пайвандли сополимери, хлорли полиэтилен (ХПЭ) ва ПЭ/ПВХ полимер аралашмалар ҳисобланади.

**Тадқиқотнинг предмети** – суюқланмада полимер аралашма шаклланиш жараёнини, полимер аралашмалар морфологиясини шакллантириш хусусиятларини ўрганиш, эксплуатацион хусусиятларига эга таркибий параметрларнинг корреляцион боғлиқлиги ва деформацион ҳолат қонуниятларини аниқлашдан иборат.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Тадқиқотларда атом кучланишли микроскопия (АКМ), ИҚ-спектроскопия, термогравиметрия ва дифференциал сканерлаш калориметрияси (ТГА ва ДСК), шунингдек эластиклик модулини чўзилишдан аниқлаш, ёниш барқарорлиги, кислород индекси, тутун ҳосил бўлиш коэффициенти ва бошқа физик-кимёвий усуллардан фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** куйидагилардан иборат:

илк бора икки турдаги компатибилизатор иштирокида нанометр ўлчамдаги дисперс фазага эга ПВХ/ПЭ аралашмалардаги нанотузилмали морфологияни шакллантиришнинг принципиал имконияти аниқланган.

полимер аралашмаларнинг термик парчаланиш хусусиятлари бу жараённинг кўп босқичли табиати ПВХда дегидрохлорланиш, полиэтиленнинг дегидрирланиши, пайванд сополимер шакллантириш билан аралашма компонентлари макрорадикалларининг рекомбинациялаш кетма-кетлигига боғлиқлиги ва ПЭнинг 20 масс.%. гача бўлган миқдори ХПЭ шаклидаги компатибилизатор иштирокида ПВХда иссиқлик барқарорлигини ошириши аниқланган;

илк бора ПВХ/ПЭ аралашмаларда компатибилизаторлар иштироки туфайли фазалараро адгезиянинг кучайиши, ориентацион тартибланиш зонасининг кенгайиши натижасида эластик мустаҳкамлик эгри чизиқларнинг трансформацияланиши ва фазанинг ажралиш чегарасидаги оптимал локализация сабабли ПВХ/ПЭ пайвандли сополимерининг самарадорлиги аниқланган;

кам миқдордаги ПЭ фазага эга полимер аралашмалар учун эластиклик модулининг (E) экстремал боғлиқлиги ва фазалараро адгезиянинг кучайиши сабабли компатибилизацияланган аралашмалар учун E нинг қийматлари

аддитив эгри чизигидан юқорида жойлашиши исботланган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** куйидагилардан иборат:

кабел маҳсулотлари изоляцияси учун яроқли бўлган эластикликнинг ўзгарувчан хусусиятларига эга ПВХ/ПЭ полимер аралашмалар ва поливинилхлорид пластикат асосида қийин ёнувчи композицияларнинг иккита рецепти ишлаб чиқилган;

ПВХ-матрицали композиция асосида оловга чидамли композициялар рецепти ишлаб чиқилган, бунда, органик фосфат билан н-диоктилфталатнинг 1:10 мас.% нисбати ПВХ пластикати ёнувчанлигини тўхтатиши учун самарали эканлиги аниқланган;

полиэтиленнинг кичик миқдорида (20масс.% гача.) ПВХ термик хусусиятларини кучайтиришнинг принципал имкониятлари аниқланган

пластификатор концентрациясини ўзгартирмасдан поливинилхлорид пластикат қаттиқлигини бошқариш имконини берувчи поливинилхлорид матрицадаги пластификаторни самарали тақсимлаш шартлари белгиланган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлиги.** Полимер аралашмаларнинг термик, деформацион хусусиятлари, морфологияси тадқиқотнинг замонавий физик усулларида фойдаланиб аниқланган, тажрибавий тадқиқотлар натижалари ўлчов тафовути баҳоси ва натижаларни қайта ишлаш усуллари билан исботланган. Ўтказилган тадқиқот асосий хулосалари, полимер аралашмаларнинг замонавий модел тасаввурлари ва нанотузилмали тизимларни яратишнинг назарий ёндашувлари асосида қилинди. Олинган натижаларнинг тасдиғи сифатида республика ва халқаро илмий анжуманларда муҳокамалар қилинган.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.**

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти шундан иборатки, қовушқоқ оқувчан ҳолатда ПВХ ва ПЭ аралаштириш жараёнида нанотузилмали морфологияга эришиш шароитларини ПВХ дегидрохлорланиш жараёни мураккаблашишининг, ПЭ дегидрирланиши билан кейинчалик, тикилиш структурасининг шаклланиши билан изоҳланади. ПВХ матрицасига кам ПЭ миқдоридаги аралашманинг мос келиши, аралашманинг таркибига эластик модулини экстремал боғлиқлигини кўрсатади ва эластик модулининг қийматлари аддитив эгри чизигидан юқорида жойлашиши аниқланган.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти, кабел маҳсулоти қопламаси сифатида фойдаланиладиган поливинилхлорид композициялари ассортиментини кенгайтиришдан иборат. Тадқиқот натижаларининг амалий тадбиқи ПЭ билан полимер аралашмалар ва ПВХ нинг қийин ёнувчи композициялари рецептлари асосида кабел қопламалари ишлаб чиқариш усулини ўзлаштиришга хизмат қилади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Полиэтилен билан поливинилхлорид асосида нанотузилмали полимер аралашмаларнинг шаклланиш хусусиятлари, хоссалари ва тузилиши бўйича олинган илмий натижалар асосида:

икки хил ПВХ-пластикати қийин ёнувчи рецептлари асосида

«UZKABEL» АЖ ҚҚда 1 тонна миқдорда қийин ёнувчи ПВХ пластикатининг синов партияси ишлаб чиқарилди ва ушбу қийин ёнишга эга ПВХ пластикатини келгусида кенг кўламда ишлаб чиқарилишини «UZKABEL» АЖ ҚҚи ўзининг устувор йўналишларидан бири этиб белгилаган («UZKABEL» АЖ ҚҚининг 2021 йил 15 февральдаги № 2/15 – сон маълумотномаси). Натижада импорт ўрнини босувчи маҳаллий хомашёлар асосида янги қийин ёнувчи кабел қопламалари ишлаб чиқариш имконини берган;

поливинилхлорид пластикати эластиклиги ва қаттиқлигини ўзгартириш усулидан ПЗ-20170925290+ПЗ-2017092965+ПЗ-20170927395 рақамли «Маҳаллий хомашёлар асосида ионитлар олиш ва уларни саноат чиқиндирларидан рангли ва камёб металларни сорбциялашда қўллаш» мавзусидаги амалий лойиҳасида ПВХнинг термобарқарорлигини ва пластификацияланиш самарадорлигини оширишда фойдаланилган (Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлигининг 2021 йил 30 январдаги 89-03-577-сон маълумотномаси). Натижада юқори селективликка эга бўлган тикилган гелсимон ионитлар олиш жараёнини мукамаллаштириш имконини берган.

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

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши.** Диссертация мавзуси бўйича жами 10 та илмий ишлар чоп этилган, шулардан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг фалсафа докторлик (PhD) диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 4 та мақола, шу жумладан, 1 таси республика ва 3 таси хорижий журналларда нашр этилган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация кириш қисми, учта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхатидан иборат. Диссертация ҳажми 95 бетдан иборат.

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

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

Диссертациянинг «**Поливинилхлорид ва полиэтилен асосидаги полимер аралашмалар**» номли биринчи бобида полимер аралашмалардаги нанотузилмали морфологияни ишлаб чиқишнинг назарий асослари ва хорижий илмий нашрларда эълон қилинган суяқланмада ПВХ билан ПЭ асосидаги

аралашмани шакллантириш бўйича тажрибавий натижалар, полимер аралашмалар морфологияси ва термик хусусиятларини белгиловчи реакцияларнинг якуний маҳсулотлари ва аралашма компонентларининг деградацион жараёнлари, полимер аралашмаларнинг модел тизимлари ва уларнинг деформацион ҳолат хусусиятлари, полимер аралашмаларида нанотузилмаларни яратиш йўллари ва қўллашни чеклайдиган қўшимча омиллар, шунингдек уларни қўллаш кўламини кенгайтириш учун ПВХнинг эксплуатацион хусусиятларини кучайтиришга бағишланган адабиётлар шарҳи келтирилган.

Диссертациянинг «**Тадқиқот объекти ва усуллари**» номли иккинчи бобида тадқиқот объектларининг, Брабендер пластографида ва бир шнекли экструдерда (Plasticorder Brabender OHGDUISBURG (Germany)) қовушқоқ оқувчан ҳолатида ПВХ билан ПЭнинг пайвандланган сополимер шаклидаги компатибилизаторини синтез қилиш жараёнлари, таркибий қисмларни аралаштириш шартлари, полимерлар аралашмаси морфологиясини ўрганиш учун намуналарни тайёрлаш, (атом кучланишли микроскопида Agilent 5500), деформация хусусиятлари (узувчи машинаси Instron 3366 (USA)) ва термик хусусиятлари (Q500 [thermogravimetric analysis (TGA) simultaneous thermogravimetric analyzer]) тавсифланган.

Диссертациянинг «**ПВХ/ПЭ полимер аралашмаларининг морфологик, термик ва эластик мустаҳкамлик хусусиятлари**» номли учинчи бобида ПВХ билан ПЭ асосида олинган полимер аралашмаларининг морфологияси, термик, эластик мустаҳкамлик ва полимер аралашма ва унинг компоненталари асосида ёнғинга чидамли рецептлар олиш хоссалари, структураси ва хусусиятларини тадқиқ этишга бағишланган.

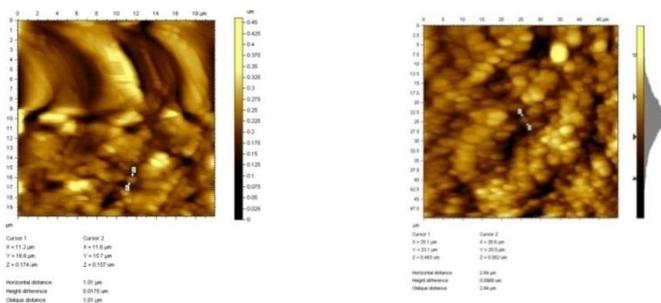
ПВХ матрицаси билан ПВХ/ПЭ аралашмасига компатибилизатор таъсири морфологиясини таҳлил қилишда қуйидаги кузатувларни қайд этиш жоиз.

ПВХ матрицали компатибилизаторсиз тизимлар учун ПЭ фазасининг миқдори ошгани сайин аралашманинг морфологияси юпқалашади, майда ПЭ зарралари бўлган соҳалар билан бир қаторда ҳар хил ўлчамдаги заррача агрегатлари учрайди.

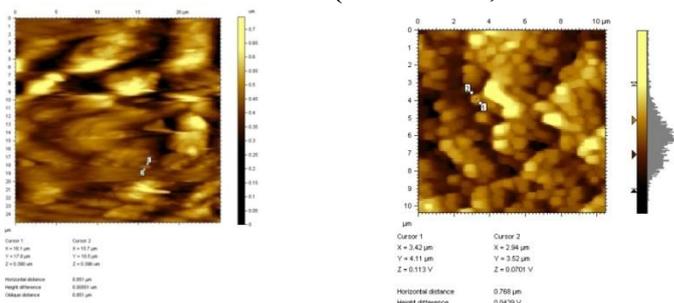
Компатибилизаторнинг киритилиши, шунингдек суюқланмада аралашма компоненталарининг аралаштириш тезлигининг оширилиши натижасида дисперсияга (300 нм гача) ва ПВХ матрицасида ПЭ дисперс фаза зарраларини агрегатларсиз текис тақсимланишига олиб келади.

Компатибилизаторнинг кичик концентрацияларида нанотузилмавий морфологиянинг шаклланиши, фазалараро чегарада ПЭ билан пайвандланган ПВХ сополимерининг ҳосил бўлиши туфайли компатибилизатор миқдорини қўшимча оптималлаштириш версиясини тасдиқлайди ва бу таъсир ПЭ таркибининг ошиши билан ортади.

Ушбу ҳолат энг кўп 50/50 мас.% (ПВХ/ПЭ) системада яққол кузатилди, компатибилизаторсиз аралашмалар морфологиясидаги фарқ деярли кўрилмади.



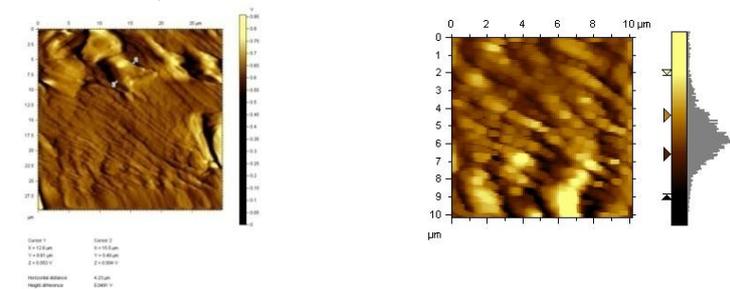
**а) 50 айл/мин                      б) 150 айл/мин**  
**ПВХ/ПЭ (95/5 мас.с.)**



**а) 50 айл/мин                      б) 150 айл/мин**  
**ПВХ/ПЭ/ХПЭ (95/5/15 мас.%)**

**Расм.1. ПВХ/ПЭ полимер аралашмалар морфологиясига компатибилизатор ва силжиш тезлиги таъсири**

ПЭ матрицали аралашмалар учун – морфология ривожланишининг динамикаси мутлақо бошқача.



**а) 50 айл/мин                      б) 150 айл/мин**

**Расм.2. ПЭ/ПВХ таркиби учун микрофотография (80/20 мас.%)**

Ўзаро кучсиз боғланган ПЭ - матрицали ва ПВХ заррачалари тўпланган соҳаларда майда сочилган морфологиянинг икки турини аниқ ажратиш мумкин. Сенергизм концепциясига мувофиқ, эластомерларни киритиш орқали (компоненталар қовушқоқлиги оптимал нисбатини таъминлаш учун) ПЭ матрицасини фазаларга ажралиши ва бир вақтнинг ўзида тикилиши (ПЭ тўрининг маълум зичлигини таъминлаш учун), тикилишни таъминловчи агентларни киритиш ҳисобига келгусидаги тадқиқотларда деформацион хусусиятларни ошириш муаммолари муваффақиятли ечилади.

ПВХ деградацияси дегидрохлорлаш жараёнида содир бўлади. Бошланиш босқич хлор атомининг ажралиши билан тавсифланади, асосан метилен гуруҳининг водород атоми билан реакцияга киришиб, тўйинмаган боғланишлар ҳосил қилади (макрорадикал ҳам ҳосил бўлади). Занжир хлор атомларининг рекомбинация реакцияси билан тугайди. ПВХнинг оксидланишли парчаланиш хусусиятлари гидропероксидларнинг ҳосил бўлиш вақтида гетеролитик

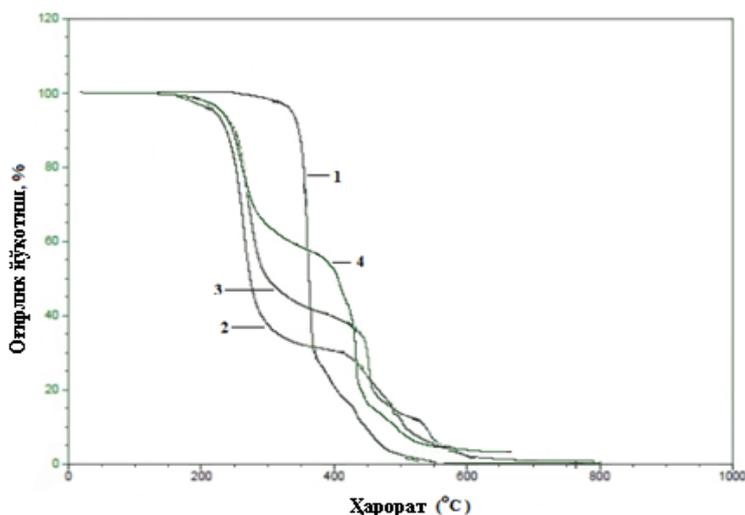
парчаланиши билан боғлиқ.

Полиэтиленнинг термик оксидеструкцияси дегидрогенланиш жараёни билан асосланган ва кислород мавжудлигига боғлиқ ҳолда макрозанжир узилиши ва уларнинг тикилишига олиб келувчи икки турдаги реакцияларнинг бир вақтда содир бўлиши мумкин.

Аралашма компонентлари деструкцияси натижасида ПВХ ва ПЭ микрорадикаллари рекомбинация реакцияси содир бўлади.

Дастлабки боскичда ПВХ дегидрохлорланиш, ПВХ макрозанжирларини молекулалараро ўзаро боғлаш ПВХ ва ПЭ микрорадикалларнинг реакцияси ўртасидаги рақобат иккинчисининг фойдасига; пайванд сополимери ҳосил бўлиб, ПВХ нинг иссиқлик барқарорлигини оширишга олиб келади.

Мазкур мулоҳазалардан келиб чиқиб 3-расм ва 1-жадвалда келтирилган ўрганилаётган полимер аралашмаларнинг термик таҳлили натижалари маълумотларини кўриб чиқамиз.



Расм. 3. ТГ-намуналар учун эгри чизиқ: ПЭ-1, ПВХ-2, ПВХ/ПЭ (80/20 мас.%) -3, ПЭ/ПВХ (80/20 мас.%) – 4.

3-расмдан кўриниб турибдики, ПВХ ва ПЭ декомпозицияси 60-65% масса йўқотилгунга қадар бир боскичда содир бўлади, ПЭ да мазкур жараён юқори тезлик билан ўтади. ПВХ га ПЭ нинг 20 % гача массаси киритилиши деградация жараёнини секинлаштиради.

1-жадвал

**ПВХ/ПЭ аралашмасининг термик хусусиятлари**

Номи (намуна таркиби, мас.%)	Ҳароратдан масса йўқотилиши, %				ПИ	КИ	Дисперс зарралари ўлчами
	Декомпозиция бошланғич ҳарорати Т <sub>н</sub> , °C (*)	5	10	20			
		Т, °C	Т, °C	Т, °C			
ПВХ	222,19 (4,62%)	222,0	244,0	259,8	0,100	0,775	-
ПВХ/ПЭ (80/20)	220,68 (3,06%)	239,5 6	256,3	270,3	0,028	0,633	2,5-5 мкм
ПВХ/ПЭ/ХПЭ	238,20	241,8	261,1	275,2	-	-	-

(80/20/5)	(4,24%)						
ПВХ/ПЭ/ПС (80/20/9)	237,91 (8,77%)	217,6	239,1	256,7	-	-	-
ПВХ/ПЭ (50/50)	206,57 (1,50%)	245,3	261,5	276,9	-	0,329	1,5-5мкм
ПВХ/ПЭ/ПС (50/50/3)	229,02 (2,12%)	252,2	262,2	278,6	-	-	-
ЛПЭНП	316,52 (2,43%)	337,4	345,5	354,5	0,118	-	-
ПЭ/ПВХ (90/10)	235,84 (0,99)	277,2	313,1	365,9	-	0,142	1-1,5 мкм
ПЭ/ПВХ(80/20)	229,77 (1,83%)	263,6	281,7	336,3	-	0,276	1,5-2 мкм
ПЭ/ПВХ/ХПЭ (80/20/5)	249,48 (2,44%)	265,8 9	231,7	354,5 4	-	-	-
ПЭ/ПВХ/ПС (80/20/6)	333,58 (3,84%)	336,3	351,3	359,1	-	-	300 нм

*Изоҳ* : ПВХ – ПВХ пластификацияланган 25 мас.% ДОФ; ПИ ва КИ – полиен ва карбонил индекслари аниқланди; (\*) қавсда масса йўқотилиши кўрсатилган, %  $T_n$ , °C ҳароратда.

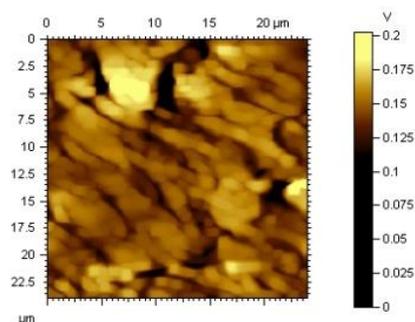
Юқорида таъкидлаб ўтилганидек, ПВХ ва ПЭ учун термик парчаланиш икки босқичда содир бўлади ва уларнинг полимер аралашмалари учун ПВХга хос бўлган дастлабки парчаланиш ҳарорати 220 °C бўлади, улар асосидаги полимер аралашмалар учун эса термик парчаланишни бир неча босқичларда кузатиш мумкин. Ҳароратнинг ҳолати ва кейинги ўтиш сони, аралашманинг дастлабки таркиби билан белгиланадиган ПВХ ва ПЭ макрорадикаллари орасидаги, реакция маҳсулотлари билан белгиланади.

Аралашманинг таркибий қисмларини турли хил парчаланиш механизмлари билан боғлиқ ҳолда, ПЭ матрицасида дисперс фаза шаклида ПВХ ва ПВХ матрицаси билан композиция учун маълумотларни алоҳида таҳлил қилиш мақсадга мувофиқдир. Ҳар бир босқич ПВХ ва ПЭ радикалларининг ҳосил бўлиши билан бирга боради ва уларнинг рекомбинация реакцияси туфайли пайванд сополимерлари ҳосил бўлиши билан тугайди.

ПЭ миқдори кам бўлганида (20 мас.% гача) ПВХнинг иссиқлик барқарорлиги дегидрохлорланиш ва ПВХнинг молекулалараро тикилиш жараёни билан таққослаганда қисқа ПЭ занжирлари билан пайванд сополимерининг шаклланиши туфайли ортади. Ушбу расм карбонил ва полиен индекслари қийматлари билан тасдиқланган бўлиб, улар таркибида 20 мас.% ПЭ масса йўқотиши мос равишда 18% ва 72% га камаяди (1-жадвал).

ПВХ/ПЭ 20/80 нисбатида деструкциянинг тўртинчи босқичи кузатилади, бунда ҳар бир навбатдаги босқич иссиқлик барқарорлиги ошиши ва пиролиз босқичининг массанинг кичик йўқотилиши томонга силжиши билан кузатилади (расм.3).

Таркибнинг тенг миқдорида иккита узлуксиз фазанинг бирга мавжудлиги кузатилади (4-расм), (ПВХ га нисбатан)  $T_n$  16 °C га камаяди,  $T_5$ ,  $T_{10}$  ва  $T_{20}$  эса мос равишда 23 °C, 17,5 °C ва 17,8 °C га ошади.



**Расм.4. ПВХ/ПЭ (50/50) АКМ  
микрофотографияси**

Полимер аралашмасига компатибилизатор киритилганда ПВХ ва дастлабки полимер аралашмасига нисбатан термобарқарорлиги кучаяди ва хлорли ПЭ ҳолатида у анча самаралироқ бўлади. Ушбу таъсир полимер-полимер аралашмаси ҳосил бўлиши пайтида ПВХ ва ПЭ нинг пайвандланган сополимери шаклидаги компатибилизатор фазалараро чегарага чиқади ва умуман, аралашманинг таркибий қисмларининг термик парчаланишининг умумий кўриниши деярли ўзгармайди. Хлорли полиетилен шаклидаги компатибилизаторли композицияда, компатибилизаторнинг термик парчаланиши пайтида ҳосил бўлган макрорадикаллар матрицада ПВХ ва ПЭнинг кўшимча пайвандли сополимерларини ҳосил қилиши мумкин, бу эса кўпроқ миқдорда пайванд сополимерининг ҳосил бўлишига ёрдам беради ва шунга мос равишда композициянинг термик стабиллашишига ёрдам беради. Ушбу эффект аралашмада ПЭ концентрациясининг ошиши билан янада аниқроқ бўлади (1-жадвал).

Полимерларни аралаштириш полимер материалларининг эластик-мустаҳкамлик хусусиятларини оширишнинг самарали усулларида биридир. Аммо, молекуляр даражада полимер жуфтларининг номойиллиги сабабли, аънанавий аралаштириш аралашманинг кўпол морфологиясини ривожланишига ва фазараро адгезиянинг ёмонлашишига олиб келади. Ушбу муаммо морфологиянинг бошқариладиган ривожланиши ва полимер аралашмаси компоненталари орасидаги фазалараро таранглик кучининг камайиши билан муваффақиятли ҳал қилинди.

Турли морфологияга эга бундай тизимларнинг деформация механизми тўғрисидаги маълумотнинг йўқлиги аралашма таркиби вариациясида компатибилизатор таъсири самарадорлигини аниқлашни қийинлаштиради.

Шу сабабли тадқиқот ишида икки турдаги компатибилизатор иштирокидаги ПВХ/ПЭ полимер аралашмаларнинг турли олиниш усулларидаги эластик-мустаҳкамлик хусусиятлари тадқиқ қилинган.

Кўп компонентли полимер тизимлар деформацион ҳолати адабиётларда яхши ўрганилган.

Кўриб чиқилган ПВХ/ПЭ аралашмаси, аралашманинг таркибига қараб, икки хил тизим, ортиқча ПЭ - фазаси бўлган қаттиқ кўшимчалар билан эластик матрица ва аксинча, таркибида ПВХ - фазали юқори бўлган эластик тўлдирувчи зарралари билан қаттиқ матрица. Дисперс фазанинг каучуксимон зарралари билан мўрт матрица шаклидаги тизимлар батафсил ўрганилди.

Аралашмада, компатибилизатор ва компатибилизаторсиз Брабендер

пластографиди олинган, ПВХ/ПЭ полимер аралашмалари учун  $\sigma - \epsilon$  эгри чизиқларини кўриб чиқайлик, аралашма суюқланмасини аралаштириш тезлик вариациясини 50 ва 150 айл/минда ўзгартирган ҳолда. Хлорли полиэтилен ва ПВХ билан полиэтилен пайвандланган сополимери компатибилизатор сифатида танланган; компатибилизатор миқдорининг концентрациясини 5-15% гача ўзгартирган ҳолда.

Аралаштириш тезлиги ўзгарганда (50 ва 150 айл/мин) бошланғич компонентларнинг  $\sigma - \epsilon$  эгри чизиқлари шакли ўзгармайди, ПЭ учун  $E$ ,  $\sigma_t$  ва  $\epsilon_p$  параметрлари ўлчов хатоликларида деярли бир хил, ПВХ эса юмшатишни намойиш этади, эластиклик модули ва оқувчанлик чегарасидаги кучланиш қийматлари сезиларли даражада пасаяди (2-жадвал). Эҳтимол, аралашманинг аралаштириш тезлигининг ошиши ПВХни диоктил фталат билан пластиклаштириш жараёнини оптималлаштиради.

2-жадвал

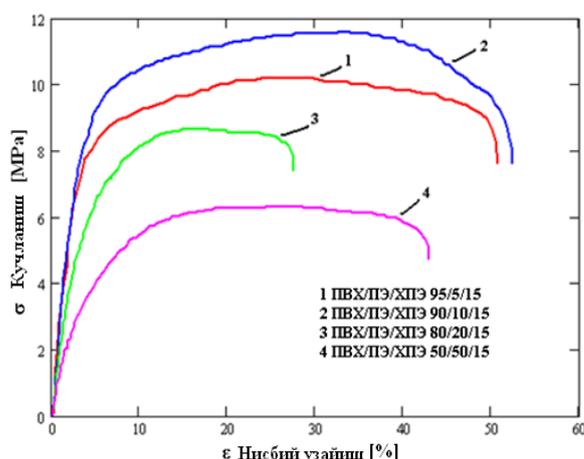
Намуна номи	$\sigma$ Оқувчанлик чегарасидаги кучланиш [МПа]	$\epsilon$ Узилишдаги нисбий узайиш [%]	$E$ Юнг модули, [МПа]
<b>50 айл/мин</b>			
ПЭ	12,59 ± 1,71	540,78 ± 11,07	89,03 ± 4,43
ПВХ	26,21 ± 0,41	122,21 ± 12,02	273,39 ± 6,06
ПВХ/ПЭ 95/5	14,36 ± 0,70	67,53 ± 2,45	287,1 ± 10,30
ПВХ/ПЭ 80/20	8,72 ± 0,10	15,71 ± 0,54	254,7 ± 3,49
ПВХ/ПЭ 50/50	8,09 ± 0,21	16,45 ± 0,83	235,3 ± 1,54
<b>150 айл/мин</b>			
ПЭ	11,83±0,05	600,99±38,18	97,99±1,12
ПВХ	23,14±0,14	112,54±7,66	132,81±16,07
ПВХ/ПЭ 95/5	11,58±0,46	69,66±7,60	164,99±2,14
ПВХ/ПЭ 80/20	-	11,66±0,16	238,39±3,77
ПВХ/ПЭ 50/50	9,49±0,22	38,36±1,44	121,94±3,46

ПВХ – матрицали композициянинг механик ҳолатининг куйидаги хусусиятлари аниқланган (аралаштириш шарт – 50 айл/мин).

Аралашмада ПЭ таркибининг ошиши билан  $\sigma_t$  26 МПа дан 10 МПа гача,  $\epsilon_p$  122% дан 15% гача пасаяди. Хлорли полиэтилен (ХПЭ) кўринишидаги компатибилизаторни 5-15 мас.% оралиғида турли хил ПЭ таркибидаги композицияларга киритиш.  $\sigma - \epsilon$  эгри чизиқлари ва  $\sigma_t$  ва  $\epsilon_p$  қийматларига сезиларли таъсир қилади. ХПЭ киритилганда деярли барча ПВХ/ПЭ композициялари учун матрица ва дисперс фаза ўртасида таъсирни қайта тақсимлаш таъсири кузатилади, бу ХПЭ  $\sigma - \epsilon$  эгри чизигининг ўзгариши билан ифодаланади.

ПВХ/ПЭ композициялари учун  $\sigma - \epsilon$  эгри чизиқларини таққослаш 95/5, 90/10, 80/20, 50/50, мас.% га ХПЭ 15 мас.% ни киритиш билан компатибилизаторсиз аралашмалар билан таққослаганда фазалараро адгезиянинг кучайишини кўрсатади - бу ташқи кучланиш ва ориентацияланган тартибдан мустақил равишда деформация босқичининг пайдо бўлиши, бу қўлланиладиган таъсирнинг маълум даражада ошишини талаб қилади (5-расм).

Ушбу жараёнлар ПВХ/ПЭ 95/5 ва 50/50 мас.% композициялари учун ХПЭ миқдори 5 мас.% яна ҳам аниқдир.



**Расм.5.  $\sigma - \epsilon$  эгри чизиғи:**  
 1 – ПВХ/ПЭ/ХПЭ (95/5/15 мас.%);  
 2 – ПВХ/ПЭ/ХПЭ (90/10/15 мас.%);  
 3 – ПВХ/ПЭ/ХПЭ (80/20/15 мас.%);  
 4 – ПВХ/ПЭ/ХПЭ (50/50/15 мас.%).

Компонентлар аралаштириш жараёнининг интенсификацияси (150 айл/мин)  $\sigma - \epsilon$  эгри чизиғини сезиларли ўзгартиради (А типдаги эгри чизиқлар В типга трансформацияланади). Оқувчанлик чегарасига чиққандан кейин кучланиш кескин пасайиб кетади, намунада «бўйин» ҳосил бўлади ва узилиш билан яқунланади.

Фазалараро адгезия кучайиши компатибилизатор таркиби ошган сари ПВХ/ПЭ барча таркиблари учун  $\epsilon_r$  ошиши билан кузатилади (жадвал 3).

3-жадвал.

**Эластиклик-муштаҳкамлик хусусиятларига аралашма таркибининг таъсири.**

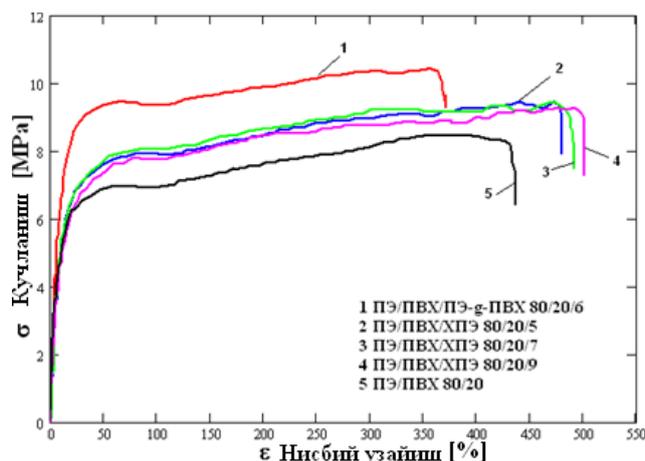
Намуна номи	$\sigma$ Оқувчанлик чегарасидаги кучланиш [МПа]	$\epsilon$ Узилишдаги нисбий узайиш [%]	E Юнг модули, [МПа]
ПВХ/ПЭ (95/5)	14,36 ± 0,70	67,53 ± 2,45	287,1 ± 10,30
ПВХ/ПЭ/ХПЭ (95/5/5)	14,71 ± 0,67	84,35 ± 9,54	359,7 ± 4,03
ПВХ/ПЭ/ХПЭ (95/5/10)	12,79 ± 1,32	77,28 ± 16,41	355,3 ± 24,58
ПВХ/ПЭ/ХПЭ (95/5/15)	10,17 ± 1,29	75,33 ± 10,97	368,5 ± 34,32
ПВХ/ПЭ (90/10)	10,32 ± 0,78	31,07 ± 2,12	315,8 ± 4,94
ПВХ/ПЭ/ХПЭ (90/10/5)	9,93 ± 0,71	32,65 ± 1,76	316,7 ± 8,11
ПВХ/ПЭ/ХПЭ (90/10/10)	10,64 ± 1,27	35,28 ± 3,74	351,9 ± 14,28
ПВХ/ПЭ/ХПЭ (90/10/15)	9,87 ± 0,96	53,35 ± 0,49	329,9 ± 20,11
ПВХ/ПЭ (80/20)	8,72 ± 0,10	15,71 ± 0,54	254,7 ± 3,49
ПВХ/ПЭ/ХПЭ (80/20/5)	10,06 ± 0,48	19,48 ± 1,19	282,9 ± 8,17
ПВХ/ПЭ/ХПЭ (80/20/10)	9,37 ± 0,20	26,84 ± 1,26	262,8 ± 5,61
ПВХ/ПЭ/ ХПЭ (80/20/15)	8,71 ± 0,16	30,65 ± 0,55	259,1 ± 6,66
ПВХ/ПЭ/ ПС (80/20/9)	5,67±0,01	78,81±1,88	24,9±0,51
ПВХ/ПЭ (50/50)	8,09 ± 0,21	16,45 ± 0,83	235,3 ± 1,54
ПВХ/ПЭ/ ХПЭ (50/50/5)	6,96 ± 0,35	38,78 ± 3,53	146,1 ± 2,30
ПВХ/ПЭ/ХПЭ (50/50/15)	7,38 ± 0,71	42,56 ± 1,43	165,5 ± 23,71
ПВХ/ПЭ/ПС (50/50/3)	8,35±0,51	22,13±1,11	214,61±5,09

ПВХ/ПЭ таркиби 95/5 мас.% билан хлорли ПЭ (5мас.%) фазалараро адгезияни яхши намоён этади ва  $\sigma - \epsilon$  эгри чизиқларида оқувчанлик бошланишининг коалесценцияларини ва ориентацион тартибланиш босқичини

микроёриқларнинг бирлашуви секинлашган жараёни билан акс эттиради ва деформацияга ёрдам беради, вақтинчалик босқичда юқори кучланиш кўрсаткичи ва узилишдаги нисбий узайиш (100% дан ортиқ). Худди шундай ҳолат ПВХ/ПЭ 50/50 мас.% билан ХПЭ 5 мас.% таркиби учун ҳам кузатилган, лекин оқувчанлик босқичига кўтарилганда кучланиш сезиларли даражада паст қийматга эга бўлади. Ушбу натижа фазалараро чегарадаги компатибилизаторнинг чекланган миқдорини ва фазалар орасидаги кучсиз адгезияни кўрсатади. Ушбу ҳолат фазалараро чегарада микроёриқларни кўпайтириш учун зарур бўлган кучланишни сезиларли даражада пасайтиради.

ПЭ нинг миқдори  $5 \div 20$  мас.%да бу эффект ПВХ/ПЭ 95/5 мас.% учун яққол намоён бўлади, улар учун  $\epsilon_r$  нинг ўсиши 20% дан ошади. ПВХ/ПЭ 50/50 мас.% билан ХПЭ 15 мас.% таркиби учун  $\epsilon_r$  нинг қиймати икки барабар ортиши билан аралашма морфологиясида мавжуд бўлган икки узлуксиз фаза шаклида кузатилмоқда (рис. 5).

ПЭ матрицали аралашмалар учун  $\sigma - \epsilon$  эгри чизиғининг мутлақо бошқа ҳолати кузатилади, яъни хлорли ПЭ ёки ПВХ/ПЭ пайванд сополимери шаклидаги компатибилизатор киритилганда ҳам сезиларли ўзгаришларга учрайди (расм. 6.).



**Расм. 6.  $\sigma - \epsilon$  эгри чизиғи:**  
**1 – ПЭ/ПВХ/ПЭ-g-ПВХ (80/20/6 мас.%);**  
**2 – ПЭ/ПВХ/ ХПЭ (80/20/5 мас.%);** 3 –  
**ПЭ/ПВХ/ХПЭ (80/20/7 мас.%);**  
**4 – ПЭ/ПВХ/ХПЭ (80/20/9 мас.%);**  
**5 – ПЭ/ПВХ (80/20 мас.%).**

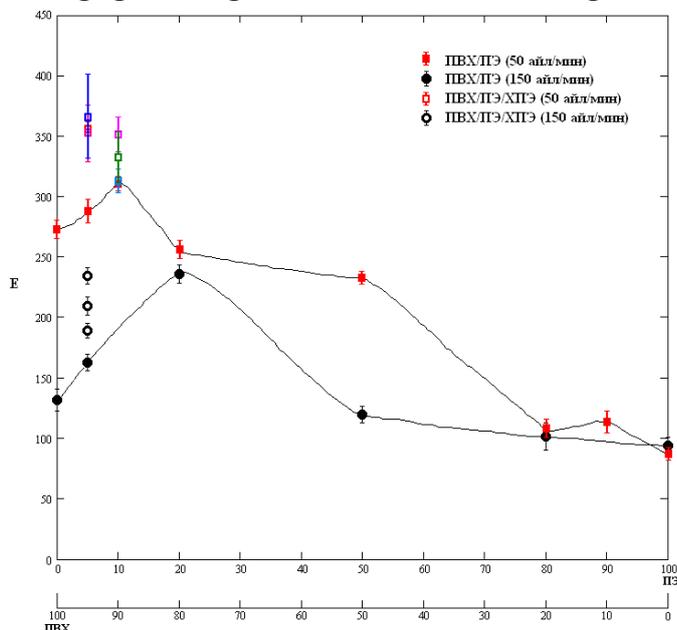
ПВХ учун  $\sigma - \epsilon$  эгри чизиқларини ва полиэтилен матрица билан аралашманинг таркибини таққослаш (дисперс фазанинг миқдори 20 мас.%) бу тизимларнинг деформация жараёнларида сезиларли фарқни кўрсатади. Биринчи ҳолда, катастрофик равишда ( $\epsilon_r$  қиймати 15% ташкил этади) дарҳол оқувчанлик босқичига етганидан сўнг дарҳол аралашмали намунада узилиш кузатилади (микроёриқларнинг катта миқёсда шаклланиши туфайли, дисперс фаза зарралари ўлчамига ва уларни бир вақтнинг ўзида матрица ажралиши). Полиэтилен матрицали аралашма учун  $\sigma - \epsilon$  эгри чизиқлари юқорида кўрсатилган деформациянинг барча босқичларини ўз ичига олади, деформация оралиғи қўлланиладиган кучланишдан мустақил равишда 50-100% ни ташкил қилади ва кейинчалик таъсирнинг деформация қиймати 400 % га ошади.

Фақат етарли даражада фазалараро адгезиянинг мавжудлиги фазлараро чегарада микроёриқларнинг кенг кўламли коалесценцияси ориентацияланиш жараёнининг кенгайтирилган зонасини таъминлаши мумкин. Кўриб чиқиладиган тизимнинг бундай хусусиятининг сабаби, бизнинг фикримизча,

хлорли полиэтилен ва ПВХ билан ПЭ нинг пайвандли сополимерининг маълум миқдорда ҳосил бўлишига боғлиқ, чунки ПВХ дегидрохлорланиш жараёнида полиэтилен макрорадикаллар таъсирида хлор атомларини ушлаб қолади.

Компонентларни аралаштириш жараёнида ХПЭ 5 дан 9 мас.% гача махсус киритилиши  $\sigma - \epsilon$  эгри чизиклари шаклини деярли ўзгартирмайди  $\sigma_T$  нинг юқори деформация қийматларига ўтиши, ориентацион жараёнлар босқичида номинал кучланиш қийматининг максимал ошиши бундан мустасно, полиэтилен матрицаси ва  $\epsilon_p$  нинг сезиларли ўсиши 500% дан ортиқ. Ушбу факторлар ХПЭ киритилиши ва шакиллантириш, оптимал концентрация сабабли фазалараро адгезия кучайишини кўрсатди. Худди шу консентрацияли пайвандли сополимер шаклида компатибилизаторнинг киритилиши фазалараро адгезияни кўшимча кучайтирди, бу максимал  $\sigma_T$  нинг 50% деформацияга (ПЭ соҳасида 100%) ва кучланишнинг ўзи 9,5 МПа (ПЭ учун 8,0 МПа). ХПЭ ва пайвандли сополимерни кучайтириш самарасидаги фарқ, эҳтимол, фазалараро чегарадаги компатибилизаторнинг турли хил локализацияси билан боғлиқ. Кўриниб турибдики, пайвандли сополимер тузилманинг аралаш полимерлари билан ўхшашлиги сабабли, фазалараро чегарада аниқ жойлаштирилган, ХПЭ эса полиэтилен матрица яқинида жойлашишга интилади.

(7-расм) дан кўриниб турибдики, эластик модулларнинг ҳар иккала аралаштириш тезлигида аралашма таркибига боғлиқлиги ПВХ таркибидаги кам ПЭ концентрацияси қисмида максимал қийматга эга. ПВХ ва ПЭ компонентларининг нисбатларини ҳисобга олган ҳолда аралашмада Е нинг қийматлари эластик модулларнинг аддитивлик тўғри чизиғидан (узук чизиклар) юқорида жойлашган. Эҳтимол, эластик модулнинг ўсиши маълум даражада фазалараро чегарада компатибилизатор таъсири мавжудлиги билан боғлиқ.



**Расм.7. Турли таркибли ПВХ/ПЭ аралашмалари эластиклик модулига аралаштириш тезлиги вариацияси ва ХПЭ таъсирининг боғлиқлиги**

Композитларнинг компатибилизациялашда эластиклик модулини энг юқори кўрсаткичи ПЭ фазасини 5 мас.% миқдорда киритилганда кузатилади, кейин ПЭ таркибининг ошиши билан бу кўрсаткич камайиб боради ва 50/50 мас.% композициялар учун деярли билинмас даражада етади. ПВХ - матрицада ПЭ миқдоридаги ўзгариш билан аралашманинг морфологияси қуйидагича

ривожланади. Кам миқдордаги ПЭ таркибида (20 мас.% гача), аралашманинг морфологияси озгина тикилган ПЭ нинг аралашган зарралари билан узлуксиз ПВХ матричасига ўхшайди, бу ПЭ миқдорининг 20 мас.% дан ошганда ПВХ фазасининг тутиб қолинган доменлари билан тикилиш даражасининг зичлиги ошиб бориши натижасида, ПЭ турини шаклланишига олиб келади. Яъни, фазалараро таранглик кучини камайтириш, дисперсияланган ва дисперс фаза зарраларини барқарорлашга ёрдам беришда, компатибилизаторнинг асосий функциясининг таъсири, ПЭ миқдорининг ошиши билан камаяди. (7-расм)дан, ПЭнинг кам миқдордаги соҳасида, ХПЭ шаклидаги компатибилизатор киритилганда барча композициялар юқори эластиклик модулларга эга эканлиги кўриниб турибди.

Икки турдаги компатибилизаторнинг фазалараро адгезияни ошириш самарадорлигини таққослаш ПЭнинг 5 мас.% миқдорида, пайвандли сополимерни киритилиши ҳисобига рўй беради бу ҳол 50/50 мас.%даги композиция учун ҳам кузатилди (3-жадвал).

Диссертациянинг «**Полимер аралашмаларининг ёнғинга чидамлилигини тадқиқ этиш**» номли учинчи бобида органик фосфат билан н-диоктилфталатнинг 1:10% гача бўлган нисбатида ПВХ-пластикатининг ёнишини тўхтатиш учун самарали эканлиги аниқланди. Шу билан бирга, ёнғинга чидамли композицияларнинг тутун ҳосил қилиш қийматлари қийин ёнувчан ПВХ пластикати учун стандартларда белгиланганидан бир оз паст эканлиги аниқланди.

## ХУЛОСА

«Полиэтилен билан поливинилхлорид асосида нанотузилмали полимер аралашмаларнинг шаклланиш хусусиятлари, хоссалари ва тузилиши.» мавзусида фалсафа доктори (PhD) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижасида қуйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Илк бор, ПВХ билан ПЭ полимер аралашмалари морфологияси шаклланишининг мураккаб табиати аниқланди. Компатибилизаторсиз ПВХ матрицали тизимлар учун ПЭ дисперс фазали заррачаларнинг бир - биридан тарқоқ ва турли улчамдаги агрегатлардан иборат эканлиги кузатилди. ПЭнинг дисперс фазаси заррачалари ўлчами (2–5 мкм) ни ташкил этади. Компатибилизаторнинг киритилиши ва аралаштириш тезлигининг оширилиши, ПЭ дисперс фазали заррачаларнинг янада майдалашиши (300нм гача) ва заррачаларнинг бир текис тақсиланишига олиб келди. ПВХ билан ПЭ пайвандли сополимерини шакллантириш ҳисобига компатибилизатор миқдорини оптималлаштириш эффективлиги аниқланди.

2. Илк бор, тикилишни таъминловчи агент киритилмасдан ПЭ матричасининг фазавий дисперсияси ва бир вақтнинг ўзида тикилиш синергизм концепсияси тасдиқланди. ПЭ матрицали тизимлар учун аралашма морфологияси аниқ икки турда ПЭ матричасига тикилиш кучсиз бўлган жойларда ингичка зарралар (ПВХ зарраларининг тўда шаклида бирлашганлиги туфайли) ва ПВХ –фазаси зарраларининг агрегатлари кўринишида намоён

бўлиши кузатилди.

3. ПВХ/ПЭ аралашмалари учун кўп босқичли термик парчаланиш хусусиятлари топилди, ушбу босқичлар ўзаро қарама-қарши, ПВХ ва ПЭ макрорадикаллари рекомбинация реакциялари ҳисобига ҳосил бўлган, пайвандли сополимер ва индивидуал компонентлар парчаланиш жараёнларига боғлиқдир. ПЭ миқдори (20мас.% гача) кам бўлган аралашмаларга хлорли ПЭ кўринишидаги компатибилизатор киритилиши ПВХ нинг термобарқарорлигини сезиларли даражада ошириши маълум бўлди.

4. Аралашма компоненталарининг номойиллиги туфайли ПЭ фазаси миқдори ошгани сайин, оқувчанлик чегараси ва узилишдаги нисбий узайиш пасайиши кузатилди. Компатибилизаторнинг киритилиши (5-15мас.%)  $\sigma - \epsilon$  эгри чизигини сезиларли даражада ўзгартиради (барча деформация зоналарининг мавжудлиги тартибли ориентация босқичида қўлланиладиган кучланишнинг ўсиб бориши), бу фазалараро адгезиянинг кучайганлигидан далолат беради. Фазалараро адгезияни кучайтириш эффективлигини таққослаш, фаза чегарасидаги локализацияни оптималлаштириш тенг миқдорларни ўз ичига олган ПВХ/ПЭ пайвандли сополимерининг фойдасига шаклланади. Шу каби маълумотлар ПЭ матрицали аралашмалар учун ҳам олинган.

5. Аралаштириш тезлиги ошиши билан ПВХнинг диоктилфталат билан пластификацияланиш эффективлиги аниқланди, бу эса эластиклик модулининг пасайишига ва оқувчанлик чегарасидаги кучланиш билан ифодаланади. Эластиклик модулининг аралашманинг таркибига боғлиқлигининг экстримал табиати ПЭ фазанинг кичик концентрацияли (15мас.% гача) қисмида максимал икки хил аралаштириш тезлигида олиб борилди, аралашмаларнинг эластиклик модули қийматлари ушбу кўрсаткичнинг тўғридан – тўғри аддитивлигидан юқори жойлашган бўлиб аралашманинг таркибий қисмлари нисбатларини ҳисобга олади. Бу шубҳасиз фазалараро адгезиянинг кучайишига олиб келади.

6. ПВХ матрицали композициялар асосида ёнғинга чидамли рецептлар ишлаб чиқилди. Органик фосфат ва н-диотилфталатнинг 1:10 мас.% нисбатлари ПВХ – пластикати учун ёнғиндан алангаланишни тўхтатиш учун самарали эканлиги кўрсатилди. Шу билан бирга, ёнғинга чидамли композицияларнинг тутун ҳосил қилиш қийматлари қийин ёнувчан ПВХ пластикати учун стандартларда белгиланганидан бир оз паст эканлиги аниқланди, бу каби маълумотлар полимер аралашмалари учун ҳам мавжуд.

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

---

**ИНСТИТУТ ХИМИИ И ФИЗИКИ ПОЛИМЕРОВ**

**ХАКБЕРДИЕВ ЭЛШОД ОЛМОСОВИЧ**

**ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ, СТРУКТУРА И СВОЙСТВА  
НАНОСТРУКТУРНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ СМЕСЕЙ  
ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА С ПОЛИЭТИЛЕНОМ**

**01.04.06 – Физика полимеров  
02.00.12 – Нанохимия, нанофизика, нанотехнология**

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)  
ПО ФИЗИКО – МАТЕМАТИЧЕСКИМ НАУКАМ**

**Ташкент-2021**

**Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирован в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за В2020.2.PhD/FM472.**

Диссертация выполнена в Институте химии и физики полимеров

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

<b>Научный руководитель:</b>	<b>Ашуров Нигмат Рустамович</b> доктор технических наук, профессор
<b>Официальные оппоненты:</b>	<b>Холмунинов Абдулфатто Ахадович</b> доктор физико-математических наук, профессор <b>Рискулов Алимжон Ахмаджанович</b> доктор технических наук, профессор
<b>Ведущая организация:</b>	<b>Государственном унитарном предприятии</b> <b>«Фан ва тараккиёт»</b>

Защита диссертации состоится «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. в \_\_\_\_\_ часов на заседании Научного совета DSc.02/30.12.K/FM/T.36.01 при Институте химии и физики полимеров по адресу: 100128, г.Ташкент, ул. Абдулла Кадыри,7<sup>б</sup>. Тел. (99871) 241-85-94; факс: (99871) 241-26-61, e-mail: polymer@academy.uz.

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Института химии и физики полимеров за №\_\_\_\_\_(Адрес: 100128, г. Ташкент, ул. Абдулла Кадыри 7<sup>б</sup>,Тел. (99871) 241-85-94)

Автореферат диссертации разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_года.  
(протокол рассылки № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_ года).

**С.Ш. Рашидова**  
Председатель разового Научного совета по присуждению  
учёной степени, д.т.н., профессор, академик

**А.А. Атаханов**  
Учёный секретарь разового Научного совета  
По присуждению ученой степени,  
д.т.н., старший научный сотрудник

**С.С. Негматов**  
Председатель разового научного семинара при  
Научном совете по присуждению  
ученых степеней, д.т.н., профессор, академик

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

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мире с расширением области применения полимерных материалов повышаются и требования к их эксплуатационным свойствам. В частности, к таким требованиям относятся устойчивость к ультрафиолетовому излучению, термическая стабильность, ударопрочность и другие свойства. Особое интерес представляют новые композиционные полимерные материалы - наноструктурированные полимерных смесей со специальными свойствами, соответствующие таким требованиям.

Сегодня в мире активно ведутся научные исследования по созданию наноструктурных полимер-полимерных смесей, изучению их физико-химических свойств и производству новых видов композиционных полимерных материалов на их основе. В связи с этим важной задачей является получение полимерных композиций с наноструктурной морфологией на основе поливинилхлорида и полиэтилена, обладающих высокой термической стабильностью, упругостью и огнестойкостью.

В Республике проводятся широкомасштабные мероприятия по созданию конкурентоспособной полимерной продукции на основе местного сырья и поддержке отечественных производителей, где особое внимание уделяется вопросам создания импортозамещающей и экспортоориентированной продукции. В Стратегии действия по дальнейшему развитию Республики Узбекистан<sup>1</sup> намечены задачи по «...производству готовой продукции с высокой добавленной стоимостью на базе глубокой переработки местных сырьевых ресурсов...». В этой связи особенно важны научные и практические исследования, направленные на управление методами формирования наноструктурированных полимерных смесей на основе поливинилхлорида и полиэтилена, улучшение их свойств и расширение области применения.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, поставленных Указом Президента Республики Узбекистан № УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан» и Постановлениями Президента Республики Узбекистан №ПП-3246 от 29 августа 2017 года «О мерах по совершенствованию экспортно-импортной деятельности организаций химической промышленности», №ПП-3983 от 25 октября 2018 года «О мерах по усиленному развитию химической промышленности в Республике Узбекистан», №ПП-5032 от 19 марта 2021 года «О мерах по повышению качества образования и совершенствованию научных исследований в области физики» а также другими нормативно-правовыми документами, принятыми в данной сфере.

**Соответствие исследования с приоритетными направлениями развития науки и технологии в Республике.** Данное исследование выполнено

---

<sup>1</sup>Указ Президента Республики Узбекистан УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан»

в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий в республике: VII. «Химические технологии и нанотехнологии».

**Степень изученности проблемы.** Во многих странах мира проводятся научные исследования по изучению особых свойств композиционных материалов, полученных на основе смесей полимеров, и их применения на практике. Многие из опубликованных статей посвящены возможностям получения наноструктурных полимер-полимерных смесей, а также роли и значению в этих процессах компатибилизаторов. В развитие научного направления по изучению механизмов образования наноструктур в смесях полимеров на основе их теоретических подходов к основным стадиям ряд научных школ K.Nilson, G.I. Taylor, G.Groeninckx, C.Macosko, S. Wu, H.A. Платэ, Н.С. Ениколопову, Ю.С. Липатову, Ал.Ал. Берлину внесли значительный вклад. В исследованиях C.Harrats, N.Sombatsompop, C.Thongpin, Z. Fang, B.D. Favis, H.P. Grace, A.N. Wilkinson, К.С. Минскер и других ученых было показано, что компатибилизатор играет важную роль в формировании морфологии наноструктур в полимерных смесях на основе поливинилхлорида (ПВХ) и полиэтилена (ПЭ). В нашей республике С.Ш. Рашидова, М.А. Аскарров, С.С. Негматов, А.Т. Джалилов, Н.Р. Ашуров и другие своими исследованиями также внесли заметный вклад в решение проблем этой области.

До настоящей работы в литературе обнаружено мало исследований, посвященных выявлению трудноконтролируемых реакции между компонентами смеси (процессы деградации и сшивание макроцепей) на формирование морфологии. Поиски путей формирования наноструктур на основе ПВХ и ПЭ, открывает перспективы получения композиционных материалов с высокими эксплуатационными свойствами.

**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в соответствии с научно-исследовательскими планами Института химии и физики полимеров по государственным грантам: ФА-ФЗ-Т-100 «Наноструктуры в полимерах. Пути создания и закономерности их проявления в специальных свойствах материалов» (2008-2011 гг.); ОТА-А-12002-003. Часть I «Разработка технологии получения нанополимерных смесей на основе полиэтилена (ШГХК) и поливинилхлорида» (2017-2018 гг.).

**Целью исследования** является поиск путей формирования наноструктурных полимерных смесей поливинилхлорида и линейного сополимера этилена с бутеном-1(ПЭ) в условиях, осложненных реакциями компонентов смеси и выявление корреляционных зависимостей особенностей структуры с упруго – прочностными характеристиками.

**Задачи исследования:**

создание полимерных смесей ПВХ с ПЭ различных составов без и в присутствии двух типов компатибилизаторов (К), привитого сополимера (ПС) ПВХ/ПЭ и хлорированного полиэтилена (ХПЭ);

исследование особенностей морфологии полимерных смесей;

исследования термических характеристик полимерных смесей;  
установление закономерностей деформационного поведения и разрушения полимерных смесей;

выявление корреляционных зависимостей структурных параметров с упруго – прочностными характеристиками полимерных смесей.

разработка огнестойких рецептур на основе компонентов смеси и полимерных смесей для изоляции кабельной продукции.

**Объектами исследования** являются поливинилхлорид, линейный сополимер этилена с бутеном-1, пластификатор диоктилфталат, привитой сополимер ПВХ/ПЭ, хлорированный полиэтилен и полимерные смеси ПВХ с ПЭ.

**Предмет исследований** – изучение процесса формирования полимерных смесей в расплаве, термического поведения, особенностей формирования морфологии полимерных смесей, выявление закономерностей деформационного поведения и корреляционных зависимостей структурных параметров с конечными эксплуатационными характеристиками, создание огнестойких рецептур.

**Методы исследования.** При проведении исследований использованы химические, физические и физико-химические методы исследования структуры и свойств полученных материалов. В числе таких методов: электронная микроскопия, инфракрасная спектроскопия, термогравиметрия и дифференциальная сканирующая калориметрия, а также методы определения модуля упругости при растяжении, стойкости к горению, кислородного индекса, коэффициента дымообразования, показателя текучести расплава и другие.

**Научная новизна диссертационного исследования** заключается в следующем:

впервые показана принципиальная возможность формирования наноструктурной морфологии в смесях поливинилхлорида с линейным сополимером этилена с бутеном-1 с размерами частиц дисперсной фазы в интервале сотен нанометров в присутствии двух типов К.

установлены особенности термического разложения полимерных смесей, многоступенчатый характер этого процесса обусловлен последовательностью дегидрохлорирования ПВХ, дегидрирования полиэтилена, рекомбинацией макрорадикалов компонентов смеси с образованием привитого сополимера. Выявлено что привитой сополимер и хлорированный полиэтилен способствуют повышению термостабильности ПВХ.

обнаружен эффект трансформации кривых  $\sigma - \epsilon$ , а именно, усиление межфазной адгезии (МА) в присутствии К приводит к расширению зоны ориентационного упорядочения. При этом, эффективность ПС ПВХ/ПЭ, благодаря оптимальной локализации на границе раздела фаз, более предпочтительнее.

выявлена экстремальная зависимость модуля упругости (Е) для полимерных смесей с малым содержанием ПЭ - фазы, для

компатибилизированных смесей благодаря межфазному усилению, величины  $E$  располагаются значительно выше аддитивной кривой.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

разработаны две рецептуры трудногорючих композиций на основе поливинилхлоридного пластика и полимерных смесей ПВХ/ПЭ с варьируемыми характеристиками эластичности, потенциально пригодных для изоляции кабельной продукции.

разработаны рецептуры огнестойких композиций на основе композиций с ПВХ-матрицей. Показано, что соотношение 1:10 мас.% органического фосфата с *n*-диоктилфталатом (ДОФ) является эффективным для подавления горючести ПВХ-пластиката.

выявлены принципиальные возможности усиления термических характеристик ПВХ при малых содержаниях полиэтилена (до 20% масс.)

установлены условия эффективного распределения пластификатора в ПВХ матрице, позволяющие регулировать жесткость ПВХ пластиката без изменения концентрации пластификатора («эффект пластификации»).

**Достоверность результатов исследований.** Термические, деформационные характеристики, параметры морфологии полимерных смесей получены с использованием современных физических методов исследований, воспроизводимость результатов экспериментальных исследований доказаны методами обработки результатов и оценки погрешности измерений. Основопологающие выводы, проведенных исследований, базируются на современных модельных представлениях полимерных смесей и теоретически предсказанных подходах создания наноструктурных систем. Подтверждение достоверности полученных результатов подкреплены публикациями в реферируемых научных изданиях и широкое обсуждение на международных и республиканских конференциях.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследования заключается в выявлении условий достижения наноструктурной морфологии в процессе смешения ПВХ и ПЭ в вязкотекучем состоянии, осложненном наличием процесса дегидрохлорирования ПВХ, дегидрирования ПЭ с последующим формированием частично сшитой структуры.

Показаны пути усиления межфазного взаимодействия (адгезии) между компонентами смеси в присутствии двух типов К, которое проявляется в изменении механизма деформирования смеси полимеров за счет расширения стадии ориентационного упорядочения. Выявлено, что компатибилизация смеси при малых содержаниях ПЭ в ПВХ – матрице приводит к экстремальной зависимости модуля упругости от состава смеси, а величины  $E$  располагаются значительно выше аддитивной кривой.

Практическая значимость результатов заключается в расширении ассортимента ПВХ композиции, используемых в качестве изоляции кабельной продукции. Практический интерес представляют возможности вариации эластичности и жесткости ПВХ пластиката без изменения концентрация

пластификатора (экономия дорогостоящего пластификатора) и возможности существенного усиления модуля упругости и термостойкости полимерных смесей на основе ПВХ/ПЭ при малых содержаниях ПЭ.

Разработаны рецептуры трудногорючих композиций ПВХ и полимерных смесей с ПЭ.

**Внедрение результатов исследования.** По разработанной технологии получены трудногорючие рецептуры (Хозяйственные договора № 10 от 30.03.2017 г. с СП АО «UZKABEL» на тему: «Разработка технологии получения рецептур ПВХ-пластиката с пониженной горючестью и дымообразованием на основе местного сырья») на основе ПВХ пластиката наработана опытная партия в количестве 1 тонны. Оценка огнестойкости показала сопоставимость с аналогичными параметрами лабораторных образцов. Разработанная рецептура трудногорючего ПВХ пластиката с низким газо- и дымовыделением при горении, включена в план поэтапного технологического освоения и внедрения в производство на СП АО «UZKABEL» (справка СП АО «UZKABEL» № 2/15 от 15 февраля 2021 года).

Способ варьирования эластичности и жесткости поливинилхлоридного пластиката использован в научном проекте «ПЗ-20170925290+ПЗ-2017092965+ПЗ-20170927395» «Синтез ионитов на основе местного сырья и применение их для сорбции цветных и редких металлов из промышленных отходов», регулирования пористости поверхности ПВХ – гранул при создании специальных сорбентов (справка Министерства Высшего и среднего специального образования Республики Узбекистан №89-03-577 от 30 января 2021 года). В результате усовершенствован процесс получения сшитых гелеобразных ионитов с высокой селективностью.

**Апробация результатов исследования.** Основные результаты по диссертации представлялись на 2 международных и 4 республиканских научно-практических конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано 10 научных работ, из них 4 статьи, из них 1 в Республиканском и 3 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов.

**Структура и объём диссертации.** Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Изложена на 95 страницах.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Во введении** подчеркивается обоснование актуальности и востребованности проведенных исследований, сформулирована цель и задачи исследований, выбор объектов и предмет исследования, указывается соответствие тематики исследования приоритетам направлений развития науки и технологий Узбекистана, совокупность научной новизны и прикладных аспектов исследований, внедрение в практику результатов исследований, перечень опубликованных работ и структура диссертации.

В первой главе диссертации **«Полимерные смеси на основе поливинилхлорида и полиэтилена»** изложены теоретические основы реализации наноструктурной морфологии в полимерных смесях, формирующихся в расплаве и экспериментальные результаты по созданию смесей на основе ПВХ с полиэтиленом, опубликованных в иностранных научных изданиях. Уделено особое внимание специфике деградационных процессов компонентов смеси и финальных продуктов реакции, определяющих термические характеристики и морфологию полимерных смесей. Рассмотрены модельные системы полимерных смесей (варианты жесткая матрица с эластичной дисперсной фазой и наоборот) и особенности их деформационного поведения. Отмечены дополнительные факторы, ограничивающие применение подходов по созданию наноструктур в смесях полимеров и пути их преодоления, а также о необходимости усиления ряда эксплуатационных характеристик ПВХ для расширения сферы их применения.

Во второй главе диссертации **«Объекты и методы исследований»** описаны основные характеристики объектов исследований, процессы синтеза компатибилизатора в виде привитого сополимера ПВХ с ПЭ, условия смешения компонентов смеси в вязкотекучем состоянии на пластографе Брабендера и одношнековом экструдере (Plasticorder Brabender OHGDUISBURG (Germany)), подготовка образцов для исследования морфологии смеси полимеров на атомно – силовом микроскопе (Agilent 5500), деформационных характеристик на разрывной машине (Instron 3366 (USA)) и температурных характеристик на (Q500 [thermogravimetric analysis (TGA) simultaneous thermogravimetric analyzer]).

Третья глава диссертации **«Морфологические, термические и упруго-прочностные характеристики полимерных смесей ПВХ/ПЭ»** посвящена исследованию полимерных смесей на основе ПЭ с ПВХ - их морфологии, термическим, упруго прочностным характеристиками, получению рецептур огнестойкости, их структуре и свойствам. Для систем с ПВХ – матрицей без К по мере увеличения содержания ПЭ – фазы наблюдается утончение морфологии смеси, при этом наряду с участками с мелкодисперсными частицами ПЭ обнаруживаются разноразмерные агрегаты частиц.

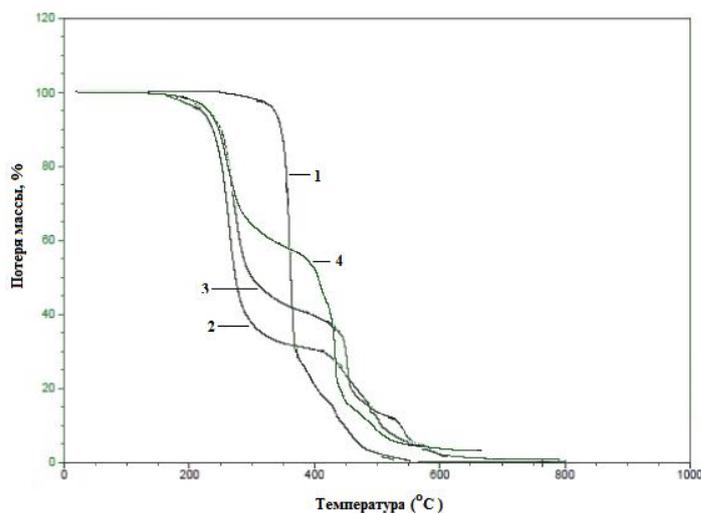
Введение К, как и увеличение скорости смешения компонентов смеси в расплаве приводит к дальнейшему диспергированию (до 300 нм) и равномерному распределению частиц ПЭ в ПВХ матрице без агрегации частиц дисперсной фазы. Наблюдаемое формирование наноструктурной морфологии при малых концентрациях К подтверждает версию дополнительной оптимизации содержания К за счет формирования ПС ПВХ с ПЭ на границе раздела фаз, причем этот эффект нарастает по мере увеличения содержания ПЭ в смеси. Наиболее ярко это явление наблюдается для состава 50/50 мас.% (ПВХ/ПЭ), разница в морфологии смесей с и без К практически не выявляется.



связаны с гетеролитическим разложением гидроперекисей под действием  $HCl$  в момент их образования.

Термоокислительная деструкция полиэтиленов обусловлена процессом дегидрирования и в зависимости от присутствия кислорода (концентрации) может протекать одновременно два типа реакций, приводящих к разрыву макроцепей и их сшиванию

В результате деструкции компонентов смеси происходит реакция рекомбинации макрорадикалов ПВХ и ПЭ.



**Рис. 3. ТГ-кривые для образцов:  
ПЭ-1, ПВХ-2,  
ПВХ/ПЭ (80/20 мас.%) -3,  
ПЭ/ПВХ (80/20 мас.%) – 4.**

На начальной стадии конкуренция между процессами дегидрохлорирования ПВХ, внутримолекулярного сшивания макроцепей ПВХ и реакцией макрорадикалов ПВХ и ПЭ складывается в пользу последней, т.е. формируется привитой сополимер, приводящий к усилению термостабильности ПВХ.

Исходя из этих соображений рассмотрим данные результатов термического анализа исследуемых полимерных смесей представленных на рис.3 и в таблице 1.

Из рис. 3 видно, что деградация ПВХ и ПЭ до потери массы 60-65% происходит в одну стадию, причем как отмечалось выше, у ПЭ этот процесс происходит с высокой скоростью. Введение в ПВХ до 20% мас.% ПЭ замедляет процесс деградации.

Как сказано выше, для ПВХ и ПЭ термическое разложение протекает в 2 стадии, а для их полимерных смесей можно наблюдать несколько стадий с начальной температурой разложения  $220^{\circ}C$ , присущей ПВХ. Температурное положение и количество последующих переходов обусловлено продуктами реакции между макрорадикалами ПВХ и ПЭ, которое определяется исходным составом смеси.

Таблица 1.

## Термические характеристики смесей ПВХ/ПЭ

Наименование (состав образца, масс.ч.)	Потеря массы от температуры, %				ПИ	КИ	Размер дисперс- ной частиц ы
	Начал. тем-ра деком- позиции Т <sub>n</sub> , °С (*)	5	10	20			
		Т, °С	Т, °С	Т, °С			
ПВХ	222,19 (4,62%)	222,0	244,0	259,8	0,100	0,775	-
ПВХ/ПЭ (80/20)	220,68 (3,06%)	239,5 6	256,3	270,3	0,028	0,633	2,5-5 мкм
ПВХ/ПЭ/ХПЭ (80/20/5)	238,20 (4,24%)	241,8	261,1	275,2	-	-	-
ПВХ/ПЭ/ПС (80/20/9)	237,91 (8,77%)	217,6	239,1	256,7	-	-	-
ПВХ/ПЭ (50/50)	206,57 (1,50%)	245,3	261,5	276,9	-	0,329	1,5- 5мкм
ПВХ/ПЭ/ПС (50/50/3)	229,02 (2,12%)	252,2	262,2	278,6	-	-	-
ПЭ	316,52 (2,43%)	337,4	345,5	354,5	0,118	-	-
ПЭ/ПВХ (90/10)	235,84 (0,99)	277,2	313,1	365,9	-	0,142	1-1,5 мкм
ПЭ/ПВХ(80/20)	229,77 (1,83%)	263,6	281,7	336,3	-	0,276	1,5-2 мкм
ПЭ/ПВХ/ХПЭ (80/20/5)	249,48 (2,44%)	265,8 9	231,7	354,54	-	-	-
ПЭ/ПВХ/ПС (80/20/6)	333,58 (3,84%)	336,3	351,3	359,1	-	-	300 нм

*Примечание:* ПВХ – ПВХ пластифицированный 25 мас.% ДОФ; ПИ и КИ – полиеновый и карбонильный индексы определяли согласно; (\*) в скобках указана потеря массы, % при Т<sub>n</sub>, °С.

В связи с разными механизмами разложения компонентов смеси целесообразно анализировать данные отдельно для композиции с матрицей ПВХ и ПВХ в виде дисперсной фазы в матрице ПЭ. Каждая стадия сопровождается образованием радикалов как ПВХ, так и ПЭ и за счет реакции их рекомбинации завершается формированием привитых сополимеров.

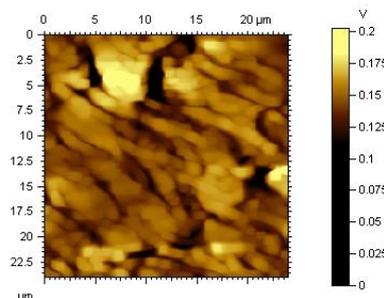
При малых содержаниях ПЭ (до 20 мас.% ) термостабильность ПВХ увеличивается, благодаря преимущественному формированию привитого сополимера с короткими цепями ПЭ по сравнению с процессом дегидрохлорирования и внутримолекулярной сшивки ПВХ. В подтверждении данной картины свидетельствуют и величины карбонильного и полиенового индексов, которые для состава, содержащего 20 мас.% ПЭ снижаются на 18% и 72% соответственно (табл.1).

При соотношении ПВХ/ПЭ 20/80 (ПВХ в виде дисперсной фазы) наблюдается уже 4 стадии деструкции, где каждая последующая стадия

сопровождается увеличением термостойкости и смещением стадии пиролиза в сторону меньших потерь массы (рис.3).

При равных содержаниях компонентов наблюдается сосуществование двух непрерывных фаз (рис.4), при этом (по отношению к ПВХ)  $T_n$  снижается на 16 °С, тогда как  $T_5, T_{10}$  и  $T_{20}$  увеличиваются на 23 °С, 17,7 °С и 17,7 °С соответственно.

**Рис.4. АСМ микрофотография  
ПВХ/ПЭ (50/50)**



При введении в смесь полимеров компатибилизатора термостабильность по отношению к ПВХ и исходной смеси полимеров усиливается, причем в случае ХПЭ значительно эффективнее. Такой эффект можно объяснить тем, что при формировании полимер-полимерной смеси К в виде ПС ПВХ и ПЭ выходит на границу раздела фаз и, в целом, общая картина терморазложения компонентов смеси практически не изменяется. В случае композиции с К в виде ХПЭ - макрорадикалы, образованные при терморазложении К, способны образовать в матрице дополнительно ПС ПВХ с ПЭ, что способствует формированию большего количества ПС и усилению термостабильности композиции. Такой эффект проявляется больше с ростом концентрации ПЭ в смеси (табл.1).

Смешение полимеров является одним из эффективных методов усиления упруго – прочностных характеристик полимерных материалов. Однако, ввиду отсутствия совместимости полимерных пар на молекулярном уровне, традиционное смешение приводит к развитию грубодисперсной морфологии смеси и слабой МА. Данная проблема была успешно решена путем контролируемого развития морфологии и уменьшения межфазного натяжения между компонентами смеси полимеров

Отсутствие информации о механизме деформации таких систем с различной морфологией затрудняет определение эффективности действия К при вариации состава смеси.

В связи с этим в работе проведено исследование особенностей деформирования полимерных смесей ПВХ/ПЭ в присутствии двух типов К и сравнительной оценки упруго – прочностных характеристик при варьировании условий получения.

Деформационное поведение многокомпонентных полимерных систем достаточно хорошо изучено в литературе.

Рассматриваемая смесь ПВХ/ПЭ в зависимости от состава смеси представляет собой две различные системы, эластичную матрицу с жесткими включениями при избытке ПЭ – фазы, и наоборот, жесткую матрицу с

эластичными частицами наполнителя при больших содержаниях ПВХ – фазы. Наиболее подробно изучены системы в виде хрупкой матрицы с каучукоподобными частицами дисперсной фазы.

Рассмотрим кривые  $\sigma - \epsilon$  для полимерных смесей ПВХ/ПЭ, полученных в пластографе Брабендера при вариации скорости перемешивания расплава смеси при 50 и 150 об/мин. в присутствии и в отсутствии компатибилизатора в составе смеси. В качестве компатибилизатора были выбраны ХПЭ и ПС ПВХ с ПЭ, концентрацию  $K$  варьировали в пределах 5 -15 % мас.%

Кривые  $\sigma - \epsilon$  исходных компонентов при вариации скорости перемешивания (50 и 150 об/мин.) по форме не изменяются, параметры  $E$ ,  $\sigma_t$  и  $\epsilon_p$  для ПЭ в пределах ошибок измерения практически идентичны, в то время как у ПВХ отмечается размягчение, модуль упругости и напряжение при пределе текучести заметно уменьшаются (табл.2).

**Таблица 2.**

Наименование образца	$\sigma$ Нагрузка при пределе текучести [МПа]	$\epsilon$ Относительное удлинение при разрыве [%]	$E$ Модуль Юнга, [МПа]
<b>50 об/мин</b>			
ПЭ	12,59 ± 1,71	540,78 ± 11,07	89,03 ± 4,43
ПВХ	26,21 ± 0,41	122,21 ± 12,02	273,39 ± 6,06
ПВХ/ПЭ 95/5	14,36 ± 0,70	67,53 ± 2,45	287,1 ± 10,30
ПВХ/ПЭ 80/20	8,72 ± 0,10	15,71 ± 0,54	254,7 ± 3,49
ПВХ/ПЭ 50/50	8,09 ± 0,21	16,45 ± 0,83	235,3 ± 1,54
<b>150 об/мин</b>			
ПЭ	11,83±0,05	600,99±38,18	97,99±1,12
ПВХ	23,14±0,14	112,54±7,66	132,81±16,07
ПВХ/ПЭ 95/5	11,58±0,46	69,66±7,60	164,99±2,14
ПВХ/ПЭ 80/20	-	11,66±0,16	238,39±3,77
ПВХ/ПЭ 50/50	9,49±0,22	38,36±1,44	121,94±3,46

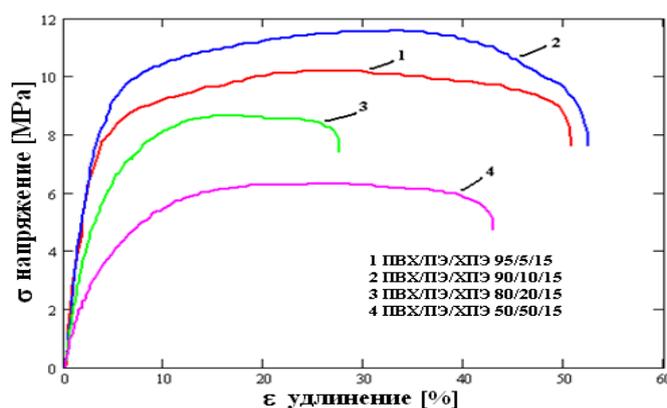
По всей вероятности увеличение скорости перемешивания смеси оптимизирует процесс пластификации ПВХ ДОФ.

Выявлены следующие особенности механического поведения композиций с ПВХ – матрицей (условия смешения – 50 об/мин).

По мере увеличения содержания ПЭ в смеси  $\sigma_t$  падает с 26 МПа до 10 МПа,  $\epsilon_p$  с 122% до 15%. Введение  $K$  в виде ХПЭ в составы с различным содержанием ПЭ в пределах 5-15 мас.% заметно сказывается на формах кривых  $\sigma - \epsilon$  и величинах  $\sigma_t$  и  $\epsilon_p$ .

Практически для всех составов ПВХ/ПЭ при введении ХПЭ наблюдается эффект перераспределения напряжений между матрицей и дисперсной фазой, выражающийся изменением  $\sigma - \epsilon$  кривой.

**Рис.5. Кривые  $\sigma - \varepsilon$ :**  
**1 – ПВХ/ПЭ/ХПЭ (95/5/15 мас.%) ;**  
**2 – ПВХ/ПЭ/ХПЭ (90/10/15 мас.%) ; 3 –**  
**ПВХ/ПЭ/ХПЭ (80/20/15 мас.%) ;**  
**4 – ПВХ/ПЭ/ХПЭ (50/50/15 мас.%)**



Сравнение кривых  $\sigma - \varepsilon$  для составов ПВХ/ПЭ 95/5, 90/10, 80/20, 50/50, мас.% при введении 15 мас.% ХПЭ свидетельствует об улучшении МА по сравнению со смесями без К - появление стадии деформации, независимой от внешнего напряжения и ориентационное упорядочение, требующий определенного увеличения прикладываемого напряжения (рис.5.).

Эти процессы наиболее ярко выражены для составов ПВХ/ПЭ 95/5 и 50/50 мас.% с содержанием ХПЭ- 5 мас.%

Интенсификация процесса смешения компонентов (150 об/мин) заметно изменяет кривые  $\sigma - \varepsilon$ , (трансформация кривых типа А в тип В) после выхода на предел текучести резко падает напряжение, формируется «шейка», завершающаяся разрушением образца.

Усиление МА сопровождается увеличением  $\varepsilon_p$  практически для всех составов ПВХ/ПЭ по мере увеличения содержания К (таблица 3).

**Таблица 3.**

**Влияние состава смеси на упруго-прочностные свойства.**

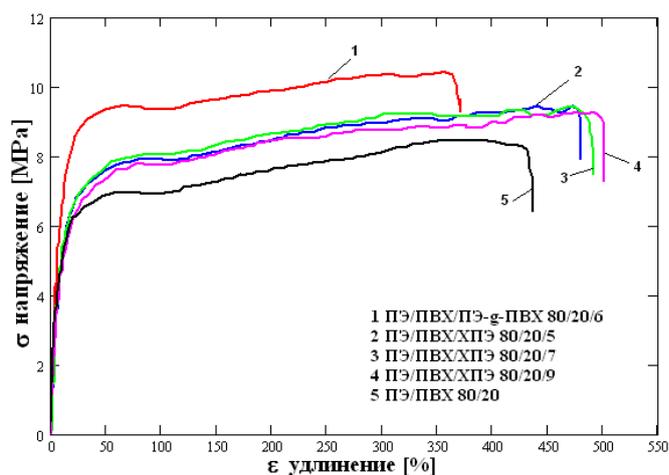
Наименование образца (соотношение компонентов смеси, мас.%)	$\sigma$ Нагрузка при пределе текучести [МПа]	$\varepsilon$ Относительное удлинение при разрыве [%]	E Модуль Юнга [МПа]
ПВХ/ПЭ (95/5)	14,36 ± 0,70	67,53 ± 2,45	287,1 ± 10,30
ПВХ/ПЭ/ХПЭ (95/5/5)	14,71 ± 0,67	84,35 ± 9,54	359,7 ± 4,03
ПВХ/ПЭ/ХПЭ (95/5/10)	12,79 ± 1,32	77,28 ± 16,41	355,3 ± 24,58
ПВХ/ПЭ/ХПЭ (95/5/15)	10,17 ± 1,29	75,33 ± 10,97	368,5 ± 34,32
ПВХ/ПЭ (90/10)	10,32 ± 0,78	31,07 ± 2,12	315,8 ± 4,94
ПВХ/ПЭ/ХПЭ (90/10/5)	9,93 ± 0,71	32,65 ± 1,76	316,7 ± 8,11
ПВХ/ПЭ/ХПЭ (90/10/10)	10,64 ± 1,27	35,28 ± 3,74	351,9 ± 14,28
ПВХ/ПЭ/ХПЭ (90/10/15)	9,87 ± 0,96	53,35 ± 0,49	329,9 ± 20,11
ПВХ/ПЭ (80/20)	8,72 ± 0,10	15,71 ± 0,54	254,7 ± 3,49
ПВХ/ПЭ/ХПЭ (80/20/5)	10,06 ± 0,48	19,48 ± 1,19	282,9 ± 8,17
ПВХ/ПЭ/ХПЭ (80/20/10)	9,37 ± 0,20	26,84 ± 1,26	262,8 ± 5,61
ПВХ/ПЭ/ ХПЭ (80/20/15)	8,71 ± 0,16	30,65 ± 0,55	259,1 ± 6,66
ПВХ/ПЭ/ ПС (80/20/9)	5,67±0,01	78,81±1,88	24,9±0,51
ПВХ/ПЭ (50/50)	8,09 ± 0,21	16,45 ± 0,83	235,3 ± 1,54
ПВХ/ПЭ/ ХПЭ (50/50/5)	6,96 ± 0,35	38,78 ± 3,53	146,1 ± 2,30
ПВХ/ПЭ/ХПЭ (50/50/15)	7,38 ± 0,71	42,56 ± 1,43	165,5 ± 23,71
ПВХ/ПЭ/ПС (50/50/3)	8,35±0,51	22,13±1,11	214,61±5,09

Состав ПВХ/ПЭ - 95/5 мас.% с хлорированным ПЭ (5 мас.% ) проявляет хорошую МА и на кривых  $\sigma - \epsilon$  наблюдаются совмещенные стадии начала течения и стадия ориентационного упорядочения с замедленным процессом коалесценции микропустот, способствующих деформации образца с высокими показателями напряжения на переходной стадии и относительного удлинения при разрушении (более 100%). Аналогичная картина наблюдается и для состава ПВХ/ПЭ 50/50 мас.% с 5 мас.% ХПЭ, но со значительно низким значением напряжения при выходе на стадию течения. Данный результат свидетельствует об ограниченном количестве К на межфазной границе и слабой адгезии между фазами. Такая ситуация существенно снижает напряжение, необходимое для инициирования микропустот на границе раздела фаз.

При содержании ПЭ в пределах  $5 \div 20$  мас.% данный эффект ярко выражен для состава ПВХ/ПЭ - 95/5 мас.% , для которого увеличение  $\epsilon_p$  составляет более 20%.

Более чем двукратное увеличение  $\epsilon_p$  наблюдается для состава ПВХ/ПЭ - 50/50 мас.% при содержании ХПЭ – 15 мас.% с морфологией смеси в виде двух сосуществующих непрерывных фаз (рис. 6).

Совершенно иная картина кривых  $\sigma - \epsilon$  наблюдается для смесей с полиэтиленовой матрицей, также претерпевающая существенные изменения при введении К в виде ХПЭ, либо ПС ПВХ с ПЭ (рис. 6.).

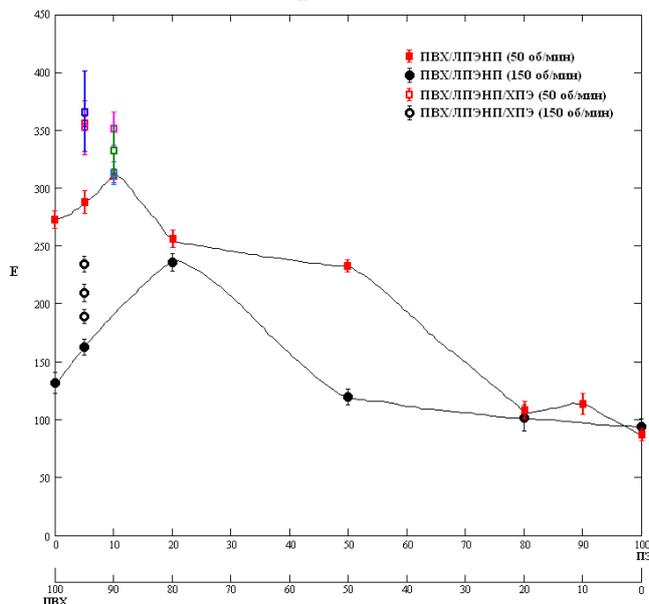


**Рис. 6. Кривые  $\sigma - \epsilon$ : 1 – ПЭ/ПВХ/ПС (80/20/6 мас.% );  
2 – ПЭ/ПВХ/К (80/20/5 мас.% );  
3 – ПЭ/ПВХ/ХПЭ (80/20/7 мас.% );  
4 – ПЭ/ПВХ/ХПЭ (80/20/9 мас.% );  
5 – ПЭ/ПВХ (80/20 мас.% ).**

Сравнение кривых  $\sigma - \epsilon$  для ПВХ и состава смеси с полиэтиленовой матрицей (содержание дисперсной фазы 20 мас.% ) показывает значительное различие процессов деформации этих систем. В первом случае наблюдается катастрофическое разрушение смеси ( $\epsilon_p$  составляет величину 15%) сразу после выхода на стадию текучести (из-за масштабного формирования микропустот, соизмеримых с размерами частиц дисперсной фазы и их одновременным отслоением от матрицы). Для смеси с ПЭ матрицей кривые  $\sigma - \epsilon$  включают все, обозначенные выше стадии деформирования, с интервалом деформации, независимой от приложенного напряжения – 50–100% и последующим нарастанием напряжения до величины значения деформации более 400%.

Только наличие достаточной МА может обеспечить протяженную зону ориентационного процесса без масштабной коалесценции микропустот на границе раздела фаз. Причина такого поведения, рассматриваемой системы, на

наш взгляд связано с формированием определенного количества привитого сополимера ПЭ с ПВХ и ХПЭ за счет захвата атомов хлора в процессе дегидрохлорирования ПВХ макрорадикалами полиэтилена. Специальное введение ХПЭ от 5 до 9 мас.% в процессе смешения компонентов практически не меняет вид кривых  $\sigma - \epsilon$  за исключением смещения максимума  $\sigma_T$  до больших величин деформации, возрастания номинальной величины напряжения на стадии ориентационных процессов полиэтиленовой матрицы и заметного увеличения  $\epsilon_p$  более чем 500%. Эти факторы свидетельствуют об усилении МА, т.е. о наличии оптимальной концентрации, формируемого и вводимого ХПЭ. Введение К в виде ПС с такой же концентрацией дополняет усиление МА, что проявляется в смещении максимума  $\sigma_T$  в область 50% деформации (у ПЭ в области 100%) и самой величины напряжения 9.5 МПа (у ПЭ – 8.0 МПа). Разница в эффекте усиления ХПЭ и ПС, по-видимому, связана с разной локализацией К на границе раздела фаз. Очевидно, что ПС ввиду схожести структуры со смешиваемыми полимерами локализуется именно на межфазной границе, тогда как ХПЭ склонен к локализации вблизи полиэтиленовой матрицы.



**Рис.7. Зависимость модуля упругости смесей ПВХ/ПЭ различных составов в присутствии ХПЭ и вариации скорости смешения компонентов**

Как видно (рис.7) обе зависимости модулей упругости от состава смеси при двух скоростях перемешивания имеют экстремальный характер с максимумом в области малых концентрации ПЭ в ПВХ.

Значительная часть составов смеси по величине  $E$  располагаются выше прямой (штриховые прямые) аддитивного сложения модулей упругости с учетом соотношения компонентов ПВХ и ПЭ. По всей вероятности, наблюдаемое усиление модуля упругости в определенной степени связано с присутствием К на границе раздела фаз. Наибольший эффект усиления по модулю упругости композитов при компатибилизации наблюдается в области 5 мас.% включения ПЭ – фазы, затем по мере увеличения содержания ПЭ эффект усиления снижается и практически становится незаметным для составов 50/50 мас.% Морфология смеси при вариации содержания ПЭ в ПВХ – матрице развивается следующим образом. При малых содержаниях ПЭ (до 20

мас.%) морфология смеси выглядит в виде непрерывной ПВХ – матрицы с вкрапленными частицами слегка сшитого ПЭ, увеличение содержания ПЭ выше 20 мас.% приводит к формированию ПЭ – сетки с нарастающей плотностью степени сшивки с захваченными доменами ПВХ – фазы. То есть действие основной функции К в снижении межфазного натяжения, содействие в диспергировании и стабилизации частиц дисперсной фазы с увеличением содержания ПЭ ослабляется. Как видно (рис.7) в области малых содержаний ПЭ всем составам с К в виде ХПЭ присущи высокие модули упругости. Сравнение эффективности усиления МА двух типов К при 5 мас.% содержании ПЭ складывается в пользу ПС (табл.3), включая и состав 50/50 мас.%

В четвертой главе диссертации «**Исследование стойкости полимерных смесей к горению**» было выявлено, что соотношение 1:10 мас.% органического фосфата с ДОФ является эффективным для подавления горючести ПВХ-пластиката. При этом установлено, что величины значений дымовыделения огнестойких композиции несколько ниже, чем установлено в стандартах на трудногорючий ПВХ-пластикат. Эти показатели практически сохраняются и для полимерных смесей в присутствии К.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

На основе проведенных исследований по диссертационной работе на соискание ученой степени доктора философии (PhD) на тему: «Особенности формирования, структура и свойства наноструктурных полимерных смесей поливинилхлорида с полиэтиленом» сформулированы следующие выводы:

1. Впервые выявлен комплексный характер формирования морфологии смеси полимеров ПВХ с ПЭ. Для систем с ПВХ – матрицей без компатибилизатора наблюдаются наличие как диспергированных частиц, так и разноразмерных агрегатов частиц ПЭ – фазы. Размеры частиц дисперсной фазы ПЭ составляют величины 2 - 3 мкм. Введение компатибилизатора, как и увеличение скорости перемешивания приводит к дальнейшему диспергированию (до 300нм) и равномерному распределению без агрегации частиц дисперсной фазы. Выявлен эффект оптимизации содержания компатибилизатора за счет формирования привитого сополимера ПВХ с ПЭ.

2. Впервые подтверждена концепция синергизма фазового диспергирования и одновременного сшивания ПЭ – матрицы без введения сшивающего агента. Для систем с ПЭ – матрицей наблюдается четкое разделение двух типов морфологии смеси, тонкодисперсной на участках со слабо сшитой ПЭ – матрицей (за счет захвата частиц ПВХ в виде окклюзий) и агрегированными частицами ПВХ – фазы.

3. Для полимерных смесей ПВХ/ПЭ обнаружен многостадийный характер термического разложения, ответственными за эти стадии являются конкурирующие процессы деградации индивидуальных компонентов и привитого сополимера, образующегося за счет реакции рекомбинации макрорадикалов ПВХ и ПЭ. Выявлено, что при малых содержаниях ПЭ (до 20 мас.%), в равной степени и введение компатибилизатора в виде хлорированного ПЭ приводит к существенному усилению термостабильности ПВХ.

4. Обнаружено, что из-за несовместимости компонентов смеси, по мере увеличения содержания ПЭ – фазы наблюдается существенное падение предела текучести и относительного удлинения при разрушении. Введение компатибилизатора (5-15 мас.% ) заметно видоизменяет форму кривых  $\sigma - \epsilon$  (наличие всех зон деформации, нарастающий характер приложенного напряжения на стадии ориентационного упорядочения), свидетельствующее об усилении межфазной адгезии. Сравнение эффективности усиление межфазной адгезии при малых содержаниях ПЭ, ввиду оптимальной локализации на границе раздела фаз, складывается в пользу привитого сополимера ПВХ/ПЭ, включая и равные составы. Аналогичные данные получены и для смесей с ПЭ – матрицей.

5. Выявлен эффект пластификации ПВХ диоктилфталатом при увеличении скорости перемешивания, выражающийся в снижении модуля упругости и напряжения при пределе текучести. Установлен экстремальный характер зависимости модуля упругости от состава смеси при двух скоростях перемешивания с максимумом в области малых концентраций (до 15 мас.% ) ПЭ – фазы, величины модулей упругости смесей располагаются выше прямой аддитивного сложения этих показателей с учетом соотношения компонентов смеси. Обнаруженное, безусловно, связано с усилением межфазной адгезии.

6. Разработаны рецептуры огнестойких композиций на основе композиций с ПВХ-матрицей. Показано, что соотношение 1:10 мас.% органического фосфата с *n*-диоктилфталатом является эффективным для подавления горючести ПВХ-пластиката, аналогичные данные получены и для полимерных смесей.

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

---

**INSTITUTE OF POLYMER CHEMISTRY AND PHYSICS**

**KHAKBERDIEV ELSHOD OLMOSOVICH**

**SPECIFICS OF FORMATION, STRUCTURE, AND PROPERTIES OF  
NANOSTRUCTURE POLYMER BLENDS OF POLY(VINYL CHLORIDE)  
WITH POLYETHYLENE**

**02.00.06 – Polymer physics  
02.00.12 – Nanochemistry, nanophysics, nanotechnology**

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR  
OF PHILOSOPHY (PhD) ON PHYSICAL - MATHEMATICAL SCIENCES**

**Tashkent-2021**

**The theme of doctor of philosophy (PhD) has been registered by the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan with registration numbers of B2020.2.PhD/FM472.**

The dissertation was carried out at the Institute of Polymer Chemistry and Physics.

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

**Scientific supervisor:**

**Ashurov Nigmat**

doctor of technical sciences, professor

**Official opponents:**

**Kholmuminov Abdulfatto**

doctor of physical and mathematical sciences, professor

**Riskulov Alimjan**

doctor of technical sciences, professor

**Leading organization:**

**State Unitary Enterprise «Fan va tarakkiyot»**

The defense of the dissertation will take place on « \_\_\_ » \_\_\_\_\_2021 at « \_\_\_ » at a meeting of Scientific council DSc.02/30.12.2019.K/FM/T.36.01 at the Institute of Polymer Chemistry and Physics (Address: 100128, Tashkent city, Abdulla Kadiry str., 7<sup>b</sup>, Ph.: (998-71)-241-85-94; fax: (998-71)-241-26-61; e-mail: polymer@academy.uz)

The dissertation can be reviewed at the informational Resource Centre of Institute of Polymer Chemistry and Physics (registration number \_\_\_\_ (Address: 100128, Tashkent city, Abdulla Kadiry str., 7<sup>b</sup>, Ph.: (998-71)-241-85-94;)

The abstract of the dissertation has been distributed on « \_\_\_ » \_\_\_\_\_2021 year  
( Protocol at the register № \_\_\_\_\_ dated « \_\_\_ » \_\_\_\_\_2021 year)

**S.Sh. Rashidova**

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

**A.A. Atakhanov**

Scientific secretary of scientific council  
for award of scientific degrees,  
doctor of technical sciences, senior researcher

**S.S. Negmatov**

Chairman of scientific seminar under Scientific  
council for awarding the scientific degrees,  
doctor of chemical sciences, professor, academician

## INTRODUCTION (abstract of doctor of philosophy (PhD) thesis)

**The aim of research work** is to search for ways to form nanostructured polymer blends of polyvinyl chloride and a linear copolymer of ethylene with butane – 1 by the complicated reactions of the mixture components and the identification of correlation dependences of structural features with elastic – strength characteristics.

**The objects of research work** are polyvinyl chloride, linear copolymer of ethylene with butene – 1 (PE), plasticizer dioctyl phthalate (DOP), graft copolymer PVC/PE, chlorinated polyethylene (CPE) and polymer blends of PVC with PE.

**Scientific novelty of the research work** is consisted in follows:

for the first time, the fundamental possibility of the formation of nanostructural morphology in blends of polyvinyl chloride and a linear copolymer of ethylene with butane – 1, with particle sizes of the dispersed phase in the range of hundreds of nanometers, in the presence of two types of compatibilizers was shown.

the features of the thermal decomposition of polymer blends have been established, the multistage nature of this process occurs in the following order dehydrochlorination of PVC, polyethylene dehydrogenation, recombination of macroradicals of the mixture components, with the formation of a graft copolymer, the latter, up to a PE content of up to 20 wt%, contributes to an increase in PVC thermal stability. The same effect is observed in the presence of a compatibilizer in the form of chlorinated polyethylene.

the effect of transformation of  $\sigma - \varepsilon$  curves was found, namely, the enhancement of interfacial adhesion in the presence of compatibilizers leads to the expansion of the zone of orientational ordering. At the same time, the efficiency of the graft copolymer PVC/PE, due to optimal localization at the interface, is more preferable.

an extreme dependence of the elastic modulus was revealed for polymer blends with a low content of PE-phase, for compatibilized mixtures due to interfacial reinforcement, the values of E are located significantly above the additive curve.

**Implementation of the research results.** On the bases scientific results obtained for the production of flame retardent cable jackets based on polyethylene/polyvinyl chloride nanostructured polymer blends:

In accordance with the technological development of obtaining flammable recipes (Contract №. 10 dated March 30, 2017 with JV “UZKABEL”: “Development of technology for obtaining recipes for PVC-plasticity with reduced flammability and smoke generation based on local raw materials”), based on these approaches JV “UZKABEL” has produced a test bath of 1 ton of highly flammable PVC plastic, and JV “UZKABEL” has identified the future large – scale production of this flammable PVC plastic as one of its priorities (reference of JV “UZKABEL” No. 2/15 of February 15, 2021). As a result, import –substituting flame retardent cable jackets have enabled the production of new domestic products.

studies of the method of changing the elasticity and stiffness of polyvinyl chloride plasticate are used in the scientific project PZ-20170925290+PZ-2017092965+PZ-20170927395 "Synthesis of ionites based on local raw materials and their use for sorption of non-ferrous and rare metals from industrial waste", used to

control the efficiency of mixing PVC with DOP – dioctylphtalate plasticizer by mixing speed gradient (reference of the Ministry of Higher and secondary specialized education of the Republic of Uzbekistan No. 89-03-577 of January 30, 2021). As a result the process of obtaining crosslinked gel-like ionites with high selectivity has been improved.

**The structure and volume of the thesis.** Dissertation consists of an introduction, 6 chapters, conclusions, a list of references and appendixes. The volume of dissertation is 95 pages.

**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I бўлим (I часть; part I)**

1. Khakberdiev E.O., Ashurov N.Sh., Sadykov Sh.G., Ashurov N.R. Features of thermal oxidative destruction of polymer blends of polyvinylchloride and linear copolymer of polyethylene with butene – 1 // American journal of research. – USA, Michigan, 2019, - № 5-6.-P. 207-215. (I.F. 6.041 (SJIF))
2. Khakberdiev E.O., Ashurov N.R., Sadykov SH.G., Ashurov N.SH. Stress – strain behavior polymer blends of poly(vinyl chloride) and linear copolymer of ethylene with butene – 1 // International journal of scientific and technology research. – India, 2020. – vol. 9. - pp. 617-621. (I.F. 0.2 (SJR))
3. Khakberdiev E.O., Berdinazarov Q. N., Sadikov Sh. G., Ashurov N. R. Peculiarities of deformation behavior of polymeric mixtures of polyvinyl chloride with polyethylene in the presence of compatibilizers // PalArch’s Journal of Egyptology. - Egypt, 2020. – vol. 17, N 6. - pp. 3507 – 3519. (I.F. 0.11 (SJR))
4. Хакбердиев Э.О., Ашууров Н.Ш., Садыков Ш.Г., Ашууров Н.Р. Влияние типа компатибилизатора на термоокислительную стабильность полимерных смесей на основе поливинилхлорида и линейного полиэтилена // Журнал наука и инновационное развитие. – Ташкент, 2019. - №03. -С.67-75.

**II бўлим (II часть; part II)**

5. Хакбердиев Э.О., Ашууров Н.Р., Содиков Ш.Г. Полиэтилен/поливинилхлорид асосидаги нанокөмпозитлар: олиниши ва хөссалари //Вестник молодых ученых. – Ташкент, 2018, №2(1). - С.112-115.
6. Хакбердиев Э.О., Ашууров Н.Р., Садыков Ш.Г., Ашууров Н.Ш. Изучение морфология наноструктурных полимер - полимерных смесей на основе полиэтилена с поливинилхлоридом //Тезис докл. на междунар. конфер. «Science, research, development». - Берлин (Германия), 2019, №13. - С.30-32.
7. Хакбердиев Э.О., Садыков Ш.Г., Ашууров Н.Р. Термостабильность полимерных смесей ПВХ/ЛПЭНП в присутствии компатибилизатора // Республиканская конференция «Современные проблемы науки о полимерах» - Ташкент, 31 октябрь-ноябрь, 2019. -С.39-41
8. Садыков Ш.Г., Хакбердиев Э.О., К.Н.Бердиназаров., Н.Ш. Мамаджанов., Ашууров Н.Р. Трудногорючая ПВХ – композиция // Республиканская конференция «Современные проблемы науки о полимерах» - Ташкент, 2019. -С.119-121.
9. Ашууров Н.Р., Хакбердиев Э.О., Садыков Ш.Г. Полимерные смеси поливинилхлорида и полиэтилена: особенности формирования, структуры и свойства // Всероссийская каргинская конференция «Полимеры - 2020». – Москва, 9-13 ноябрь, 2020. - С.46.

10. Ҳақбердиев Э. О., Бердиназаров Қ. Н., Нормурадов Н.Ф., Ўралова З.Д. Поливинилхлорид ва полиэтилен асосидаги наноструктурага эга полимер аралашмаларининг термик, эластик-мустваҳкамлик хусусиятлари// Республиканская конференция «Современные проблемы науки о полимерах» - Ташкент, 25-26 ноябрь, 2020 -С.56-57.

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

Бичими: 84x60 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. «Times New Roman» гарнитураси.  
Рақамли босма усулда босилди.  
Шартли босма табағи: 3. Адади 100. Буюртма № 38/21.

Гувоҳнома № 10-3719  
«Тошкент кимё технология институти» босмаҳонасида чоп этилган.  
Босмаҳона манзили: 100011, Тошкент ш., Навоий кўчаси, 32-уй.