

**ПОЛИМЕРЛАР КИМЁСИ ВА ФИЗИКАСИ ИНСТИТУТИ  
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
DSc.02/30.12.2019.K/FM/T.36.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ  
АСОСИДА БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**НАМАНГАН ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ**

**САТТАРОВА ДИЛФУЗА МАКСУДОВНА**

**ЭЛЕКТРОСПИННИНГ УСУЛИ ОРҚАЛИ ХИТОЗАН *BOMBUX MORI*  
ВА УНИНГ ҲОСИЛАЛАРИ АСОСИДА НАНОТОЛАЛАР ОЛИШ**

**02.00.06-Юқори молекуляр бирикмалар  
02.00.12-Нанокимё, нанофизика, нанотехнология**

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

**Тошкент-2021**

**Кимё фанлари бўйича фалсафа (PhD) доктори диссертацияси  
автореферати мундарижаси  
Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD) по  
химическим наукам  
Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD) on chemical  
sciences**

**Саттарова Дилфуза Максудовна**

Электроспиннинг усули орқали хитозан *Bombyx mori* ва унинг  
ҳосилалари асосида нанотолалар олиш .....3

**Саттарова Дилфуза Максудовна**

Получение нановолокон на основе хитозана *Bombyx mori* и его  
производных методом электроспиннинга .....21

**Sattarova Dilfuza Maksudovna**

Producing nanofibers based on chitosan *Bombyx mori* and its derivatives  
by electrospinning method .....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**

---

**НАМАНГАН ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ**

**САТТАРОВА ДИЛФУЗА МАКСУДОВНА**

**ЭЛЕКТРОСПИННИНГ УСУЛИ ОРҚАЛИ ХИТОЗАН *BOMBUX MORI*  
ВА УНИНГ ҲОСИЛАЛАРИ АСОСИДА НАНОТОЛАЛАР ОЛИШ**

**02.00.06-Юқори молекуляр бирикмалар  
02.00.12-Нанокимё, нанофизика, нанотехнология**

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

**Тошкент-2021**

Кимё фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2020.2.PhD/K100 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Наманган давлат университетига бажарилган.

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

**Илмий раҳбарлар:**

**Рашидова Сайёра Шарафовна**  
кимё фанлари доктори, профессор, академик

**Кодирхонов Муродхон Рашидхонович**  
кимё фанлари номзоди, доцент

**Расмий оппонентлар:**

**Рузимурадов Олим Нарбекович**  
кимё фанлари доктори, доцент

**Милушева Ракия Юнусовна**  
кимё фанлари номзоди, етакчи илмий ходим

**Етакчи ташкилот:**

**Тошкент тўқимачилик ва енгил саноат институти**

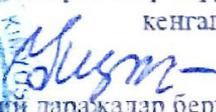
Диссертация ҳимояси Полимерлар кимёси ва физикаси институти ҳузуридаги илмий даражалар берувчи DSc.02/30.12.2019.K/FM/T.36.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2021 йил «23» апрель соат 14<sup>00</sup> даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100128, Тошкент шаҳри, Абдулла Қодирий кўчаси, 7<sup>б</sup>. Тел: (+99871) 241-85-94; факс: (+99871) 241-26-61, e-mail: polymer@academy.uz).

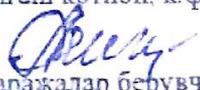
Диссертация билан Полимерлар кимёси ва физикаси институтининг Ахборот-ресурс марказида таништириш мумкин (17 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100128, Тошкент шаҳри, Абдулла Қодирий кўчаси, 7<sup>б</sup>. Тел: (+99871) 241-85-94).

Диссертация автореферати 2021 йил «6» 09 куни тарқатилди.  
(2021 йил «26» 03 даги 2 рақамли реестр баённомаси).



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

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

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

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

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Дунёда табиий ва синтетик полимерлар асосида тиббиётда қўлланиладиган, биологик хавфсиз, ўзига хос комплекс хусусиятларга эга бўлган янги материалларга эҳтиёж ортмоқда. Бу йўналишда полисахаридлар асосида электроспиннинг усули билан нанотолалар олишга қаратилган тадқиқотлар алоҳида ўрин эгаллайди. Улар махсус тузилиш ва хоссаларга эга бўлиб, тўқима инженерияси соҳасида, ҳужайра трансплантологиясида, доривор воситаларни ҳамда дори препаратларни мақсадли етқазиб тизимларини яратишда қўлланилиши алоҳида аҳамият касб этади.

Бугунги кунда жаҳонда хитозан ва унинг ҳосилаларидан наноматериаллар олиш ва улар асосида турли соҳаларда қўлланиладиган истиқболли препаратлар яратишга бағишланган илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда. Бу борада хитозан ва унинг ҳосилаларидан махсус хоссаларга, жумладан, антимиқроб ва антибактериал хоссаларга эга бўлган нанотолаларни олиш муҳим аҳамият касб этади.

Республикамизда маҳаллий хом ашёлар асосида импорт ўрнини босувчи ва экспортга мўлжалланган экологик хавфсиз маҳсулотлар яратиш ва амалиётга тадбиқ қилишга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Жумладан, табиий полимерлар ва уларнинг ҳосилалари асосида биопарчаланувчи препаратларни ишлаб чиқариш ва улардан фойдаланишда муҳим натижалар қўлга киритилган. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида<sup>1</sup> “...маҳаллий хомашё ресурсларини чуқур қайта ишлаш асосида юқори қўшимча қийматли тайёр маҳсулот ишлаб чиқариш, принципиал жиҳатдан янги маҳсулот ва технология турларини ўзлаштириш, шу асосида ички ва ташқи бозорларда миллий товарларнинг рақобатбардошлигини таъминлаш” вазифалари белгилаб берилган. Бу борада *Vombux mori* хитозан ва унинг ҳосилаларидан нанотолаларни олиш имкониятларини тадқиқ қилиш, уларнинг тузилиши ва хоссаларини аниқлаш ҳамда биотиббиётда қўллашга йўналтирилган илмий-амалий тадқиқотлар муҳим аҳамиятга эга.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги Фармони ҳамда, 2017 йил 17 февралдаги ПҚ-2789-сон “Фанлар академияси фаолияти, илмий-тадқиқот ишларини ташкил этиш, бошқариш ва молиялаштиришни янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги, 2020 йил 12 августдаги ПҚ-4805-сон “Кимё ва биология йўналишларида узлуксиз таълим сифатини ва илм-фан натижадорлигини ошириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий

---

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

хужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

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

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Дунёнинг кўпгина мамлакатларида хитозан ва унинг ҳосилаларидан электроспиннинг усулида нанотолалар олиш жараёнини ўрганиш ҳамда уларни қўллаш бўйича илмий изланишлар жадаллик билан олиб борилмоқда. Чоп этилган нашрларнинг кўпчилиги хитозан ва унинг ҳосилаларидан нанотола олиш ва уларнинг хоссаларини ўрганишга бағишланган. Хитозан ва унинг ҳосилаларидан нанотолалар олиш шароитларини ўрганиш бўйича илмий йўналишни ривожлантиришга Lee Cremer, Negar Sohofi, Jian Du, Kousaku Ohkawa, Dongil Cha ва қатор илмий мактаблар катта ҳисса қўшишган. Хитозандан синтетик полимерлар билан биргаликда нанотолалар олиш ва улардан фойдаланиш соҳаларини кенгайтириш бўйича J. Schiffman, R. Muzzarelli, Ю. Н. Филатов, Н. Р. Прокопчук, А. Т. Матвеев ва бошқа олимларнинг илмий ишларини таъкидлаб ўтиш зарур.

Республикамизда академик С. Ш. Рашидова ва унинг шогирдлари ўз изланишлари билан хитозан ва унинг ҳосилаларидан нанозаррачалар олиш ва уларнинг хоссаларини аниқлаш ҳамда амалиётга жорий қилишга ўз ҳиссаларини қўшган.

Ушбу изланишларга қадар адабиётларда хитозан *Bombyx mori* ва унинг ҳосилаларидан электроспиннинг усулда нанотолалар олиш, уларнинг тузилиши ва хоссаларига электроспиннинг жараёни омилларининг таъсирини ўрганиш ҳамда полимер тавсифлари ва улар асосида олинган нанотолаларнинг морфологияси орасидаги боғлиқликни аниқлаш бўйича илмий тадқиқот ишлари кам олиб борилган. Ҳозирги вақтда нанотолалар асосида тайёрланган материаллар толаларининг ғовак ўлчамлари оқсиллар ва бактериялар ўлчамларига яқин бўлганлиги туфайли тери хужайраларнинг кўпайишига имкон яратиш, яраларни тез битишини таъминлай олганлиги сабаб тиббиётда уларга бўлган этиёж ортиб бормоқда. Шу боис, ушбу йўналишда назарий-амалий тадқиқотларни амалга ошириш ҳамда юқори биологик фаолиққа эга бўлган хитозан ва унинг ҳосилалари асосида наноматериаллар яратиш истиқболларини юзага келтиради.

**Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Наманган давлат университети ва Полимерлар кимёси ва физикаси институти билан ҳамкорликдаги илмий тадқиқот ишлари режасининг АХ-ОТ-012-004 рақамли Ёш олимларнинг академик ҳаракатчанлиги “Карбоксиметилхитозан *Bombyx mori* асосида электроспиннинг усулида нанотола яратиш” (2017 й.); БМТ ЮНЕСКОнинг “Буюк девор” дастури

(2011-2012 йй.) ҳамда “Истеъдод” давлат дастури (2018 й.) доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** электроспиннинг усулида хитозан *Bombyx mori* ва унинг ҳосилаларидан нанотолалар олиш ҳамда уларнинг хоссалари ва морфологиясини ўрганишдан иборатдир.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

хитозан *Bombyx mori* ва унинг карбоксиметилланган ҳосиласидан белгиланган диаметрдаги нанотолаларни олишда ишчи эритмаларнинг мақбул таркибини ишлаб чиқиш;

хитозан *Bombyx mori* ва карбоксиметилхитозан эритмаларини электроспиннинг жараёни кўрсаткичларини оқимнинг динамик тавсифларига, толанинг ўртача диаметри ва диаметр бўйича тақсимланишига ҳамда улар асосидаги нотўқима материалларнинг тузилиши ва хоссаларига таъсирини тадқиқ қилиш;

белгиланган диаметрдаги нуқсонсиз нанотолалар олиш учун хитозан *Bombyx mori* ва карбоксиметилхитозан электроспиннинг жараёнининг мақбул шароитни аниқлаш;

хитозан *Bombyx mori* ва карбоксиметилхитозанинг молекуляр- массавий тавсифлари ва нанотолаларнинг морфологияси орасидаги боғлиқликни тадқиқ қилиш.

**Тадқиқотнинг объекти** - турли молекуляр массали ҳамда турли деацетиллаш ва алмашиниш даражали хитозан *Bombyx mori* ва унинг ҳосилалари намуналари ҳисобланади.

**Тадқиқотнинг предмети** - хитозан *Bombyx mori* ва унинг ҳосилалари эритмаларининг электроспиннинг жараёнининг кўрсаткичларини ўрганиш, шу билан бирга уларнинг молекуляр-массавий тавсифларини олинадиган нанотолаларнинг сифатига таъсирини аниқлашдан иборат.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Тадқиқотларда электроспиннинг усули, Н<sup>1</sup>ЯМР-спектроскопияси, гель-ўтказувчи хроматография, кондуктометрик титрлаш, вискозиметрия ва бошқа физик-кимёвий усуллардан фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

илк бор хитозан *Bombyx mori* ва унинг ҳосиласи бўлган карбоксиметилхитозандан белгиланган диаметрли нанотолалар олинган;

электроспиннинг усулида хитозан *Bombyx mori* ва унинг ҳосиласи карбоксиметилхитозандан нанотолалар олишнинг мақбул шароитлари аниқланган;

хитозан *Bombyx mori* ва унинг ҳосиласи карбоксиметилхитозанинг молекуляр -массавий тавсифлари ва олинган нанотолаларнинг морфологияси орасидаги боғлиқлик исботланган;

нанотолаларнинг морфологияси хитозан *Bombyx mori* ва карбоксиметилхитозанинг электроспиннинг жараёни кўрсаткичларига боғлиқлиги асосланган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

хитозан *Bombyx mori* ва карбоксиметилхитозан ишчи эритмаларининг

таркиби ҳамда улар асосида нотўқима материаллар олишнинг фундаментал ва амалий ечимлари таклиф қилинган;

электроспиннинг усулида хитозан *Bombyx mori* ва карбоксиметилхитозан нанотолалари олишнинг мақбул шароитлари аниқланган;

хитозан *Bombyx mori* ва карбоксиметилхитозан асосида олинган нотўқима материаллар юқори адсорбцион хусусиятни намоён қилиши аниқланган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончилиги.** Электроспиннинг усулида хитозан *Bombyx mori* ва унинг ҳосилаларидан нанотолалар олиш бўйича олиб борилган тажрибалар замонавий физик-кимёвий усуллар ёрдамида олинди. Иш бўйича хулосалар илмий жиҳатдан асосланганлиги ва юқори аниқликдаги асбоблардан фойдаланган ҳолда эришилган натижалар 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, хитозан *Bombyx mori* ва унинг ҳосилалари асосида нанотолалар олишнинг фундаментал ечимлари орқали полимерларнинг молекуляр-массавий тавсифлари, жараённинг кўрсаткичлари ва нанотолаларнинг морфологияси орасидаги ўзаро боғлиқлик, электрофизик ва реологик хусусиятлари бўйича қонуният аниқланган.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти, хитозан ва карбоксиметилхитозан асосида биологик фаол, махсус хоссаларга эга бўлган нанотолали нотўқима материаллар олишдан иборат. Тадқиқот натижаларининг амалий тадбиғи, экспериментал тадқиқотлар асосида топилган нанотолаларни шакллантиришнинг мақбул шароитлари бошқа тур полимерлар асосида нанотолалар олишда электроспиннинг усулининг самарадорлигини оширишда фойдаланиш имконини беришдан иборат.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Электроспиннинг усули орқали хитозан *Bombyx mori* ва унинг ҳосилалари асосида нанотолалар олиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

хитозан ва унинг ҳосилалари эритмаларининг реологик хоссаларини тадқиқот натижаларидан А-4-13 рақамли “Электроспиннинг усулида фиброин, хитозан ва акрилонитрил сополимери асосида нанотолали нотўқима материаллар олиш технологиясини ишлаб чиқиш” мавзусидаги амалий лойиҳасида электроспиннинг усулида акрилонитрил сополимери ва ипак фиброини эритмаларидан нанотолали қатламли нотўқима материаллар олишдаги полимер эритмаларининг реологик хоссаларини электроспиннинг жараёнига таъсирини ўрганишда фойдаланилган (Ўзбекистон Республикаси Олий ва Ўрта махсус таълим вазирлигининг 2020 йил 4 декабрдаги № 89-03-5081-сон маълумотномаси). Натижада электроспиннинг усулини самарадорлигини оширишда эритманинг қовушқоқлиги ва сирт таранглигини жараён параметрлари (кучланиш, игна диаметри, электродлар орасидаги масофа) орасидаги боғлиқликни тадқиқ қилиш имконини берган;

хитозан ва унинг ҳосилаларини молекуляр массавий тавсифларини улар асосида олинган нанотолаларнинг морфологияси билан боғлиқлигини ўрганишда олинган натижалардан Ф-А-2018-033 рақамли “Табиий ипак ва пахта чиқиндиларидан нанотолали, наноғовакли материаллар олишнинг электроспиннинг усулини такомиллаштириш” мавзусидаги фундаментал лойиҳасида электроспиннинг усули ёрдамида олинган нанотолали материалларни морфологиясини бошқаришда фойдаланилган (Ўзбекистон Республикаси Олий ва Ўрта махсус таълим вазирлигининг 2020 йил 4 декабрдаги № 89-03-5081-сон маълумотномаси). Натижада нанотолали материаллар морфологиясини (ўртача диаметр, нуқсонсиз) полимерларнинг молекуляр массавий тавсифларини ўзгартириш орқали назорат қилиш имконини берган;

электроспиннинг усулида олинган хитозан тутган нанотолали материалларнинг мустаҳкамлигини оширишда ва сорбциясини ўрганишдаги олинган натижалар “Hemostasis Application of Foam Dressing Material Based on Chitosan” Хитой Шимолий-шарқ Педагогика университети ва Хитой Фанлар Академияси Амалий Кимё институтининг фундаментал лойиҳасида хитозан асосида тайёрланган гемостатик хоссага эга боғлов материалларни муҳит ўзгаришига чидамлилигини оширишда фойдаланилган (Хитой Шимолий-шарқ Педагогика университетининг 2020 йил 9 сентябрдаги маълумотномаси). Натижада нанотолали материалларни нейтрал ва кучсиз асосли муҳитда толали тузилишини сақлаб қолиш хусусиятини аниқлаш ва сорбцион хоссаларини тадқиқ қилиш имконини берган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Диссертация бўйича олинган асосий натижалар 9 та республика ва 4 та халқаро илмий-амалий анжуманларида маъруза қилинган ва муҳокамадан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши.** Диссертация мавзуси бўйича жами 21 та илмий ишлар чоп этилган, шулардан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг фалсафа докторлик (PhD) диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 7 та мақола, шу жумладан, 5 таси республика ва 2 таси хорижий журналларда нашр этилган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация кириш қисми, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхатидан иборат. Диссертациянинг ҳажми 108 бетни ташкил этади.

## 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, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши ҳақида маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **“Хитозан ва унинг ҳосилаларидан электроспиннинг усулида нанотолалар олиш жараёни ва уларни қўлланилиш соҳалари ҳақидаги умумий тассавурлар”** номли биринчи бобида хитозан (ХЗ) ва унинг ҳосиласи карбоксиметилхитозан (КМХЗ) асосида нанотолалар олишда электроспиннинг жараёнининг (ЭС) баъзи бир қонуниятлари тўғрисидаги адабиётлардаги маълумотлар ҳамда улар асосидаги нанотолаларни (НТ) ишлатилиши ва истиқболдаги фойдаланишга бағишланган адабиётлар шарҳи келтирилган.

Диссертациянинг **“Тадқиқот объектлари ва усуллари”** номли иккинчи бобида мазкур диссертация доирасида тажрибаларни ўтказиш учун танланган объектлар, ХЗ ва КМХЗ намуналарининг тузилиши ҳамда физик-кимёвий тавсифларини ўрганиш, полимер эритмаларининг реологик тадқиқот ва сирт таранглигини ўлчаш усуллари, алоҳида толанинг ва нотўқима материалларнинг ўлчамли тавсифларини сканерли электрон микроскоп орқали ўрганиш методлари тавсифланган.

Диссертациянинг **“Ишчи эритмалар тайёрлаш учун тадқиқот объектларининг молекуляр-массавий тавсифларини ўрганиш”** номли учинчи боби натижалар ва уларнинг муҳокамасидан ташкил топган. ХЗ и N,O- ва O-КМХЗ намуналари синтези қилинган, кондуктометрик титрлаш орқали уларнинг деацетиллаш ва алмашилиш даражаси ўрганилган. Натижада ХЗ турли деацетиллаш даражасида (71, 72 ва 79 %), N,O-КМХЗ (0,77 ва 1,00) ва O-КМХЗ ларнинг турли алмашилиш даражасидаги (0,55 ва 0,79) намуналари олинган.

Намуналарнинг ўртача қовушқоқли молекуляр масса қийматлари ( $M_n$ ) ХЗ учун (144 кДа, 128 ва 102 кДа), N,O-КМХЗ учун (98 ва 68 кДа) ва O-КМХЗ учун (100 ва 60 кДа) лардан иборат.

Намуналарнинг гелъ ўтказувчи хроматография учули ёрдамида топилган молекуляр масса қийматлари ва полидисперслик даражалари 1-жадвалда келтирилган.

1-жадвал

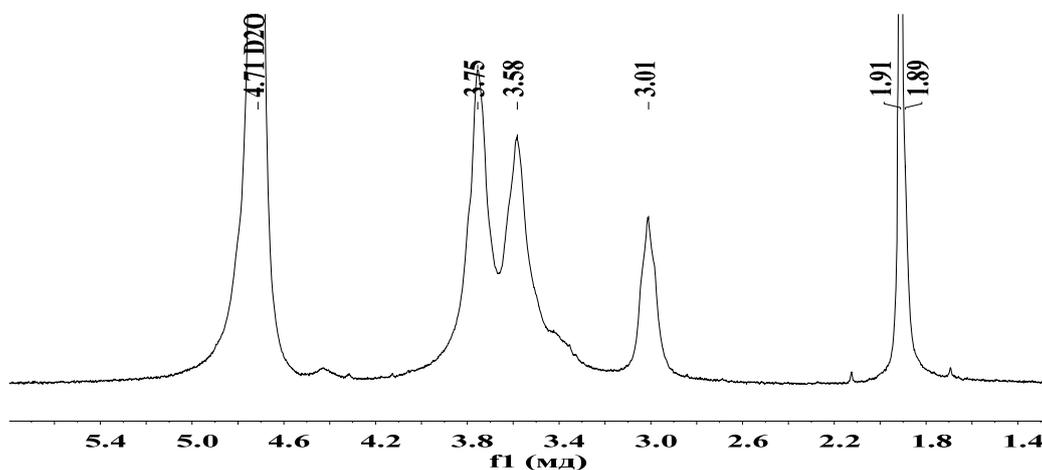
**ХЗ ва КМХЗ намуналарининг тавсифлари**

№	Катталик	ХЗ-1	ХЗ-2	ХЗ-3	N,O-КМХЗ-1	N,O-КМХЗ-2	O-КМХЗ-1	O-КМХЗ-2
1	Ўртача сонли молекуляр масса, кДа	85	73	69	63	31	62	26
2	Ўртача оғирлик молекуляр масса, кДа	119	114	101	104	75	103	61
3	Z-ўртача молекуляр масса, кДа	143	142	127	139	126	132	102
4	Полидисперслик индекси	1,4	1,5	1,4	1,6	2,3	1,6	2,3

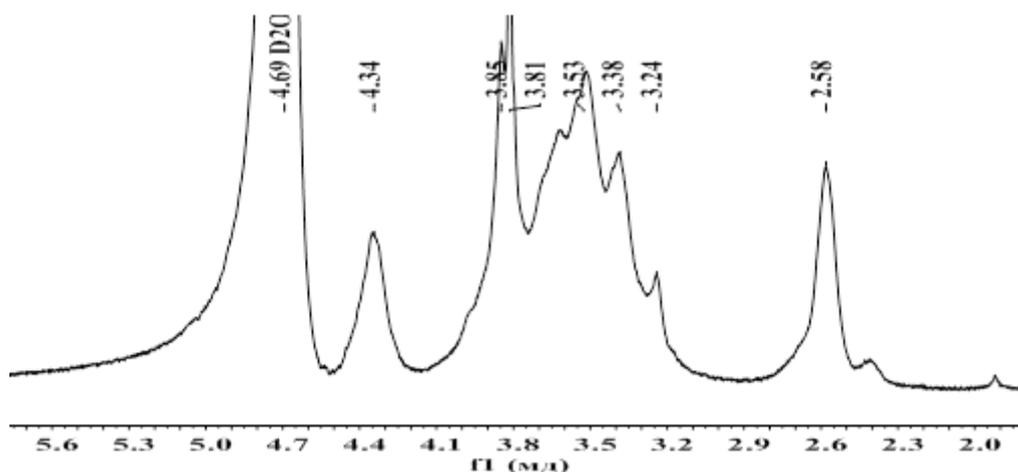
Ўтказилган тадқиқотлар асосида хитозан *Bombyx mori* ва карбоксиметилхитозан объектларининг молекуляр-массавий тавсифлари улар асосида ишчи эритмалар тайёрлаш учун тадқиқ қилинган.

Полимерларнинг тавсифли катталикларини улар асосида олинган нанотолаларнинг морфологиясига таъсирини батафсил ўрганиш учун синтез шароитларини алмаштириш орқали турли молекуляр массали ва турли деацетиллаш даражали (ДД) ҳамда турли алмашиниш даражали (АД) ХЗ, N,O-КМХЗ ва O-КМХЗ намуналари тайёрлаб олинган.

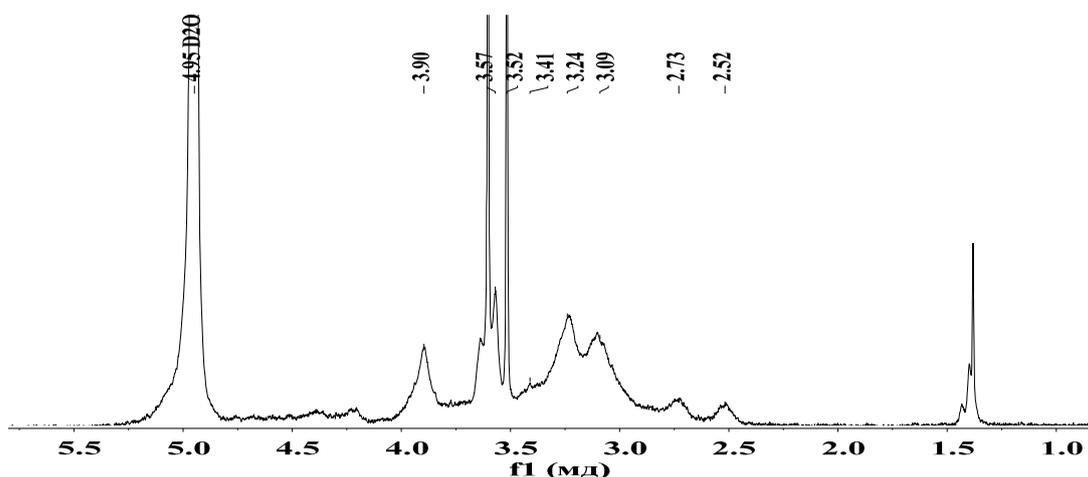
ХЗ *Bombyx mori* намунасининг спектри таҳлили протонларнинг 1,91 ppm (CH<sub>3</sub>, ХЗ даги ацетоамид гуруҳ), 3,01 (CH, глюкозамин халқадаги 2-углерод), 3,58 (CH, глюкозамин халқадаги амина гуруҳ алмашган 2-углерод), 3,7-3,9 (CH, глюкозамин халқадаги 3, 4, 5 ва 6-углерод углерод), 4,71 (CH, глюкозамин халқадаги 1-углерод) тартибда тақсимланишини кўрсатади (1-расм).



1-расм. Хитозаннинг <sup>1</sup>H ЯМР- спектри



2-расм. N,O- Карбоксиметилхитозаннинг <sup>1</sup>H ЯМР- спектри



3-расм. O- Карбоксиметилхитозаннинг  $^1\text{H}$  ЯМР- спектри

Намуналар спектри таққосланган таҳлили хитозан спектридаги барча ўзига хос чўққилар мавжудлигини кўрсатди ҳамда 2- ва 6- ҳолатлардаги  $\text{N-CH}_2$ - ва  $\text{O-CH}_2$ - ларнинг карбоксил гуруҳлари икки протонларига мос 3,24 ва 4,34 ppm янги чўққилар аниқланди (2-расм). Бу эса N,O-КМХЗ *Bombyx mori* ҳосил бўлганидан далолат беради. O-карбоксиметилхитозан спектрининг таҳлили 6- ҳолатдаги O- ва  $\text{CH}_2$ - ларнинг карбоксил гуруҳлари икки протонларига мос 3,9 ppm даги чўққини кўрсатади (3-расм).

**“Полимерлар ишчи эритмалари хоссаларини тадқиқ қилиш”** номли тўртинчи боб узун нанотолаларнинг ҳосил бўлишига олиб келувчи, ўртача диаметр ва нанотолаларнинг сифатини белгиловчи барқарор оқимни ҳосил бўлишига олиб келувчи жараён кўрсаткичларини ва эритма хоссаларини ўрганишга бағишланган. Шу мақсадда электроспиннинг учун ХЗ ва КМХЗ эритмаларининг юқори ва қўйи концентрацияларини аниқлаш учун тажрибалар ўтказилди. Натижалар 5 дан 8% эритма концентрациялари бироз “томчи” кўринишидаги нуқсон тутган нанотолалар ҳосил бўлиши мумкинлигини кўрсатди. Лекин, барча эритмаларнинг 5% дан паст концентрацияларида фақат томчилар ҳосил бўлганлиги кузатилди. Шунинг учун электроспиннингнинг мақбул шароитларини аниқлаш учун турли кўрсаткичларни ўрганишга қаратилган тадқиқотлар режаси тузилди (2-жадвал). Тадқиқотда тола ва нотўқима материаллар олиш учун полимерларнинг сирка кислотаси (СК) ҳамда трифторсирка кислоталари (ТФСК) даги эритмаларининг концентрациялари 2 дан 9% гача кенг диапазонда ишлатилди.

Тажрибалар натижасида барча полимер намуналарининг 5 % дан қўйи концентрацияларида ЭС жараёнида кўринарли барқарор оқим ҳосил бўлишига эришилмади (2-жадвал). СК концентрациясининг НТ ҳосил бўлишига таъсирини ўрганиш ҳамда қўйи концентрацияда кислотадан фойдаланиш имконини ўрганиш мақсадида СК концентрациясини 10-90 % ўзгартириб ўрганилди. Кислота концентрациясининг таъсирини ўрганиш мақсадида ХЗ-2 ( $M_n=128\text{кДа}$ , ДД=72%) намунасини 5-9% концентрацияларда кислотанинг турли концентрациялари учун қўлланилди.

**Электроспиннинг жараёнини 90% СК ва ТФСК эритувчиларда ўтказиш шароитининг экспериментал режаси**

№	Намуналар	Концентрация (%)	Кучланиш (кВ)	Электродлараро масофа (см)
1	X3-1	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	10, 15, 20, 25, 30, 35, 40	10, 15, 20
2	X3-2	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	10, 15, 20, 25, 30, 35, 40	10, 15, 20
3	X3-3	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	10, 15, 20, 25, 30, 35, 40	10, 15, 20
4	N,O-KMX3-1	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	10, 15, 20, 25, 30, 35, 40	10, 15, 20
5	N,O-KMX3-2	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	10, 15, 20, 25, 30, 35, 40	10, 15, 20
6	O-KMX3-1	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	10, 15, 20, 25, 30, 35, 40	10, 15, 20
7	O-KMX3-2	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	10, 15, 20, 25, 30, 35, 40	10, 15, 20

Натижа шуни кўрсатдики, ишчи эритмалар олиш учун ишлатилган сирка кислотасининг 50% дан юқори концентрацияларидагина кўп миқдорда томчи тутган бўлса ҳам нанотолалар йиғилиши мумкинлиги намоён бўлди, хаттоки, полимернинг миқдорини оширилганда ҳам. СК концентрацияси 90% гача оширилганда сифатли узун НТ ҳосил бўлди, 10% СК ишлатилганда барча ҳолатларда НТ ҳосил бўлиши кўзатилмади.

X3-2 нинг сирка кислотасидаги 5% ли эритмасининг сирт таранглигини тадқиқ қилишда сирка кислотаси эритмасининг концентрацияси 50% дан 90% гача ортиб боришида хитозан эритмасининг сирт таранглиги 33,7 дан 30,6 мН/м қийматгача камайиши кузатилди. Шунинг учун 90% ли сирка кислотаси нисбатан кўпроқ мос келиши аниқланди. Чунки, у қўйи кислота концентрациясидан тайёрланган бир хил концентрациядаги эритма билан солиштирилганда 90% кислотадан тайёрланган эритма энг паст сирт таранглик қийматига жавоб бериб, шу билан бирга оқимдаги заряд зичлигини оширади, бу эса барқарор тўхтамайдиган оқим ҳосил қилишда кичик қийматдаги электр майдон қийматидан фойдаланиш имкониятини яратади.

Юқори концентрациядаги СК қўйи қийматдаги сирт таранглигига мос келиши ЭС жараёни учун муҳим параметр ҳисобланади, чунки сирт таранглик жараённинг самарадорлигига кучли таъсир кўрсатади.

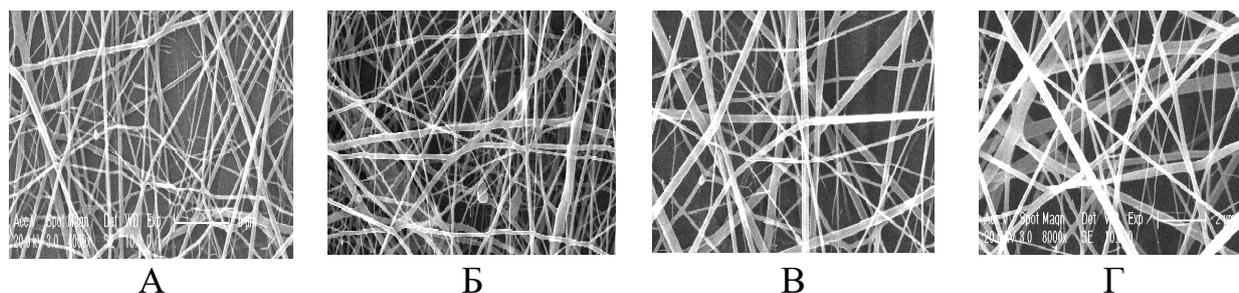
X3-2 нинг турли 50, 60, 70, 80 ва 90% ли концентрацияли СК даги эритмаларининг динамик қовушқоқлиги реологик тадқиқотлари хар бир ҳолатда қовушқоқликни пасайишини кўрсатади: 5% ли эритма учун 43,6 дан 26,2 Па·с гача, 6 % ли учун 45,3 дан 27,7 Па·с гача, 7% лида 46,7 дан 30,0 Па·с гача ва 8% ли эритма учун 47,2 дан 34,2 Па·с гача.

Сирка кислотасининг юқори (90%) концентрациясини ишлатиш паст концентрацияли СК ишлатилиб тайёрланган бир хил концентрацияли эритмаларга солиштирилганда ишчи эритманинг қовушқоқлик қиймати

нисбатан паст бўлишига эътибор қаратиш зарур. Бу эса уни ЭС учун истиқболли эритувчи қилади.

ХЗ-1 (144 кДа ва ДД=71%) нинг 6% ли ишчи эритмасидан нанотола олишни тадқиқ қилишда жараённинг бошқа параметрлари (электродлар орасидаги масофа ва игна диаметри) ўзгармас қийматда бўлганда шуни кўрсатдики, электр майдонни 1 дан 2,66 га бир меъёра оширилганда НТ нинг ўртача диаметри 201 дан 95,4 нм гача камаяди. Худди шундан концентрацияли эритма учун игна ўлчами 5-9 катталаштирилганда (ички диаметри 0,232 - 0,56 мм) НТ нинг ўртача диаметри 146,7 дан 203 нм гача ортишига олиб келди. Концентрацияси 7% дан юқори бўлган ХЗ-1 эритмасини электроспиннинг қилиш олинган эритманинг юқори қовушқоқлиги сабаб жараёнда турғун бўлмаган оқим ҳосил бўлганлиги туфайли қийин бўлди. Лекин, 5, 6 ва 7% концентрацияларда айрим томчилар тутган толалар ҳосил бўлиши кузатилди. Бундай концентрациялар жараён учун мақбул қовушқоқлик қиймати ҳисобланади. Бундан ташқари узлуксиз оқимнинг шаклланиши учун маълум даражада зарур бўлган макромолекуланинг уланиш имкониятини яратади.

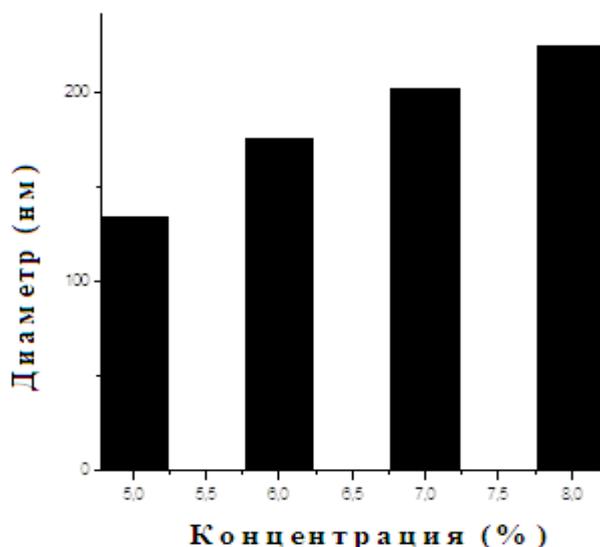
ХЗ-2 ( $M_n=128$  кДа, ДД=72%) нинг СК даги 5, 6, 7 ва 8% ли эритмалари мисолида концентрациянинг НТ морфологиясига таъсирини тадқиқ қилишда эритма концентрациясининг ошиши толанинг ўртача диаметри 134 дан 225 нм гача ортишини, бир вақтда “томчи” кўринишидаги нуқсонларнинг камайишини кўрсатди (4-расм). Хитозан концентрацияси 5 дан 8% ошганда тола диаметри тақсимланиши кенгаяди (5-расм). Бу эса йўғон ва майин толаларни ҳосил бўлиши мумкинлигини кўрсатади. Бу ўз навбатда игна учуда Тейлор конусини чўзилишга бўлган қаршилиги билан боғлиқ бўлиши мумкин.



**4-расм. ХЗ-2 ( $M_n=128$  кДа, ДД=72%) 90% СК эритувчидаги 5% (А), 6% (Б), 7% (В) ва 8% (Г) эритмаларидан олинган нанотолали материални морфологик тузилиши**

Сирка кислотасидаги 8% дан юқори бўлган концентрациялар учун хона ҳароратида ХЗ-2 намунасининг эриши қийин бўлди. Эригандан кейин электроспиннинг амалга ошириб кўрилди, лекин, электр майдоннинг қиймати хитозан эритмасининг қовушқоқлиги ва сирт таранглигининг биргаликдаги эффектини енгиш учун етарли бўлмади.

ХЗ намуналари ДД нинг НТ морфологиясига таъсирини ўрганиш ЭС жараёни ҳамда НТ морфологиясига таъсир этувчи асосий хал қилувчи омиллардан бири ҳисобланишини алоҳида қайд этиш лозим. Маълумки, юқори деацетилланиш даражаси кислотали муҳитда хитозан занжирида мусбат зарядларни ортирувчи мўл миқдордаги аминогурӯхлар билан боғлиқ. Электр майдоннинг маълум қийматида ХЗ деацетилланиш даражасининг ортиши билан толанинг ўртача диаметри ошиши аниқланди. Шундай қилиб, ДД=71% бўлган ХЗ намунаси учун толанинг ўртача диаметри 1 ва 1,33 кВ да мос равишда 201 ва 174 нм ни ташкил қилди, ДД=79% бўлган ХЗ намунаси учун эса 229 ва 218 нм бўлди.



**5-расм. Нанотоллар ўртача диаметрининг эритма концентрациясига боғлиқлиги**

1 кВ/см да ДД=79% бўлган ХЗ намунадан олинган нанотола ДД=79% ли ХЗ намунадан олинган нанотолага қараганда таркибида томчининг кўплиги ва биржинсли толаларнинг камлигини кўрсатганини такидлаш лозим.

Тола диаметрининг ортиши деацетилланиш даражасини ошиши билан хитозаннинг эрувчанлигини ортишига боғлиқлик эҳтимоли аниқланди. Бу ҳам жараённи муваффақиятли олиб бориш учун кам аҳамиятли ҳисобланмайди.

90% ли сирка кислотасидаги N,O-КМХ3-1 ( $M_n=98$  кДа, АД=0,77) ва N,O-КМХ3-2 ( $M_n=68$  кДа, АД=1,00) намуналарнинг ЭС усулида НТ шаклига келтириш жараёнини тадқиқ қилиш натижалари бошқарилувчан диаметрли нуқсонсиз бир жинсли НТ олиш имконини кўрсатди.

Электр майдони 1,75 кВ/см бўлганда 6% ли N,O-КМХ3-1 ва 7% N,O-КМХ3-2 нинг СК даги ишчи эритмасидан ўртача диаметри 120-200 нм ли сифатли НТ олиш имконияти аниқланди.

O-КМХ3 намуналари эритмаларидан олинган СЭМ таҳлили натижалари шунини кўрсатдики, АД 0,55 дан 0,79 гача ошиши билан НТ нинг ўртача

диаметри ортади. Бу етарли юқори алмашилиш даражасида занжирлар аро тикилиш эҳтимоллиги ошиши туфайли полимер занжирлари орасида кўндаланг боғлар ҳосил бўлиш эҳтимоллиги юқорилиги билан боғлиқ бўлиб, макромолекулаларнинг тармоқланишига сабаб бўлган.

Иккинчи эритувчи трифторсирка кислотаси (ТФСК) юқори буғланувчан бўлганлиги сабабли уни ЭС да кўп ишлатилиши туфайли мазкур тадқиқотда ҳам фойдаланилган. ХЗ ва КМХЗ ни электроспиннинг қилиш учун ТФСК нисбатан мос келадиган эритувчилигига сабаб ТФСК хитозан амногурухлари билан туз ҳосил қилади, бу эса ундаги ортиқча зарядни камайтиради, натижада нанотолани максимал тортилишига олиб келади.

ТФСК даги хитозан эритмасининг тортилиш қобилиятини намоён қиладиган юқори концентрациясининг чегараси 9% бўлиши аниқланди. Бундай концентрацияда ХЗ эритмаси юқори қовушқоқ бўлганлигидан жуда катта қийматдаги электр майдонда ҳам игнадан чиқмайди.

ХЗ-1 ва ХЗ-2 намуналари учун ТФСК даги 6 - 9%ли концентрацияли ишчи эритмаларда 1,5 кВ/см доимий электр майдонида тажрибалар ўтказилди. Полимер концентрацияси ортиб бориши билан НТ ўртача диаметри ошиши кузатилди, эритманинг қовушқоқлиги ортиши билан сепилиш даврида оқимнинг чўзилишига тўсиқ ортиши, шу билан бирга қовушқоқликнинг маълум бир қийматида “томчи” кўринишидаги нуқсонсиз биржинсли текис толаларни ҳосил бўлиши учун зарур бўлган макромолекуланинг ўзаро боғланиш имконияти пайдо бўлди.

Хитозаннинг ДД нанотолаларнинг ўртача диаметрига таъсири тола диаметр тақсимланиши ДД ортиши билан ортиши, бу ўз навбатда юқори ДД қўйи ДД билан солиштирилганда йўғон НТ ҳосил бўлишига олиб келиши билан исботланди. Электр майдон қийматини ўзгартириш орқали НТ диаметрини бошқариш мумкинлиги аниқланди. Электр майдон қийматини ХЗ-1 намунасини 7 % эритмасида 1, 1,33, 1,5 дан 2 кВ/см оширилганда НТ ўртача диаметри 138, 128, 121 дан 94 нм камайиши кузатилди.

Эритманинг концентрациясини ортиши толани ўртача диаметри катталанишига, электр майдон қийматини ортиши эса тола диаметрини кичиклашишига олиб келиши аниқланди (3-жадвал). КМХЗ эритмасини ЭС жараёнини ўрганишда муаммоларга учралди чунки бу полимер занжирида кўп миқдорда заряд мавжуд бўлиб оқим ҳосил бўлишига тусқинлик яратади.

КМХЗ молекуласидаги ортиқча заряд муаммосини хал қилиш мақсадида турли нисбатларда ТФСК эритувчисига дихлорметан (ДХМ) органик эритувчисини қўшилди (6-расм), чунки ДХМ қуйи электроўтказувчанликга, ҳамда паст қайнаш ҳароратига (39,8°C) эгаллиги эритувчининг тез буғланишига олиб келади, бу эса НТ ҳосил бўлиши учун муҳим ҳисобланади.

N,O-КМХЗ-1 намунасининг 7% эритмасидан сифатли ўртача 230 нм ва диаметр тақсимланишида 180 - 420 нм толаларни олишда 70 : 30 ҳажм нисбатидаги ТФСК : ДХМ эритувчиларни аралашмаларида 2 кВ/см электр

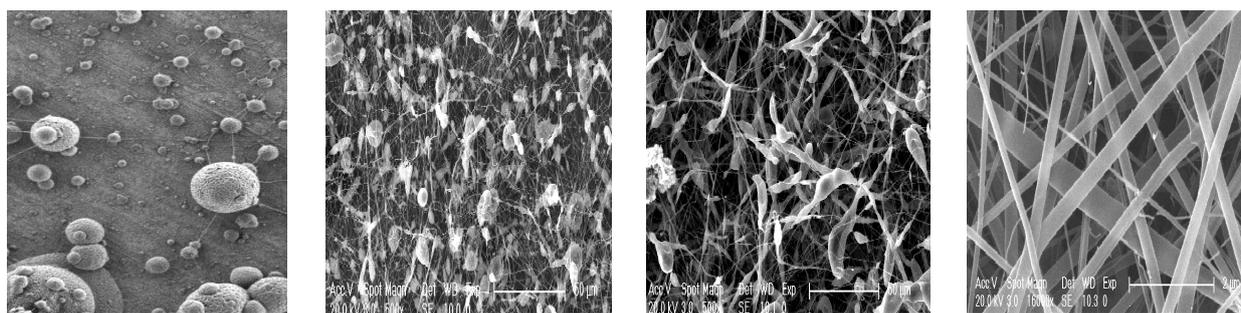
майдон, шприц ва йиғгич орасидаги масофа 15 см энг қўлай шароит деб топилди.

3-жадвал

**ХЗ ТФСК дан олинган нанотолаларни турли электр майдон қийматларида, концентрацияларда ва ДД ўртача диаметри**

№	ХЗ концентрацияси (С%)	Кучланиш (кВ)	Электродлараро масофа (см)	Электр майдон (кВ/см)	НТ ўртача диаметри, нм (ДД=71%)	НТ ўртача диаметри, нм (ДД=79%)
1	6	15	15	1	118	159
2		20	15	1.33	95	126
3		30	15	2	89	119
4		40	15	2.66	78	88
5	7	15	15	1	145	176
6		20	15	1.33	128	134
7		30	15	2	124	129
8		40	15	2.66	85	102
9	8	15	15	1	237	246
10		20	15	1.33	229	236
11		30	15	2	216	232
12		40	15	2.66	186	202

О-КМХЗ-1 ( $M_n=60$  кДа,  $AD=0,79$ ) ТФСК эритувчидаги тадқиқот натижалари нуқсонсиз 186 нм ўртача диаметридаги НТ олишда 8% концентрация ҳамда 1,5 кВ/см электр майдон энг қўлай деб топилди.



А

Б

В

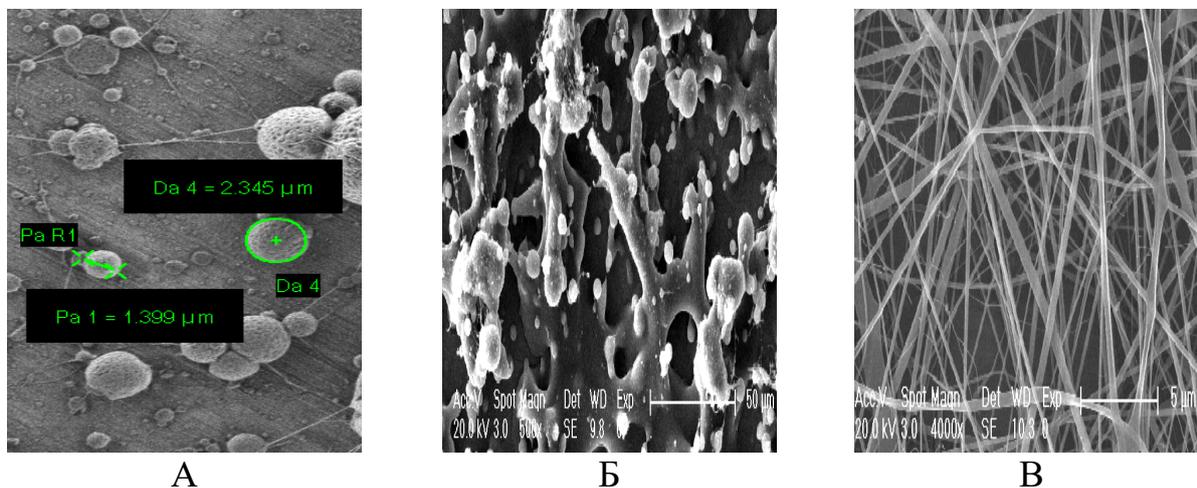
Г

**6-расм. 7% N,O-КМХЗ-1 эритувчи ТФСК (А), 7% N,O-КМХЗ-1 эритувчи ТФСК/ДХМ (90/10) (Б), 7% N,O-КМХЗ-1 эритувчи ТФСК/ДХМ (80/20) (В), 7% раствора N,O-КМХЗ-1 эритувчи ТФСК/ДХМ (70/30) (Г) нанотолали материалларнинг морфологик тузилиши**

Эритма концентрацияси 8% дан кам ҳолатда олинганда нанотолалар ўрнига нанозаррачалар ҳосил бўлишига олиб келди. (7-расм (А)).

ХЗ ва КМХЗ нанотолали мембранаси нейтрал муҳит билан таъсирланганда эриб кетади, бу унинг қўлланилишини кескин чегаралайди.

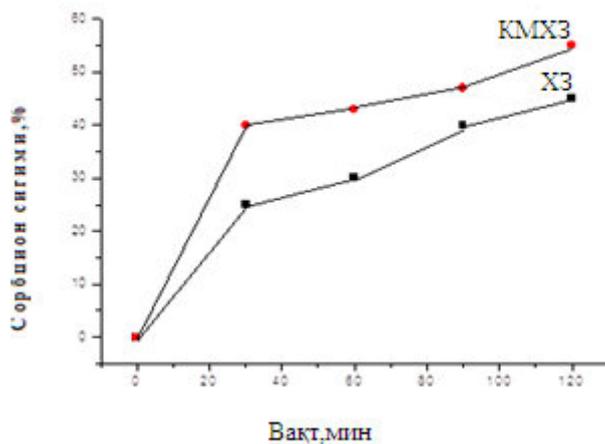
Барқарорлаш мақсадида 6 соат 2М  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  эритмаси ёрдамида нейтралланган толали материални СЭМ расмларини таҳлили морфологиясида сезиларни ўзгариш бўлмаганлигини ва дистилланган сувда 24 соат давомида нанотолали тузилишини сақлай олишини кўрсатди.



**7-расм. О-КМХЗ-1 ( $M_n=60$  кДа,  $AD=0,79$ ) эритувчи ТФСК 6% (А), 7% (Б) ва 8% (В) эритмаларидан 1,5 кВ /см электр майдонида олинган 186 нм ўртача диаметрдаги нанотолали материални морфологик тузилиши**

Нотўқима материалларнинг сув буғларига нисбатан сорбцион хоссаларини аниқлашда тортма методидан фойдаланилди.

ХЗ ва КМХЗ эритмаларидан ҳосил қилинган нанотолали материалларнинг сорбцион сиғим кўрсаткичлари 20 дан 58% гача бўлди (8-расм). Бу эса уларнинг юқори намлик ютувчанлик хусусиятга эга эканлигидан далолат беради. Бу полимерларнинг ўзига хос тузилишлари билан боғлиқ. Толада сорлиштирма юзасини оширадиган ва материал сиртига кўп миқдорда нам ютишини тامينлайдиган майда ғоваклар бўлиши мумкин.



### 8-расм. X3 ва KMX3 эритмаларидан электроспиннинг усулида олинган нанотолали материалларнинг сув буғларини ютиш кинетикаси

Нанотолаларнинг сорбцион сифимини ўрганиш борасидаги тадқиқотлар шуни кўрсатадики, KMX3 нанотолаларининг сорбцион хоссалари X3 га нисбатан юқори бўлди. Бу эса кўп микдордаги карбоксил гуруҳларнинг иштироки туфайли KMX3 нинг сувда яхши эришини таъминлайдиган (молекулалараро ва ичкимолекуляр турдаги) кучли водород боғланишларга олиб келиши сабабли KMX3 нинг кучли гидрофиллигини исботлайди.

## ХУЛОСА

“Электроспиннинг усули орқали хитозан *Bombyx mori* ва унинг ҳосилаларидан нанотолалар олиш” мавзусида фалсафа доктори (PhD) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижасида қуйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Илк бор электроспиннинг усулида сирка ва трифторсирка кислота эритувчиларда концентрация, электр майдон қиймати ва игна диаметри каби жараён кўрсаткичларини ўзгартириб, турли хил диаметрда X3, N,O-KMX3 ва O-KMX3 *Bombyx mori* нанотолалари олинди.

2. Полимер эритмалари тайёрлаш учун ишлатиладиган эритувчиларнинг мақбул таркибини аниқлаш учун қилинган тадқиқотлар натижасида 90% сирка кислота эритмаси оптимал деб топилди. Уни концентрацияси паст бўлган кислотадан тайёрланган бир хил концентрациядаги эритма билан солиштирилганда 90% ли кислотадан тайёрланган эритма энг кичик сирт таранглик қийматига ва паст қийматдаги қовушқоликка эга бўлади. X3-2 нинг 5% ли эритмаларида эритувчидаги СК нинг концентрацияси 50% дан 90% гача ортиб борганда полимер эритмасининг сирт таранглиги 33,7 дан 30,6 мН/м гача камайдди. X3-2 нинг 50, 60, 70, 80 ва 90% СК ли эритувчилардаги эритмасининг динамик қовушқоқлиги камайиб боришини кўрсатди (5 % ли эритмада 43,6-26,2 Па·с, 6% лида 45,3-27,7 Па·с, 7% лида 46,7-30,0 Па·с ва 8% ли эритмада 47,2-34,2 Па·с). Ўртача диаметри 100-200

нм бўлган равон ва сифатли НТ олиш учун концентрацияси 7-8% ли (34,2-36 Па·с) ХЗ-2 ( $M_n=128$  кДа, ДД=72%) эритмаси мақбул деб топилди.

3. НТ морфологиясига жарён кўрсаткичлари (электр майдон қиймати, игна диаметри ва электродлар орасидаги масофа) таъсир қилиши исботланди. ХЗ-1 (144 кДа, ДД=71%) нинг 6 %ли эритмасидан олинган НТ нинг диаметри электр майдон қийматини 1 дан 2,66 кВ/см гача оширилганда 201 дан 95,4 нм гача камаяди, ўша концентрацияли эритма учун жараённинг бошқа кўрсаткичларини ўзгартирмасдан игна ўлчамини 5-9 гача катталаштирилганда (ички диаметри 0,232 - 0,56 мм) катталаштирилганда НТ диаметри 146,7 дан 203 нм гача ортади.

4. Толанинг ўртача диаметрига полимер концентрациясининг таъсири аниқланган. ХЗ-2 ( $M_n=128$  кДа, ДД=72%) нинг СК даги эритмасининг концентрацияси 5, 6, 7 ва 8% гача ортиши толанинг ўртача диаметрини 134 дан 225 нм гача ошириб, турли диаметрдаги толалар тарқалишини кенгайтиради. ТФСК га органик эритувчи ДХМ қўшиш НТ сифатини сезиларли оширади. N,O-КМХЗ-1 7% ли эритмасида эритувчилар ТФСК:ДХМ ларнинг мақбул ҳажмий нисбатлари 70:30 ҳисобланиб, бунда НТ нинг ўртача диаметри 230 нм бўлади.

5. ХЗ ва КМХЗ ларнинг деацетилланиш даражаси ва алмашиниш даражалари нанотолаларнинг ўртача диаметрига таъсир қилиши исботланган. Ўзгармас электр майдон қийматларида намуналарнинг ДД ва АД ларининг ошиши билан нанотоланинг ўртача диаметри ортди ҳамда паст ДД ва АД ли намуналардан олинган нанотолаларга нисбатан кам миқдорда нуқсонлар бўлиши ва нисбатан бир жинсли толалар ҳосил бўлишини кўрсатди. НТ нинг ўртача диаметри 1 ва 1,33 кВ/см бўлганда ХЗ-1(ДД=71%) учун 201 нм ва 174 нм, ХЗ-3 (ДД=79%) намунаси учун 229 нм ва 218 нм бўлиши аниқланди.

6. Хитозан НТ сини 2М  $Na_2CO_3$  эритмаси ёрдамида стабиллаш унинг турғунлигини сезиларли ошириши ва ўзининг нанотолали тузилишини нейтрал муҳитда 24 соат мобайнида сақлаб туриши кўрсатилди. ХЗ ва КМХЗ лардан олинган нотўқима материалл намуналарининг сув буғига нисбатан сорбцион хусусиятлари 20 дан 58% гача юқори бўлиши аниқланди. Бу уларнинг намлик ютиш қобилиятлари юқорилигидан далолат беради. ХЗ нанотоласига нисбатан КМХЗ нанотоласининг сорбцион сиғими бирмунча катталиги КМХЗ нинг юқори гидрофиллигини билдиради.

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

---

**НАМАНГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**САТТАРОВА ДИЛФУЗА МАКСУДОВНА**

**ПОЛУЧЕНИЕ НАНОВОЛОКОН НА ОСНОВЕ ХИТОЗАНА  
*БОМБУХ МОРИ* И ЕГО ПРОИЗВОДНЫХ МЕТОДОМ  
ЭЛЕКТРОСПИННИНГА**

**02.00.06 - Высокмолекулярные соединения  
02.00.12 - Нанохимия, нанофизика и нанотехнология**

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

**Ташкент-2021**

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за В2020.2.PhD/K100.

Диссертация выполнена в Наманганском государственном университете  
Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета (polchemphys.uz) и информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziynet.uz).

**Научные руководители:**

**Рашидова Сайёра Шарафовна**  
доктор химических наук, профессор, академик

**Кодирхонов Муродхон Рашидхонович**  
кандидат химических наук, доцент

**Официальные оппоненты:**

**Рузимурадов Олим Нарбекович**  
доктор химических наук, доцент

**Милушова Ракия Юнусовна**  
кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник

**Ведущая организация:**

**Ташкентский институт текстильной и лёгкой промышленности**

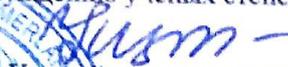
Защита диссертации состоится «23» августа 2021 г. в 14<sup>00</sup> часов на заседании Научного совета DSc.02/30.12.2019.K/FM/T.36.01 при Институте химии и физики полимеров по адресу: 100128, г. Ташкент, ул. Абдулла Кадыри, 7<sup>б</sup>. Тел. (99871) 241-85-94; факс: (99871) 241-26-61, e-mail: polymer@academy.uz

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Института химии и физики полимеров за № 17 (Адрес: 100128, г. Ташкент, ул. Абдулла Кадыри 7<sup>б</sup>, Тел. (99871) 241-85-94)

Автореферат диссертации разослан «6» 04 2021 года.  
(протокол рассылки № 2 от 26.03, 2021 года).



  
**В.О. Кудышкин**  
Председатель разового Научного совета по присуждению ученых степеней, д.х.н., профессор

  
**М.М. Усманова**  
Ученый секретарь разового Научного совета по присуждению ученых степеней, д.х.н., старший научный сотрудник

  
**А.А. Сарымсаков**  
Председатель разового научного семинара при Научном совете по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

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

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мире повышается спрос на новые биологически безопасные материалы с комплексом уникальных свойств медицинского применения на основе природных и синтетических полимеров. Особое место в этом направлении занимают исследования по получению нановолокон на основе полисахаридов методом электроспиннинга. Применение нановолокон со специальной структурой и свойствами в области тканевой инженерии, клеточной трансплантологии и создания лекарственных средств, а также в создании систем контролируемой доставки лекарственных препаратов имеет отдельное значение.

На сегодняшний день во всем мире ведутся исследования в области получения наноматериалов на основе хитозана и его производных для создания перспективных препаратов для различного применения. В связи с чем является необходимым получение нановолокон хитозана и его производных со специальными свойствами, в частности антимикробные и антибактериальные свойства.

В Республике особое внимание уделяется разработке и внедрению импортозамещающей и экспортоориентированной экологически безопасной продукции на основе местного сырья. В частности, были достигнуты значительные результаты в производстве и применении биodeградируемых препаратов на основе природных полимеров и их производных. 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, разработка принципиально новых продуктов и технологий, обеспечивающих тем самым конкурентоспособность отечественных товаров на внутреннем и внешнем рынках». В связи с этим, большое значение приобретают научно-практические исследования возможности получения, структуры и свойств нановолокон на основе хитозана *Bombyx mori* и его производных, направленные на медицинское применение.

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-2789 от 17 февраля 2017 года «О мерах по совершенствованию деятельности академии наук, организации научно-исследовательских работ, управление и финансирование», № ПП-4805 от 12 августа 2020 года «О мерах по повышению качества непрерывного образования и результативности науки по направлениям

---

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

химия и биология» а также другими нормативно-правовыми документами, принятыми в данной сфере.

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

**Степень изученности проблемы.** Во многих странах мира активно развиваются научные работы по исследованию процесса электроспиннинга хитозана и его производных с целью формирования на их основе нановолокон, а также по их применению. Значительное количество публикаций посвящено получению нановолокон хитозана и его производных, а также изучению их свойств. В развитии научного направления по изучению условий получения значительная заслуга принадлежит L. Cremar, N. Sohofi, J. Du, K. Ohkawa, D. Cha и немаловажный вклад внесен также многими другими школами. В области получения и использования нановолокон хитозана с синтетическими полимерами необходимо отметить проводимые научные исследования J. Schiffman, R. Muzzarelli, Ю.Н.Филатов, Н.Р. Прокопчук, А.Т. Матвеев и др.

В нашей республике академик С.Ш. Рашидова и ее ученики внесли свой весомый вклад своими исследованиями по получению и определению свойств наночастиц хитозана и его производных, а также их внедрение на практике.

До настоящей работы в литературе имеются мало исследований по получению нановолокон хитозана *Bombyx mori* и его производных методом электроспиннинга, параметров влияния процесса на структуру нановолокон, а также взаимосвязь молекулярно-массовых характеристик полимеров и морфологии нановолокон на их основе. На сегодняшний день в медицине повышается спрос на материалы на основе нановолокон, в связи с тем, что размеры их пор сходны с размерами белков и бактерий способствуют размножению клеток и быстрому заживлению раны. В связи с чем, появляется необходимость выполнения теоретически-практических исследований в этом направлении и создание наноматериалов на основе хитозана и его производных с высокой биологической активностью.

**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена работа.** Диссертационное исследование выполнено в соответствии с научно-исследовательскими планами Наманганского государственного университета совместно с Институтом химии и физики полимеров АХ-ОТ-012-004 “Создание нановолокон на основе карбоксиметилхитозана *Bombyx mori* методом электроспиннинга” Академическая мобильность молодых учёных (2017 г.); в рамках программы “Великая стена” ЮНЕСКО ООН (2011-2012 гг.), а также государственной программы “Истеъдод” (2018 г.).

**Целью исследования** является получение нановолокон хитозана *Bombyx mori* и его производных методом электроспиннинга, а также изучение их свойств и морфологии.

**Задачи исследования:**

разработка оптимальных составов формовочных растворов для получения нановолокон с заданным диаметром на основе хитозана *Bombyx mori* и его карбоксиметилированного производного;

исследование влияния параметров процесса электроформования для растворов хитозана *Bombyx mori* и карбоксиметилхитозана, на динамические характеристики струи, средний диаметр и распределение волокон по диаметру, а также структуру и свойства нетканых материалов на их основе;

определение оптимальных условий процесса электроспиннинга хитозана *Bombyx mori* и карбоксиметилхитозана для получения однородных бездефектных нановолокон с заданным диаметром;

исследование взаимосвязи молекулярно-массовых характеристик хитозана *Bombyx mori* и его производных с морфологией получаемых нановолокон на их основе.

**Объект исследования** является образцы хитозана *Bombyx mori* и его производных с различной молекулярной массой, степенью деацетилирования и замещения.

**Предмет исследований** - изучение параметров проведения процесса электроспиннинга растворов хитозана *Bombyx mori* и его производных, а также исследование влияния молекулярно-массовых характеристик образцов на качество получаемых нановолокон.

**Методы исследования.** В исследованиях применяли метод электроспиннинга, <sup>1</sup>H ЯМР-спектроскопии, гель-проникающей хроматографии, вискозиметрии и кондуктометрического титрования и применены другие физико-химические методы.

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

впервые получены нановолокна хитозана *Bombyx mori* и его производного карбоксиметилхитозана с заданным диаметром;

выявлены оптимальные условия формирования нановолокон хитозана *Bombyx mori* и его производного карбоксиметилхитозана методом электроспиннинга;

доказана взаимосвязь молекулярно-массовых характеристик хитозана и карбоксиметилхитозана с морфологией полученных нановолокон;

обоснованы параметры проведения процесса электроспиннинга растворов хитозана *Bombyx mori* и карбоксиметилхитозана для регулирования среднего диаметра и качества нановолокна.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

предложен состав формовочных растворов хитозана *Bombyx mori* и карбоксиметилхитозана и фундаментальные и практические решения получения на их основе нетканых материалов;

определены оптимальные условия формирования нановолокон хитозана

*Bombyx mori* и карбоксиметилхитозана методом электроспиннинга;

полученные нетканые материалы на основе хитозана *Bombyx mori* и его производного карбоксиметилхитозана показали высокую адсорбционную способность.

**Достоверность результатов исследований.** Экспериментальные результаты по получению нановолокон хитозана *Bombyx mori* и его производных методом электроспиннинга проводили с применением современных физико-химических методов. Обоснованность научных положений и выводов подтверждаются высокоточными приборами, их взаимной согласованностью, анализом и обработкой результатов. Подтверждением полученных результатов служат обсуждения на республиканских и международных научных конференциях.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследования определяется, установлением фундаментальных решений формирования нановолокон на основе хитозана *Bombyx mori* и его производных, выявление взаимосвязи между молекулярно-массовыми характеристиками полимеров и с морфологией получаемых нановолокон, представляющие интерес для исследователей, установлена закономерность электрофизического и реологического поведения.

Практическая значимость результатов исследования заключается в получении нановолокнистого нетканого материала с биологической активностью и специальными свойствами на основе хитозана и карбоксиметилхитозана, а также найденные оптимальные условия в результате экспериментальных исследований формирования нановолокон могут применяться в перспективности получения нановолокон на основе других полимеров методом электроспиннинга.

**Внедрение результатов исследования.** На основе полученных результатов по изучению параметров процесса электроспиннинга хитозана *Bombyx mori* и карбоксиметилхитозана с целью получения нановолокон на их основе:

результаты по исследованию влияния реологических свойств растворов были использованы при выполнении проекта № А-4-13 “Разработка технологии получения нановолокнистого нетканого материала на основе сополимера шелкового фиброина, хитозана и акрилонитрила методом электроспиннинга”, при исследовании влияния реологических свойств растворов полимеров на процесс электроспиннинга при получении нановолокнистых слоистых нетканых материалов из растворов сополимеров акрилонитрила и шелкового фиброина (справка Министерства Высшего и среднего специального образования Республики Узбекистан № 89-03-5081 от 4 декабря 2020 года). В результате было достигнуто и исследовано повышение перспективности процесса электроспиннинга контролированием взаимосвязи между вязкостью раствора и поверхностного натяжения с параметрами процесса (напряжение, диаметр иглы, межэлектродное расстояние);

результаты по исследованию взаимосвязи между молекулярно-массовыми характеристиками хитозана и его производных с морфологией нановолокон были использованы при выполнении проекта №Ф-А-2018-033 “Усовершенствование метода электроспиннинга получения нановолокнистых, нанопористых материалов из отходов природного шелка и хлопка” при регулировании морфологии нановолокнистых материалов полученных методом электроспиннинга (справка Министерства Высшего и среднего специального образования Республики Узбекистан № 89-03-5081 от 4 декабря 2020 года). В результате было достигнуто регулирование морфологии нановолокон (среднего диаметра, без дефекта) с варьированием молекулярно-массовых характеристик;

полученные результаты по повышению стабильности нановолокнистых материалов на основе хитозана и исследованию сорбционных свойств были применены при выполнении проекта “Hemostasis Application of Foam Dressing Material Based on Chitosan” в Северо-восточном Педагогическом университете Китая и в Институте Прикладной Химии Китайской Академии Наук при повышении стабильности к изменениям среду перевязочных материалов на основе хитозана с гемостатическими свойствами (справка Северо-восточного Педагогического университета от 9 сентября 2020 года). В результате это позволило сохранению нановолокнистой структуры в нейтральной и слабоосновной среде и изучению сорбционных свойств.

**Апробация результатов исследования.** Основные результаты по диссертации представлялись на 9 республиканских и 4 международных научно-практических конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано 21 научных работ, из них 7 научных статей, в том числе 5 в республиканских и 2 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертации доктора философии (PhD) Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан.

**Структура и объём диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объём диссертации составляет 108 страниц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Во введении** обоснована актуальность и востребованность диссертации, сформулированы цель и задачи исследований, выявлены объекты и предмет исследований, определено соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, обоснованы их достоверность, изложены научная новизна и практические результаты исследований, раскрыты теоретическая и практическая значимость полученных результатов, внедрение их в практику, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации “Общие представления о процессе получения нановолокон хитозана и его производных методом электроспиннинга и области их применения” приведены литературные данные о некоторых закономерностях процесса электроспиннинга (ЭС) нановолокон на основе хитозана (ХЗ) и его производного карбоксиметилхитозана (КМХЗ), а также о сферах применения и перспективах использования нановолокон на их основе.

Вторая глава диссертации “Объекты и методики исследования” состоит в определении выбранных объектов и методов исследований, использованных для проведения экспериментов в рамках данной диссертации. Описаны методы исследования структуры и физико-химических характеристик образцов ХЗ и КМХЗ, реологические методы исследования формовочных растворов на реометре и измерение поверхностного натяжения полимерных растворов методом отрыва кольца, а также исследование размерных характеристик отдельных волокон и нетканых материалов методом сканирующей электронной микроскопии.

Третья глава диссертации “Изучение молекулярно-массовых характеристик объектов исследования для подготовки формовочных растворов” состоит из результатов и их обсуждения, в которые входят синтез образцов ХЗ и N,O- и O-КМХЗ, исследование степени деацетилирования (СД) и степени замещения (СЗ) образцов методом кондуктометрического титрования. Получены образцы хитозана с различными степенями деацетилирования (71, 72 и 79%), N,O-КМХЗ со степенью замещения (0,77 и 1,00) и O-КМХЗ (0,55 и 0,79).

Вязкость образцов хитозана была определена в 0,1М  $\text{CH}_3\text{COOH}/0,2\text{M NaCl}$  N,O- и O-КМХЗ в  $\text{H}_2\text{O} + 2\% \text{NaCl}$  при 25°C.

Значение средней вязкостной молекулярной массы ( $M_\eta$ ) образцов ХЗ (144, 128 и 102 кДа), N,O-КМХЗ (98 и 68 кДа) и O-КМХЗ (100 и 60 кДа).

Таблица 1

Характеристики образцов ХЗ и КМХЗ

№	Величина	ХЗ-1	ХЗ-2	ХЗ-3	N,O-КМХЗ-1	N,O-КМХЗ-2	O-КМХЗ-1	O-КМХЗ-2
1	Среднечисловая молекулярная масса, кДа	85	73	69	63	31	62	26
2	Средневесовая молекулярная масса, кДа	119	114	101	104	75	103	61
3	Z-средняя молекулярная масса, кДа	143	142	127	139	126	132	102
4	Индекс полидисперсности	1,4	1,5	1,4	1,6	2,3	1,6	2,3

Найденные значения молекулярной массы и степени полидисперсности образцов методом гель-проникающей хроматографии приведены в таблице 1.

На основе проведенных исследований найдены молекулярно-массовые характеристики объектов исследования ХЗ *Bombyx mori* и КМХЗ для подготовки формовочных растворов на их основе. Были приготовлены образцы ХЗ, N,O-КМХЗ и O-КМХЗ с различными молекулярными массами и степенью деацетилирования и степенью замещения варьированием условиями синтеза, с целью детального исследования влияния характеристик данных полимеров, на морфологию нановолокон на их основе.

Анализ спектра образца ХЗ *Bombyx mori* на Рис. 1 показывает распределение протонов в следующем порядке 1,91 ppm (CH<sub>3</sub>, ацетоамидная группа ХЗ), 3,01 CH, углерод 2 в глюкозаминном кольце), 3,58 (CH, углерод 2 в глюкозаминном кольце с замещенной амино группой), 3,7-3,9 (CH, углерод 3, 4, 5 и 6 углерода в глюкозаминном кольце), 4,71 (CH, углерод 1 в глюкозаминном кольце).

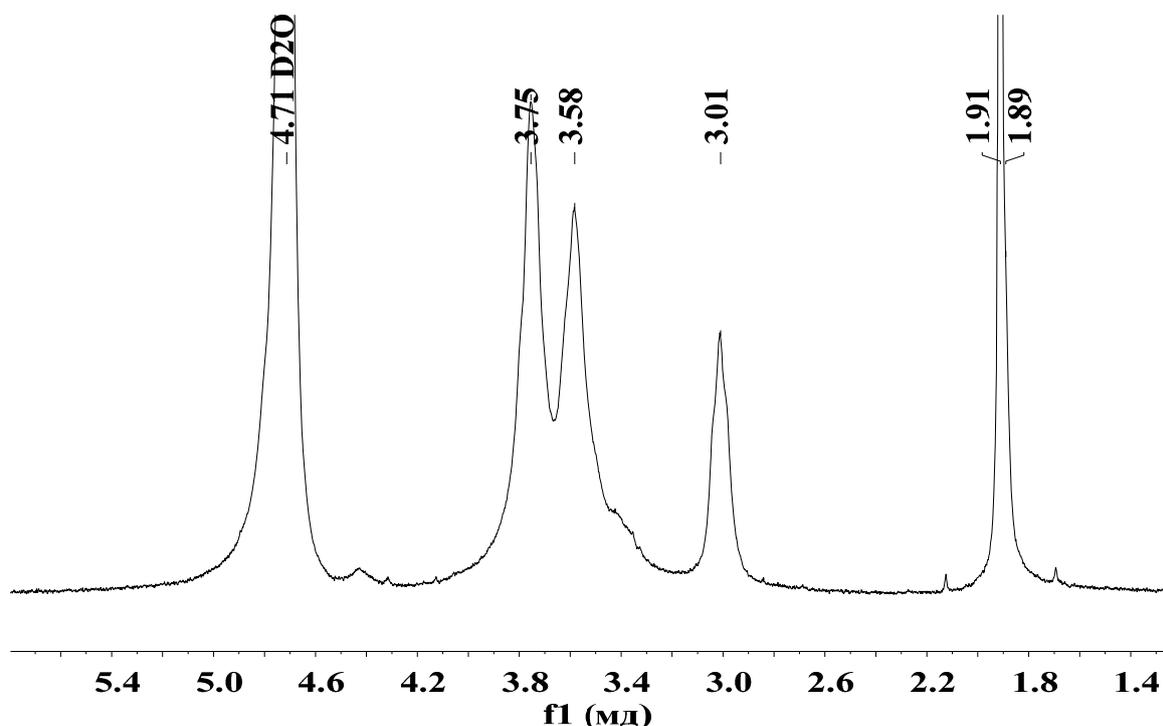


Рисунок 1. <sup>1</sup>H ЯМР- спектр хитозана

Сравнительный анализ спектра образца (Рис. 2) показывает все характерные пики присутствующие в спектре хитозана, а также были обнаружены новые пики при 3,24 и 4,34 ppm соответствующие двум протонам карбоксильных групп N-CH<sub>2</sub>- и O-CH<sub>2</sub>- в позициях 2 и 6.

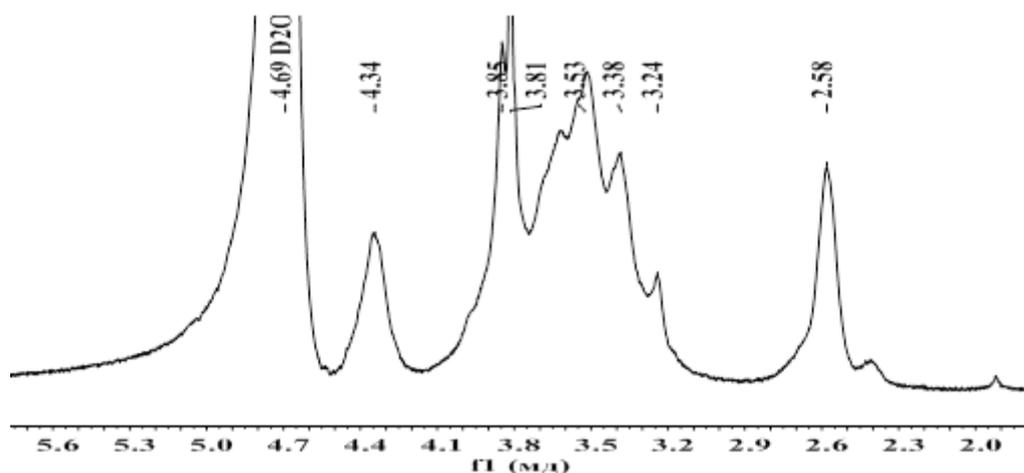


Рисунок 2.  $^1\text{H}$  ЯМР- спектр N,O- карбоксиметилхитозана

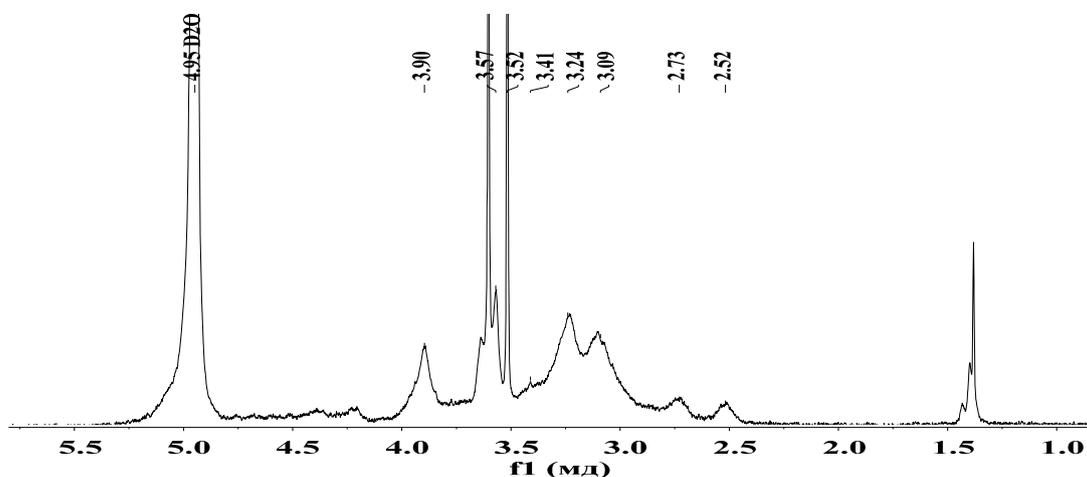


Рисунок 3.  $^1\text{H}$  ЯМР- спектр O- карбоксиметилхитозана

Что свидетельствует об образовании N,O-КМХЗ *Bombyx mori*. Анализ спектра O-Карбоксиметилхитозана (Рис. 3) показывает пик при 3,9 ppm соответствующий двум протонам карбоксильных групп O-CH<sub>2</sub>- протонов в позиции 6.

В четвертой главе “Исследование свойств формовочных растворов полимеров” посвящена исследованию параметров процесса и свойств формовочных растворов, определяющих стабильность формирования струи, которое определяет образование продолжительных нановолокон, средний диаметр, а также качество нановолокон. Для этой цели были проведены эксперименты для определения верхнего и нижнего предела концентрации ХЗ и КМХЗ для ЭС. Результаты показывают, что концентрация от 5 до 8% выявила способность к формированию нановолокон с некоторым содержанием дефектов в виде «капель». Однако в концентрации ниже 5% во всех растворах образцов образовались только капли. Таким образом, чтобы определить оптимальные условия для электроспиннинга, был составлен план экспериментов, которые включают исследование различных параметров (таблица 2). Для формования волокон и нетканых материалов в работе

использовали формовочные растворы образцов полимеров в широком диапазоне концентраций - от 2 до 9% в растворителях уксусная кислота (УК), а также трифторуксусная кислота (ТФУК).

Результаты опытов процесса ЭС с применением концентрации растворов всех образцов полимеров ниже 5% формирования видимой стабильной струи не было достигнуто даже варьированием параметрами процесса.

Для анализа эффекта влияния концентрации УК на формирование НВ, а также с изучением возможности применения в ЭС кислоты в низкой концентрации, концентрацию УК варьировали от 10 - 90%. Для исследования влияния концентрации кислоты на процесс формования для каждой концентрации УК были использованы 5 - 9% концентрации образца ХЗ-2 ( $M_n=128$  кДа, СД=72%).

**Таблица 2**

**Экспериментальное планирование условий проведения процесса электроспиннинга в растворителях 90% УК и ТФУК**

№	Образцы	Концентрация (%)	Напряжение (кВ)	Межэлектродное расстояние (см)
1	ХЗ-1	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	10, 15, 20, 25, 30, 35, 40	10, 15, 20
2	ХЗ-2	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	10, 15, 20, 25, 30, 35, 40	10, 15, 20
3	ХЗ-3	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	10, 15, 20, 25, 30, 35, 40	10, 15, 20
4	N,O-КМХЗ-1	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	10, 15, 20, 25, 30, 35, 40	10, 15, 20
5	N,O-КМХЗ-2	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	10, 15, 20, 25, 30, 35, 40	10, 15, 20
6	O-КМХЗ-1	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	10, 15, 20, 25, 30, 35, 40	10, 15, 20
7	O-КМХЗ-2	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	10, 15, 20, 25, 30, 35, 40	10, 15, 20

Было найдено, что для формовочного раствора применение УК только в концентрации выше 50%, показывает возможность накопления нановолокон наряду с большим содержанием капель даже при повышении содержания полимера в растворе. В случае повышения концентрации УК до 90% увеличивается содержание качественных продолжительных НВ, а в случае 10% УК во всех случаях абсолютно не наблюдалось формирования НВ.

При исследовании поверхностного натяжения 5% раствора ХЗ-2 в 50-90% УК по мере повышения концентрации УК было наблюденo понижение её значения от 33,7 до 30,6 мН/м. В связи с чем, было найдено, что 90% уксусная кислота является наиболее подходящей, поскольку она понижает поверхностное натяжение формовочного раствора и одновременно увеличивает плотность заряда на струе, что может позволить применение более низкого значения электрического поля для формирования стабильной непрерывающейся струи в ЭС.

Тот факт, что УК в высокой концентрации отвечает меньшему значению поверхностного натяжения, является наиболее важным параметром для

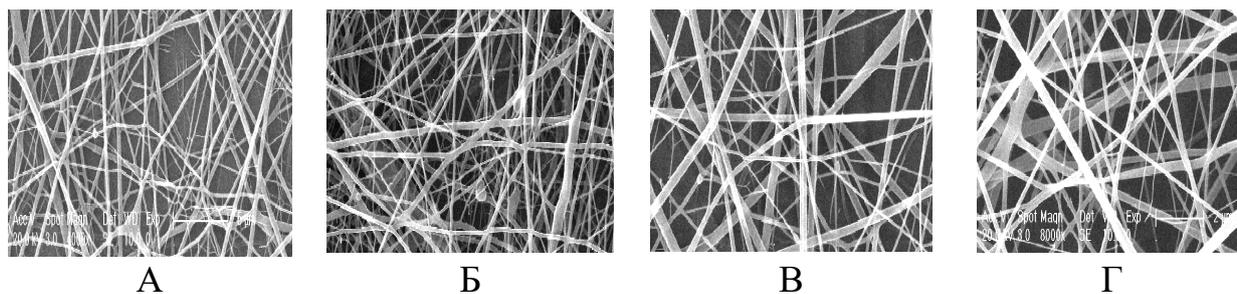
процесса ЭС, так как поверхностное натяжение сильно влияет на перспективность процесса.

Реологическое исследование динамической вязкости растворов ХЗ-2 с различными концентрациями УК от 50, 60, 70, 80 и 90% показывает в каждом случае понижение вязкости: для 5 % раствора от 43,6 - 26,2 Па·с, для 6% концентрации от 45,3 - 27,7 Па·с, для 7% от 46,7 - 30,0 Па·с и для 8% раствора 47,2 - 34,2 Па·с.

Следует обратить внимание на то, что применение высокой концентрации УК (90%) отвечает более низкому значению вязкости формовочного раствора по сравнению с одинаковой концентрацией раствора только в низкой концентрации УК, тем самым делает ее перспективным растворителем для ЭС.

Исследование нановолокон из 6% формовочного раствора ХЗ-1 (144 кДа и СД=71%) и при неизменном значении других параметров процесса (межэлектродным расстоянием и диаметрами иглы) показало, что при равномерном повышении значения электрического поля от 1 до 2,66 кВ/см средний диаметр НВ уменьшается от 201 до 95,4 нм. Увеличение размера иглы от 5-9 (внутренний диаметр 0,232 – 0,56 мм) для той же концентрации раствора, также приводило к увеличению среднего диаметра НВ от 146,7 - 203 нм. Раствор ХЗ-1 в концентрации выше 7% трудно было подвергнуть электроспиннингу что вероятно связано с высокой вязкостью полученного раствора, что приводит к нестабильности струи. Однако при концентрациях 5, 6 и 7% наблюдалось образование волокон с некоторым содержанием капель. Такие концентрации отвечают значениям оптимальной вязкости для процесса, а также возможности некоторой степени сцепления макромолекул необходимой для формирования непрерывной струи.

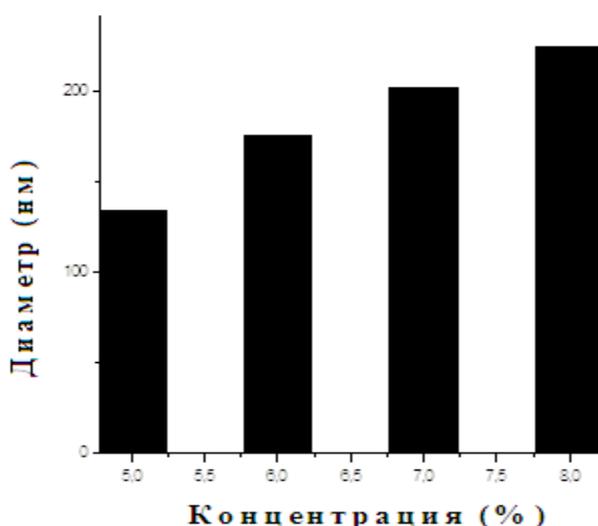
Исследование влияния концентрации на морфологию НВ на примере раствора ХЗ-2 ( $M_n=128$  кДа, СД=72%) 5, 6, 7 и 8% в УК (Рис. 4), показало увеличение среднего диаметра волокна от 134 до 225 нм с повышением концентрации раствора, и с одновременным уменьшением содержания дефектов в виде “капель”. Распределение диаметра волокон становится широким, когда концентрация хитозана повышается от 5 до 8 % (Рис. 5). Что указывает на образование как более толстых, так и более тонких волокон. Это может быть связано с сопротивлением к растягиванию конуса Тейлора на кончике иглы, что приводит к растеканию струи.



**Рисунок 4. Морфологическая структура нановолокнистого материала из 5% (А), 6% (Б), 7% (В) и 8% ХЗ-2 ( $M_n=128$  кДа, СД=72%) (Г) в 90% УК**

Растворимость образца ХЗ-2 для концентрации выше 8% при комнатной температуре было затруднено в УК, после растворения были сделаны попытки проведения электроспиннинга, однако значения электрического поля было недостаточно для преодоления суммированного эффекта вязкости и поверхностного натяжения раствора хитозана.

Необходимо отметить, что исследование влияния СД образцов ХЗ на морфологию НВ также является одним из основных определяющих факторов, влияющих на процесс ЭС, а также на морфологию НВ. Известно, что высокая степень деацетилирования связана с большим содержанием аминокрупп, которые увеличивают положительный заряд в цепи хитозана в кислых средах.



**Рисунок 5. Распределение среднего диаметра нановолокон в зависимости от концентрации раствора**

Было найдено, что средний диаметр волокна увеличивается с повышением степени деацетилирования ХЗ при определенном значении электрического поля. Таким образом, при электрическом поле 1 и 1,33 кВ/см средний диаметр волокна для образца ХЗ со СД=71% составил 201 нм и 174 нм соответственно, а для образца ХЗ со СД=79% оно составляет 229 нм и 218 нм.

Следует отметить, что нановолокнистая структура из ХЗ со СД=71% при 1 кВ/см показала большее содержание капель и менее однородных волокон по сравнению с нановолокнами из образца ХЗ со СД=79%.

Установлено, что увеличение диаметра волокна вероятно связано с увеличением степени растворимости хитозана с повышением степени деацетилирования, что тоже является не менее важным параметром для успешного проведения процесса.

Результаты исследования процесса формирования НВ методом ЭС образцов N,O-КМХЗ-1( $M_n=98$  кДа,  $СЗ=0,77$ ) в 90% УК и N,O-КМХЗ-2

( $M_n=68$  кДа,  $C_3=1,00$ ) показали возможность формирования однородных без содержания дефектов НВ с регулируемым диаметром.

Выявлено, возможность получения качественных НВ со средним диаметром 120-200 нм из 6% формовочного раствора N,O-КМХЗ-1 и 7% N,O-КМХЗ-2 в 90% УК при электрическом поле 1,75 кВ/см.

Результаты анализа снимков СЭМ полученных из растворов образцов O-КМХЗ показывают, что с повышением  $C_3$  от 0,55 до 0,79 увеличивается средний диаметр НВ, что вероятно связано с тем, что более высокая степень замещения увеличивает количество поперечной связи между полимерными цепями из-за повышенной вероятности межцепочного сшивания, тем самым способствует ориентированию макромолекул.

Второй растворитель ТФУК также был использован в данном исследовании из-за высокой испаряемости данного соединения, благодаря чему объясняется частое его использования в ЭС. Причиной, по которой ТФУК является наиболее подходящим растворителем для электроспиннинга ХЗ и КМХЗ заключается в том, что ТФУК формирует соль с аминогруппами хитозана, тем самым понижает избыток заряда, и способствует максимальному вытягиванию нановолокон.

Верхним пределом концентрации раствора хитозана показывающий способность к вытягиванию был найден 9% раствор в ТФУК, так как из-за очень вязкой природы раствора ХЗ при этой концентрации раствор не выдавливался из иглы даже при очень высоком значении электрического поля.

Проведены эксперименты с формовочными растворами в концентрациях 6-9 % для ХЗ-1 и ХЗ-2 в ТФУК при постоянном электрическом поле 1,5 кВ.

Наблюдено увеличение среднего диаметра НВ по мере увеличения концентрации полимера, что вероятно связано с повышением вязкости раствора, увеличением сопротивления к растягиванию струи во время впрыскивания, а также при определённом значении вязкости появляется возможность необходимого сцепления макромолекул для формирования однородных ровных волокон без содержания дефектов в виде «капель».

Доказано, что СД образцов ХЗ влияет на средний диаметр НВ, диапазоны распределения диаметра волокна становятся шире по мере увеличения СД, что указывает на то, что более высокая СД приводит к формированию более толстых НВ по сравнению с более низкой СД.

Выявлена возможность регулирования среднего диаметра НВ варьированием значением электрического поля. Наблюдалось уменьшение среднего диаметра НВ от 138, 128, 121 до 94 нм при повышении значения электрического поля от 1, 1,33, 1,5 до 2 кВ/см при электроформовании 7% раствора ХЗ-1.

Также установлено, что повышение концентрации раствора приводит к увеличению среднего диаметра волокна, а повышение значения электрического поля способствует уменьшению среднего диаметра волокна (таблица 3).

Таблица 3

Средний диаметр полученных нановолокон ХЗ в ТФУК при различном значении электрического поля, концентрации и степени деацетилирования

№	Концентрация ХЗ (С%)	Напряжение (кВ)	Межэлектродное Расстояние (см)	Электрическое поле (кВ/см)	Средний диаметр НВ, нм (СД=71%)	Средний диаметр НВ, нм (СД=79%)
1	6	15	15	1	118	159
2		20	15	1,33	95	126
3		30	15	2	89	119
4		40	15	2,66	78	88
5	7	15	15	1	145	176
6		20	15	1,33	128	134
7		30	15	2	124	129
8		40	15	2,66	85	102
9	8	15	15	1	237	246
10		20	15	1,33	229	236
11		30	15	2	216	232
12		40	15	2,66	186	202

Исследование процесса ЭС растворов КМХЗ было немного проблематичным, поскольку в цепи данного полимера содержится большое количество заряда, препятствующего процессу формирования струи. Для решения данной проблемы вызванной с избытком зарядов в молекуле КМХЗ было решено добавление органического растворителя дихлорметана (ДХМ) в различном объёмном соотношении с ТФУК (Рис. 6), который обладает низкой электропроводимостью, а также низкой точкой кипения (39,8°C) что способствует быстрому испарению растворителя, что представляет важность при формировании НВ.

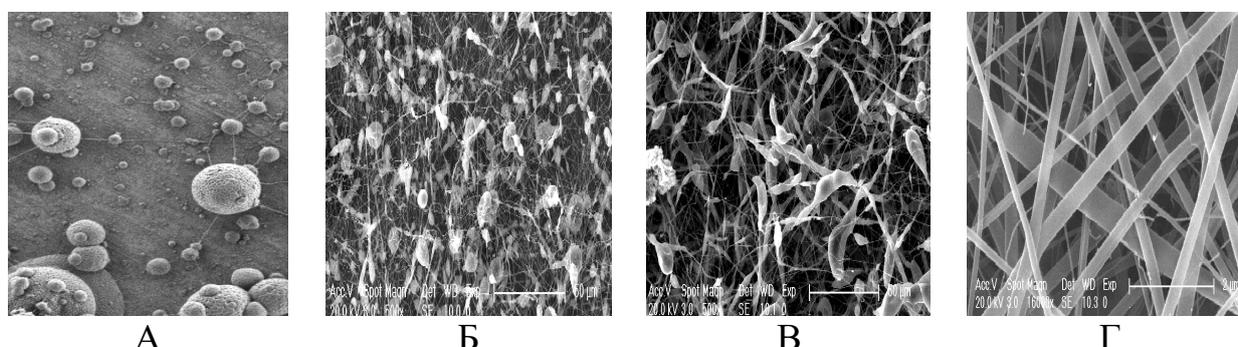
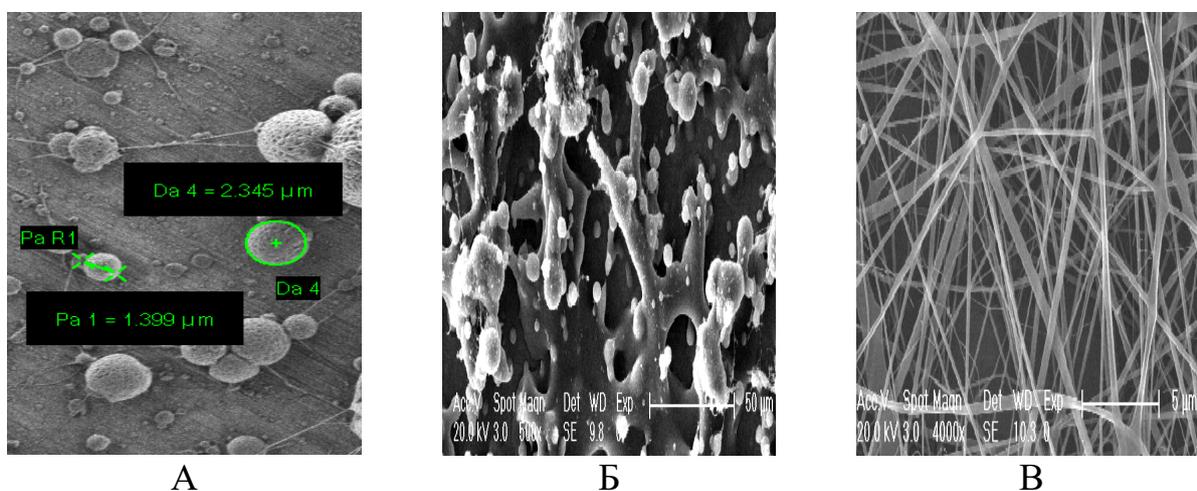


Рисунок 6. Морфологическая структура материала из 7% раствора N,O-КМХЗ-1 в ТФУК (А), 7% раствора N,O-КМХЗ-1 в ТФУК/ДХМ (90/10) (Б), 7% раствора N,O-КМХЗ-1 в ТФУК/ДХМ (80/20) (В), 7% раствора N,O-КМХЗ-1 в ТФУК/ДХМ (70/30) (Г)

Выявлено, что наиболее подходящим условием для формирования качественных волокон со средним диаметром волокон 230 нм и диаметром распределения 180 - 420 нм является 7% концентрация раствора N,O-КМХ3-1 в смеси растворителей ТФУК: ДХМ в объёмном соотношении 70:30 в электрическом поле 2 кВ/см, расстояние между накопителем и шприцем 15 см.

Результаты исследования электроспиннинга О-КМХ3-1 ( $M_n=60$  кДа,  $СЗ=0,79$ ) в ТФУК показали, что самой оптимальной является 8% концентрация, а значение электрического поля 1,5 кВ /см при которой были достигнуты формирование бездефектных НВ со средним диаметром 186 нм. Попытки формования НВ из раствора в концентрациях ниже 8 % приводила к формированию наночастиц вместо нановолокон (Рис. 7 (А)).

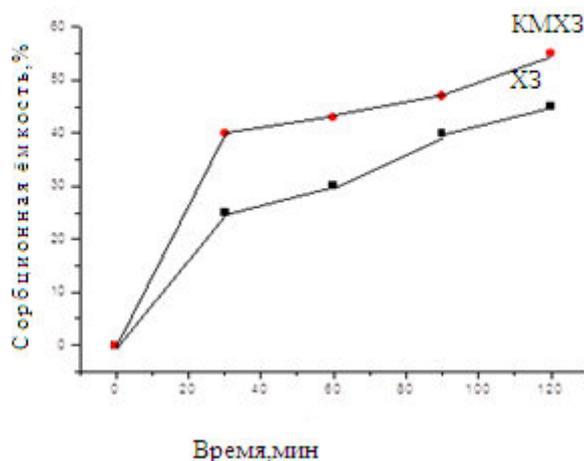


**Рисунок 7. Морфологическая структура нановолокнистого материала из 6 % (А), 7% (Б) и 8% (В) раствора О-КМХ3-1 ( $M_n=60$  кДа,  $СЗ=0,79$ ) в ТФУК при электрическом поле 1,5 кВ /см со средним диаметром 186 нм.**

Нановолокнистая мембрана ХЗ и КМХЗ растворяется при соприкосновении с нейтральной средой, что может резко ограничивать её применение.

Анализ снимков СЭМ нановолокнистого материала после 6 часовой нейтрализации 2М раствором  $Na_2CO_3$  с целью её стабилизации не выявил существенного изменения в морфологии волокнистого материала, и показал способность сохранять свою нановолокнистую структуру при погружении в дистиллированную воду в течение 24 часов.

Определение сорбционных свойств нетканых материалов по отношению к парам воды проводили весовым методом. Показатели сорбционной емкости нановолокнистых материалов, полученных из растворов ХЗ и КМХЗ, составляют от 20 до 58%, что свидетельствует об их высокой способности поглощать влагу.



**Рисунок 8. Кинетика сорбции водяных паров нановолокнистым материалом из раствора ХЗ и КМХЗ**

Как видно по Рис.8. сорбционная ёмкость нановолокон КМХЗ выше по сравнению с ХЗ, что доказывает высокую гидрофильность КМХЗ. Присутствие большого количества карбоксильных групп приводит к сильным водородным связям (межмолекулярных и внутримолекулярных типов), что содействует растворимости КМХЗ в воде).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенных научных исследований по теме диссертации (PhD) “Получение нановолокон на основе хитозана *Bombyx mori* и его производных методом электроспиннинга” состоят в следующем:

1. Впервые получены нановолокна ХЗ, N,O- КМХЗ и O-КМХЗ *Bombyx mori* с различным диаметром в растворителях уксусная и трифторуксусная кислота методом электроспиннинга, варьированием параметрами процесса, такими как концентрация, значения электрического поля и диаметра иглы.

2. Установлено, что 90% уксусная кислота наиболее подходящая, поскольку она отвечает меньшему значению поверхностного натяжения и более низкому значению вязкости формовочного раствора по сравнению с одинаковой концентрацией раствора только в низкой концентрации УК. Поверхностное натяжение 5% раствора ХЗ-2 в 50 - 90% УК по мере повышения концентрации УК понижается от 33,7 до 30,6 мН/м, а динамическая вязкость растворов ХЗ-2 в 50, 60, 70, 80 и 90% УК показывает понижение вязкости (5% раствор с 43,6 - 26,2 Па·с, 6% раствор с 45,3 - 27,7 Па·с, 7% с 46,7 - 30,0 Па·с и 8% раствора с 47,2 - 34,2 Па·с). Раствор ХЗ-2 ( $M_n=128$  кДа, СД=72%) в концентрациях 7 - 8% (34,2 - 36,0 Па·с) найден наиболее оптимальным для получения ровных качественных НВ со средним диаметром 100 - 200 нм.

3. Доказано, влияние параметров процесса (значение электрического поля, диаметр иглы и межэлектродное расстояние) влияет на морфологию

НВ. Повышение значения электрического поля от 1 до 2,66 кВ/см диаметр НВ из 6% формовочного раствора ХЗ-1 ( $M_n=144$  кДа и СД=71%) уменьшается от 201 до 95,4 нм при неизменном значении других параметров процесса, с увеличением размера иглы от 5-9 (внутренний диаметр 0.232-0.56 мм) для той же концентрации раствора, приводит к увеличению диаметра НВ от 146,7 - 203 нм.

4. Выявлено, влияние концентрации на средний диаметр волокна. Повышение концентрации раствора ХЗ-2 ( $M_n=128$  кДа, СД=72%) 5, 6, 7 и 8% в УК увеличивается средний диаметр волокна от 134 до 225 нм, а распределение диаметра волокон становится широким. Добавление органического растворителя ДХМ в ТФУК значительно повышает качество НВ. Наиболее оптимальное объёмное соотношение растворителей ТФУК:ДХМ 70 : 30 в 7% концентрации раствора N,O-КМХЗ-1 (средний диаметр НВ 230 нм).

5. Доказано, что степень деацетилирования и степень замещения ХЗ и КМХЗ влияет на средний диаметр нановолокон, средний диаметр волокна увеличивается с увеличением СД и СЗ образцов при неизменном значении электрического поля, а также показывает меньшее содержание дефектов и образование более однородных волокон по сравнению с нановолокнами из образцов с низкой СД и СЗ. Средний диаметр НВ для ХЗ-1 (СД=71%) при 1 и 1,33 кВ/см найден 201 нм и 174 нм, тогда как для образца ХЗ-3 (СД=79%) 229 нм и 218 нм.

6. Исследовано, что стабилизация НВ хитозана с помощью 2М раствора  $Na_2CO_3$  существенно повышает её устойчивость и способность сохранять свою нановолокнистую структуру в нейтральной среде в течение 24 часов. Сорбционные свойства полученных образцов нетканых материалов ХЗ и КМХЗ по отношению к парам воды были найдены высокими от 20 до 58%, что свидетельствует об их высокой способности поглощать влагу, в частности сорбционная ёмкость нановолокон КМХЗ намного выше ХЗ, что говорит о высокой гидрофильности КМХЗ.

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

---

**NAMANGAN STATE UNIVERSITY**

**SATTAROVA DILFUZA MAKSUDOVNA**

**PRODUCING NANOFIBERS BASED ON CHITOSAN *BOMBYX MORI*  
AND ITS DERIVATIVES BY ELECTROSPINNING**

**02.00.06 - High molecular compounds**

**02.00.12 - Nanochemistry, nanophysics and nanotechnology**

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR  
OF PHILOSOPHY (PhD) ON CHEMICAL 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/K100.

The dissertation was carried out at the Namangan State University.

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:**

**Rashidova Sayyora**

doctor of chemical sciences, professor, academician

**Kodirkhonov Murodhon**

candidate of chemical sciences, assistant professor

**Official opponents:**

**Ruzimuradov Olim**

doctor of chemical sciences, assistant professor

**Milusheva Rakiya**

candidate of chemical sciences, leading researcher

**Leading organization:**

**Tashkent Institute of Textile and Light Industry**

The defense of the dissertation will take place on « 23 » April 2021 at « 14<sup>06</sup> » at a meeting of Scientific council DSc.27.06.2017.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 17 (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 « 6 » 04 2021 year  
(Protocol at the register № 2 dated «26» 03 2021 year)



*[Handwritten signature]*

**V.O. Kudishkin**

Chairman of the one-time Scientific Council for the award of scientific degrees, doctor of chemical science, professor

*[Handwritten signature]*

**M.M. Usmanova**

Scientific secretary of the one-time Scientific Council for the award of scientific degrees, candidate of chemical sciences, senior researcher

*[Handwritten signature]*

**A.A. Sarymsakov**

Chairman of the Scientific Seminar at the one-time Scientific Council for the award of scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

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

**The aim of research work** is to obtain nanofibers of chitosan *Bombyx mori* and its derivatives by electrospinning, as well as to study their properties and morphology.

**The object of research work** is chitosan *Bombyx mori* and its derivatives with different molecular weights, degrees of deacetylation and substitution.

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

for the first time nanofibers of chitosan *Bombyx mori* and its derivative carboxymethyl chitosan with a given diameter were obtained;

the optimal conditions for the formation of nanofibers of chitosan *Bombyx mori* and its derivative carboxymethylchitosan by the method of electrospinning were revealed;

the relationship between the molecular weight characteristics of chitosan and carboxymethyl chitosan and the morphology of the resulting nanofibers was proved;

substantiated the parameters of the electrospinning process of chitosan *Bombyx mori* solutions and carboxymethylchitosan to control the average diameter and quality of nanofibers.

**Implementation of research results.** On the basis of scientific results obtained on the study of the parameters of the electrospinning process of chitosan *Bombyx mori* and carboxymethylchitosan in order to produce nanofibers based on them:

the results of the study in influence of rheological properties of solutions were used in the project No A-4-13 “Development of technology for producing nanofibrous nonwoven material based on copolymer of fibroin, chitosan and acrylonitrile by electrospinning method” in the study of the influence of the rheological properties of polymer solutions on the electrospinning process in the preparation of nanofibrous nonwoven materials from solutions of copolymers of acrylonitrile and silk fibroin (Reference of the Ministry of Higher and Secondary Specialized Education of the Republic of Uzbekistan No. 89-03-5081 of December 4, 2020). As a result, an increase in the prospects of the electrospinning process was achieved and investigated by controlling the relationship between the viscosity of the solution and surface tension with the process parameters (voltage, needle diameter, interelectrode distance);

the results of studying the relationship between the molecular weight characteristics of chitosan and its derivatives with the morphology of nanofibers were used in the project No F-A-2018-033 “Improvement of the electrospinning method for obtaining nanofibrous, nanoporous materials from natural silk and cotton waste” when regulating the morphology of nanofiber materials obtained by electrospinning (Reference of the Ministry of Higher and Secondary Specialized Education of the Republic of Uzbekistan No. 89-03-5081 of December 4, 2020). As a result, an increase in the prospects of the electrospinning process was achieved and investigated by controlling the relationship between the viscosity of

the solution and surface tension with the process parameters (voltage, needle diameter, interelectrode distance);

the results obtained on increasing the stability of nanofibrous materials based on chitosan and studying the sorption properties were applied during the project “Hemostasis Application of Foam Dressing Material Based on Chitosan” to increase stability to environmental changes of dressings based on chitosan with hemostatic properties in North-East Normal University of China and in the Institute of Applied Chemistry of the Chinese Academy of Sciences (Reference of the North-East Normal University of September 9, 2020). As a result, this made it possible to preserve the nanofibrous structure in a neutral and weakly basic medium and to study the sorption properties.

**The structure and volume of the thesis.** Dissertation consists of an introduction, 4 chapters, conclusions, a list of references and appendixes. The volume of dissertation is 108 pages.

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

**I бўлим (I часть; part I)**

1. Sattarova D.M. Preparation of carboxymethyl chitosan nanofibers by electrospinning method // International Journal of Materials and Science, USA. 2019, 9(2). -P.29-33. (02.00.00, №13).

2. Саттарова Д.М., Кодирханов М.Р. Влияние различных условий на электроспиннинг хитозана и на морфологию образующихся нановолокон // Научный Журнал “Universum: Химия и Биология”, 2018. -№ 3(45), -С.8-14. (02.00.00, №2).

3. Саттарова Д.М., Кодирханов М.Р., Рашидова С.Ш. Электроформование нановолокон карбоксиметилхитозана // Вестник НУУ, 2018. -№3/1, -С.502-506. (02.00.00, №12)

4. Саттарова Д.М., Кодирханов М.Р., Рашидова С.Ш. Электроспиннинг усулда хитозан ва поливинил спирти асосидаги аралашмадан нанотола ҳосил қилиш // Научный вестник НамГУ, 2019. №1, -С. 42-47. (02.00.00, №18).

5. Саттарова Д.М., Кодирханов М.Р., Рашидова С.Ш. Электроформование нановолокон хитозана *Bombyx mori* для потенциального применения в качестве ранозаживляющих повязок // Фармацевтический журнал Узбекистана, 2019. №2, -С.84-87. (02.00.00, №2)

6. Кодирханов М.Р., Саттарова Д., Абдуллаев Н. Структурные и некоторые физико-химические характеристики хитозана *Bombyx mori* и его модификации // Композиционные материалы Узбекистана. 2020. №1. -С.28-31. (02.00.00, №4).

7. Саттарова Д.М., Саттаров Т.А., Кодирханов М.Р., Рашидова С.Ш. Перспективы формования нановолокон О-карбоксиметилхитозана *Bombyx mori* для медицинского предназначения // Научный вестник НамГУ, 2020. -№ 10, - С.102-108. (02.00.00, №18).

**II бўлим (II часть; part II)**

8. Саттарова Д.М. Влияние условий проведения электроспиннинга на морфологию нановолокон хитозана // Научный вестник НамГУ, 2017. -№ 2 (1), - С.148-149

9. Iminova D.M. Study the effect of the depolymerization by hydrogen peroxide to behavior of chitosan // XIX Международная конференция студентов, аспирантов и молодых учёных “Ломоносов”. Москва. 9-13 апрель 2012. -С.74

10. Iminova D.M., Kodirkhanov M.R., Mingxiao Deng. Influence of solvent and molecular weight to electrospinning of chitosan // Республиканская конференция “Экологически безопасные полимеры для агропромышленного комплекса”, 8-9 ноябрь 2012. Ташкент. -С.38-40

11. Саттарова Д.М. Изучение процесса деацетилирования хитозана // Республиканская научно-практическая конференция “Инновационные идеи для усовершенствования технологии производства пищевой промышленности и химической технологии”, Наманган. 26-27 апрель 2016. -С. 16-17

12. Sattarova D.M., Kodirkhanov M.R., Mingxiao Deng. Investigation the depolymerisation process of chitosan by sodium nitrite // Международная конференция “Актуальные проблемы физики и химии полимерных композитов а также технология конструктивных материалов”, Наманган. Июль 2017. С.217-218

13. Рашидова С.Ш., Саттарова Д.М., Кличева О.Б. Перспективы получения хитозансодержащих нановолокон методом электроспиннинга // Международная конференция «Актуальные проблемы физики и химии полимерных композитов, а также технология конструктивных материалов», Наманган. Июль 2017. -С.252-254

14. Саттарова Д.М. Особенности нановолокон на основе карбоксиметилхитозана // Республиканская конференция “Кимё саноатида инновацион технологиялар ва уларни ривожлантириш истикболлари”, Ургенч 2017. -С.137-138

15. Саттарова Д.М. Изучение некоторых физико-химических параметров карбоксиметилхитозана // Местная конференция “Фарғона водийси ёш олимлари”, Наманган. 2017. - С.283-285

16. Саттарова Д.М., Кодирханов М.Р., Рашидова С.Ш. Оптимизация условий получения нановолокон хитозана методом электроспиннинга // Республиканская конференция “Проблемы предмета биоорганической химии”, Наманган. 26-27 апрель 2019. №3, -С.31-33

17. Sattarova D.M., Kodirkhanov M.R., Klicheva O.B., Rashidova S.Sh. Electrospun N,O-Carboxymethyl chitosan Bombyx Mori nanofibers // Республиканская конференция “Современные Проблемы науки о полимерах”, Ташкент. 31 октябрь 2019. -С.29-31

18. Саттарова Д.М., Саттаров Т.А, Рашидова С.Ш. Получение нановолокон из раствора хитозана Bombyx mori методом электроспиннинга // Республиканская научно-практическая конференция “Современное состояние и перспективы науки о функциональных полимерах”. Ташкент. 19-20 март 2020 год. -С.472-473

19. Саттарова Д.М., Саттаров Т.А, Кодирханов М.Р., Рашидова С.Ш. Изучение влияния степени деацетилирования хитозана и значения электрического поля на морфологию нановолокон // Международная онлайн научно-техническая конференция “Совершенствование и применение инновационных идей в сфере химии и химической технологии”, Фергана. 23 октябрь 2020 год. -С.96-100

20. Саттарова Д.М., Саттаров Т.А, Кодирханов М.Р., Рашидова С.Ш. Влияние реологических свойств формовочных растворов на процесс электроспиннинга хитозана Bombyx mori // Республиканская онлайн научная

конференция “Современные проблемы науки о полимерах”. Ташкент. 25-26  
ноябрь 2020 год. -С.17-19

21. Саттарова Д.М., Саттаров Т.А, Кодирханов М.Р., Рашидова С.Ш.  
Исследование влияния концентрации формовочного раствора на  
морфологические характеристики нановолокон хитозана. Полимерлар  
хақидаги фаннинг замонавий муаммолари // Республиканская онлайн  
научная конференция “Современные проблемы науки о полимерах”.  
Ташкент. 25-26 ноябрь 2020 год. -С.19-21

Автореферат НамДУ илмий ахборотномаси  
тахририятида таҳрирдан ўтказилди

Бичими: 84x60 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. «Times New Roman» гарнитураси.  
Рақамли босма усулда босилди.  
Шартли босма табағи: 3. Адади 100. Буюртма № 28/21.

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