

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС
ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

=====

**МИРЗО УЛУҒБЕК НОМИДАГИ ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ
УНИВЕРСИТЕТИ**

қўл ёзма ҳуқуқида

УДК 541.64.678.622.

Тоғайхонова Шахноза Гулмахмадовна

**ПОЛИМЕР НАНОТОЛАЛИ МАТЕРИАЛНИНГ
ФИЛЬТРАШ ХОССАЛАРИ**

**Магистр академик даражасини олиш учун ёзилган
ДИССЕРТАЦИЯ**

5A440114 – Конденсирланган мухитлар физикаси ва материалшунослик

Илмий раҳбарлар:

ф.-м. ф.д. Холмуминов А.А.

Тошкент- 2013

Мундарижа

КИРИШ.....

1-БОБ. ПОЛИМЕР НАНОТОЛАЛАРНИ ФИЛЬТР МАТЕРИАЛЛАР СИФАТИДА ҚЎЛЛАНИШИ ҲАҚИДАГИ ЗАМОНОВИЙ ТАССОВУРЛАР. АДАБИЁТЛАР ТАҲЛИЛИ.

- 1.1. Нанотолалар ҳақида умумий тушинчалар
- 1.2. Полимер нанотолалар олишда электроспиннинг усули
- 1.3. Полимер нанотолали материалларни қўлланиши
- 1.4. Нанотолаларнинг махсус филтрлаш хоссалари
- 1.5. Газсимон ва суюқ фазали тизимлар учун нанофилтрлар

2 - БОБ. ТАДҚИҚОТ ОБЪЕКТЛАРИ ВА УСУЛЛАРИ

- 2.1. Акрилонитрил сополимери ва унинг тавсифлари
- 2.2. Нанотолалар шакллантиришнинг электроспиннинг усули
- 2.3. Нанотолаларнинг структурасини тадқиқот қилиш усуллари
- 2.4. Нотўқима полимер нанотолаларни филтрлар сифатида қўллаш усули

3-БОБ. ТАДҚИҚОТ НАТИЖАЛАРИ ВА МУҲОКАМАСИ

- 3.1. Акрилонитрил сополимери асосида нанотолалар олиниши ва унинг
структуравий тавсифлари
- 3.2. Нанотолали нотўқима материаллар орқали газсимон тизимларни
филтрлаш
- 3.3. Нанотолали нотўқима материаллар орқали суюқ фазали тизимларни
филтрлаш

ХУЛОСАЛАР.....

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ

КИРИШ

Мавзунинг долзарблиги. Полимер маҳсулотларга, айниқса, толали материалларга бўлган эҳтиёжнинг кун сайин ортиб бориши пахта, ипак, жун, нитрон каби маҳаллий хомашёларни янада катта миқдорларда ишлаб чиқарилишига ва уларни қайта ишлашнинг илғор технологияларини, жумладан, нанотехнологияларни жалб этишга асос бўлмоқда [1]. Маълумки, толалар микроўлчамли (>5 мкм) бўлиб, улар молекуляр тузилиши наноўлчамли (диаметри 0,5-2,0 нм, узунлиги >100 нм) бўлган полимер занжирларнинг ориентацион кристалланиши асосида шаклланган бўлади [2].

Микроўлчамлилардан фарқли махсус физик кимёвий ва эксплуатацион хоссаларга эга бўлган биологик фаол наноўлчамли толаларни шакллантириш юқори технологик ёндашишларни тақоза этади ва бу борада электроспиннинг усулига асосланган нанотехнологияларни яратиш ҳозирда ўта долзарб ҳисобланади. Электроспиннинг нанотолаларни нотўқима материаллар этиб шакллантиришда ўта самарали бўлиб, унда нанотолаларни солиштирма сиртини катталиги ва физик кимёвий фаоллиги, наноғоваклар ҳосил қилиши бундай материалларни амалиётда тиббий-биологик қопламалар, нанозаррачали биоэлементларни ва доривор воситаларни ташувчилар, ҳаво, газсимон ва суюқ моддаларни тозалашда нанофилтрлар, наносорбентлар сифатида қўлланиши учун катта имкониятлар очиб беради.

Мазкур диссертация иши доирасида акрилонитрил сополимери асосида нанотолали нотўқима материаллар шакллантириш ва уларнинг газсимон ва суюқ фазада тизимларни филтрловчи материаллар сифатида қўллаш имкониятлари ахтариш асосий тадқиқот вазифаси этиб режалаштирилди.

Тадқиқот мақсади. Электроспиннинг усулида акрилонитрил сополимери эритмаси асосида нанотолали нотўқима материаллар шакллантириш ҳамда уларнинг газсимомон ва суюқ фазада тизимларни филтрлашдаги самарадорлигини ўрганишдан иборатдир.

Тадқиқот вазифалари:

- акрилонитрил сополимери асосида нанотолалар олиш ва унинг структуравий тавсифлари ўрганиш;
- нанотолали нотўқима материалларнинг газсимон тизимларни филтрлашдаги самарадорлиги ўрганиш;
- нанотолали нотўқима материалларни суюқ фазали тизимларни филтрлашдаги самарадорлигини эритмани туз ионларини мисолида ўрганиш.

Тадқиқот объекти ва предмети. Асосий тадқиқот объекти сифатида акрилонитрил сополимери асосидаги нитрон микротоласи танланган. Унинг эритмасини ҳосил қилиш, молекуляр тавсифлари ўрганиш ва электроспиннинг усулида нанотолли нотўқима материаллар шакллантириш ҳамда уларнинг газсимон ва суюқ фазали тизимларни филтрлашдаги самарадорлиги аниқлаш тадқиқот предмети этиб белгиланган.

Тадқиқот усуллари. Илмий тадқиқотларни олиб бориш учун нанотолалар шакллантиришнинг электроспиннинг усули, молекуляр массани аниқлашнинг вискозиметри усули, шунингдек, нанотолалар ўлчамларини аниқлашнинг электрон микроскопия ва атомли-кучланишли микроскопияси ҳамда махсус йиғилган филтрлаш қурилмаларидан фойдаланилган.

Ишнинг янгилиги. Диссертация ишини бажаришда қуйидаги илмий янгиликларга эришилган:

- илк маротаба электроспиннинг усулида “Нитрон” толаси акрилонитрил сополимери эритмаси асосида нанотолали нотўқима материаллар шакллантирилган ҳамда уларнинг газсимон аралашмалар ва суюқ фазали тизимларни филтрлашдаги самарадорлигини ўрганилган.
- илк маротаба электроспиннинг усулида со-АН асосида нанотолали нотўқима материалларнинг ўлчами 50 - 150 нм ва улар орасидаги наноғоваклар ўлчамлари 10 - 500 нм бўлиши аниқланган;

- илк маротаба нанотолали нотўқима материалларни филтрлаш мақсадида қўллашинида, улар нафақат механик тарзда газ таркибидан турли бирикма ва моддадаларни тутиб қолишини, балки филтрланаётган моддалар молекулари билан нанотола сиртида полимер молекулалари орасида ўзаро таъсирлашишлар намоён бўлиши ҳамда уларни юзага келиши нанофилтрларни бошқа филтрларга нисбатан принципиал жиҳатлари бўлиб, уларнинг самарадорлиги белгиловчи омиллар эканлиги аниқланган;

- илк маротаба нанотолали нотўқима материалларни суюқликларни филтрлашдаги самарадорлигини микротолалар билан таққосланган тарзда эритмадан туз ионларини тутиб қолиш мисолида ўрганилган. Натижалар микро- ва нанотоли материалларнинг тузлар концентрацияси 0,1 % гача ошиб боргунча ионларни тутиб қолиши жадал тарзда амалга ошишини, т концентрацияси 0,1 % дан катта бўлган соҳада ионларни тутиб қолиш бироз сусайишини кўрсатган ва нанотолали материал микротолали материалга нисбатан 1,5 мартадан кўпроқ ионларини тутиб қолиши кўрсатиб берилган.

Ишнинг амалий аҳамияти. Электроспиннинг ёрдамида нанотолали нотўқима материалларни шакллантириш янги типдаги махсус хоссали филтрлар ишлаб чиқариш нанотехнологиясини яратишда асос бўлиши мумкин. Бунинг учун маҳаллий полимерлар асосида инновацион ҳамкорликлар бўйича илмий технологик тадқиқотларни олиб мақсадга мувофиқ бўлиб, ҳозирда бундай материалларга бўлган эҳтиёжлар мавжуддир.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация иши кириш, 3 та боб, хулосалар, адабиётлар рўйхатидан иборатдир. Ишнинг материали 65 бетда баён этилган бўлиб, ўз ичига 15 та расм ва 3 та жадвални олади. Ҳавола этилган адабиётлар рўйхати 56 тани ташкил этади.

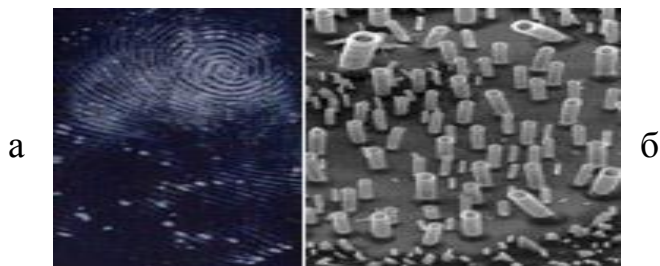
1-БОБ. ПОЛИМЕР НАНОТОЛАЛАРНИ ФИЛЬТР МАТЕРИАЛЛАР СИФАТИДА ҚЎЛЛАНИШИ ҲАҚИДАГИ ЗАМОНОВИЙ ТАССАВУРЛАР. АДАБИЁТЛАР ТАҲЛИЛИ.

1.1. Нанотолалар ҳақида умумий тушунчалар

Нанотолалар диаметри ўлчами нанометрларда ва узунлиги эса диаметрига нисбатан бир неча тартибга катта бўлган толалардир. Бундай толаларни мавжудлиги электрон ва ултрамикроскоплар ёрдамида аниқланади. Нанотолалар табиий ва синтетик полимерлар, олигомерлар, металллар, турли аралашма ва бирикмалар асосида олиниши мумкин.

Нанотолаларнинг олиниши саноатда ишлаб чиқарилаётган микротолалардан фарқ қилади, яъни олинадиган толанинг диаметри наноўлчамларда бўлиши талаб этилади. Шу боис махсус тола ҳосил қилиш жихозлари, жумладан, филералар ва ҳосил қилиш режими танлаб олинади. Ҳозирда нанотолаларнинг бир нечта турлари мавжуд бўлиб, шартли равишда икки гуруҳга ажратиш мумкин: кимёвий ва физикавий.

Кимёвий усул – бу кимёвий синтез натижасида нанотолалар шосил бўлиши бўлиб, унга мисол сифатида Пенсилвани унисерситети (А+Ш) тадқиқотчиси Пратик Манкиди тажрибасини келтириш мумкин. Бугунги кунда ноёб кашфиёт деб қаралаётган ушбу усул суперелимнинг сиртдан нанотолалар униб чиқишига асослангандир (1.1.1 – расм).



1.1.1 – расм. Елим сиртидаги бармоқ излари микрофотографияси (а) ва ундан униб чиққан нанотолалалар.

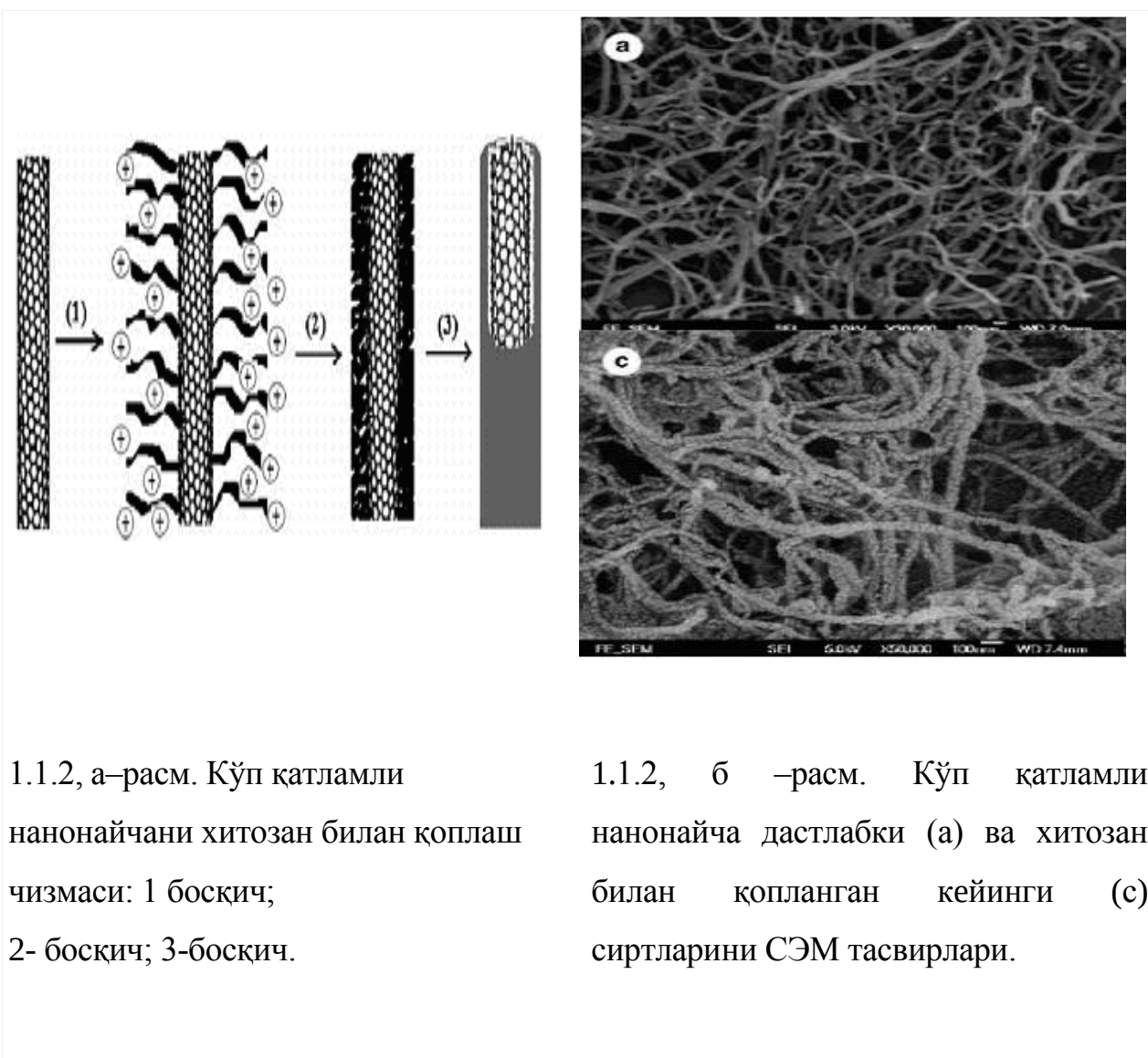
Бунда нанотолаларни синтез бўлишига сабаб цианоакрилат асосидаги елим сиртида бармоқ изларини қолдирилиши (а), аниқрои бармоқ излари орасида қолдирилган тузлар таъсирида полимерланиш жараёнини амалга ошишидир. Мушми, полимерланиш натижасида цилиндрик кўринишга эга бўлган наноўлчамли толалар (б) қосил бўлишидир.

Шунингдек, полимер нанотолалар олишнинг яна бир кимёвий технологияси корейнинг Hyosung компанияси томонидан амалга оширилган. Бу антибактериал ип деб юритиладиган нанотолалар бўлиб, таркибида кумуш бўлган полиамид асосида олинади ва Miran Nano-Magic Silver номи билан ишлаб чиқарилади.

Бу каби мураккаб таркибли антибактериал нанотолалар полимер-полимер аралашмалари асосида ишлаб чиқарилаяпти. Масалан, хитозанни турли табиий ва синтетик толалар аралашмалари асосида Crabyon русумли нанотолалари Pozzi Electa компанияси ва Maytech Chitosante русумли нанотолалари BeBe Cotton Knitting Co Ltd компанияси томонидан ишлаб чиқариши йўлга қўйилган.

Хитозан биополимери шозирда кўп қатламли углеродли наноайчалар ишлаб чиқаришда щам кенг қўлланилаяпти. Бу усул хитойнинг Hong Kong Polytechnic University ва Shanghai Institute of Materia Medica илмий марказлари олимлари томонидан ишлаб чиқилган бўлиб, углеродли наноайчалар сиртига хитозанни ноковалент тарзда модификациялашга асослангандир (VI.1.2, а, б-расм). Буни амалга ошириш учун дастлаб биринчи босқичда наноайча сиртига хитозан сирка кислотасидаги эритмаси ($\text{pH} \approx 2$) билан диспергирланади. Натижада хитозан молекулалари наноайча сиртида адсорбцияланади ва полимер катион сирт-фаол модда вужудга келади. Сўнг, яъни иккинчи босқичда суюлтирилган аммиак эритмаси билан хитозан ионсизлаштирилади ва сувли муҳитда эримайдиган шаклга ўтади. Кейинги учинчи босқичда намуна $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ гача қиздирилади ва глутаралдегид таъсирида хитозанда

кўндаланг боғлар шосил қилинган шолда тикилади шамда нанонайча сирти полимер билан қопланади.



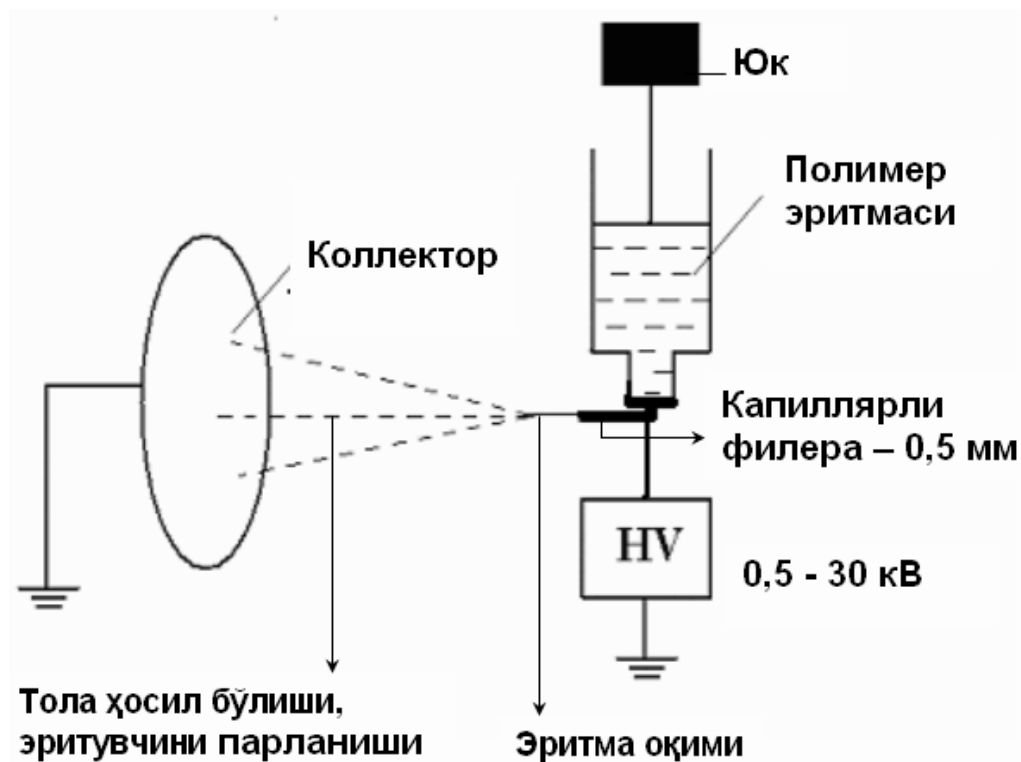
Нанотолаларни олишнинг физик усуллари – полимерларда физик ўзгаришларни амалга ошириш ва физик таъсирлар остида материални шакллантиришга асосланган. Бундай йўллар билан Арканзас университети (А+Ш) олимлари полимер нанотолалар ва улардан қоғоз олиш усулларни ишлаб чиқдилар. Бу нано структурали материал ноёб физик хоссаларга эга бўлиб, уни буклаш, кесиш, пачоқлаш шамда ундан турли хил жищозлар яшаш мумкин.

Яна бир физик усул гидротермал қиздиришга асосланган бўлиб, проф. Райана Тяня ращбарлигида диоксид титан асосида полимерли нанотолалар олинган ва ундан ясси мембрана, тарелка, пробирка каби жищозлар ясашган.

Юқори антибактериал хоссага эга бўлган, таркибидаги кумуш ҳисобига тери инфекциялари ва замбуруғ касалликларини 99,9 % самарада даволай оладиган ҳамда ион айланиши ва метаболизмни яхшилайдиган тола синтетик полимерполиамид ва кумуш ионлари асосида ишлаб чиқарилган. Бу ип-толанинг муҳим физик хоссаси инфрақизил нурланиш чиқаришидир. Шунингдек, кумуш полиамидда мустаҳкам ўрнашган ҳолда бўлиб, у ип-тола материални ювганда чиқиб кетмайди. Шу туфайли ушбу ип-толани ички кийимлар, пайпоқ ва трикотаж материаллари тайёрлашда қўлланиши муҳим аҳамият касб этади.

1.2. Полимер нанотолалар олишда электроспиннинг усули

Нанотолалар олишда энг замонавий усуллардан бири электроспиннинг бўлиб, бу усулнинг асоси аслида 1934 йилда тавсия этилган: электр майдонига махсус таркибда эритилган полимер оқими жойлаштирилади. Эритувчи буғланиши билан алоҳида олинган полимер молекулалари бир-бирига бирикади ва узунлиги 10 – 30 см гача бўлган микротолалар ҳосил қилади. Аммо бу ҳолда толалар бир-бирига чигалашиб кетган ва нобарқарор тузилишга эга бўлган ҳолда ҳосил қилинади. Бу камчиликни бартароф этиб, наноўлчамли тола олишни 1990 йилларга келиб Берклилик АҚШ олимлари амалга оширишган. Бунинг учун одатий электроспиннинг усули ўрнига яқин майдонли (near-field electrospinning process) электроспиннинг усули қўлланилган (1.2.1- расм).



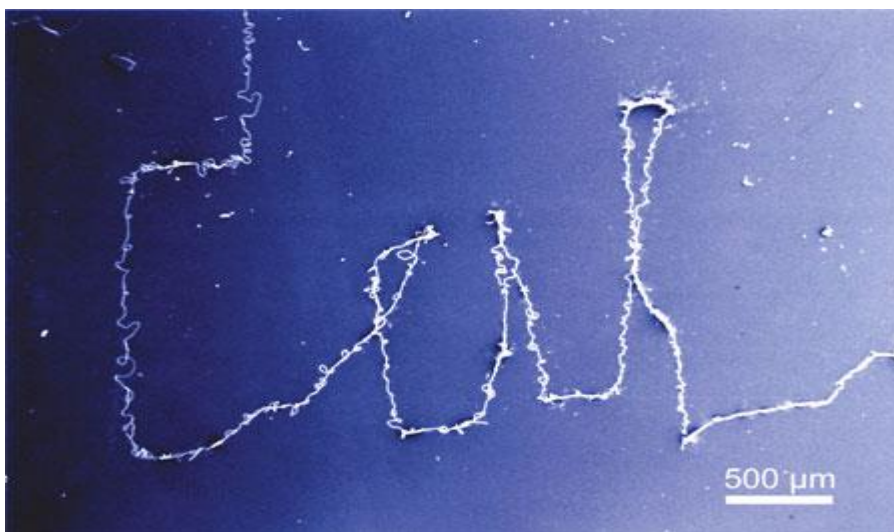
1.2.1-расм. Полимер эритмаларидан нанотолалар олишнинг электроспиннинг қурилмасини принципиал чизмаси.

Бундай электроспиннинг усули уч қисмдан иборат. биринчи қисмда, полимер эритмани махсус шприцдан диаметри 0,5 мм атрофида бўлган капиллярдан ўртача 1 мл/с ҳажмий сарфланиш миқдоридаги тезлик билан сиқиб чиқариш орқали тола ҳосил қилувчи оқимни вужудга келтилади. Иккинчи қисмда, капиллярдан чиқаётган тола ҳосил қилиувчи оқимга юқори кучланишли анод токи берилади (миқдори 0,5 – 30 киловольт ва ундан бошқа диапазонда ҳам бўлиши мумкин) ва оқим сочиб юборилади. Учинчи қисмда эса катод – коллектор сочилган оқимни ўзига тортади ва бунинг натижасида фазавий ажралиш рўй беради, яъни тола бўлиб шаклланган оқим катодга боради ва эритувчи эса буғланиб кетади. Катодда ҳосил бўлган нанотолалар йиғилади.

Бундай йўл билан, ҳозиргача 100 дан ортиқ турли хил табиий ва синтетик полимерлар асосида диаметри нано- ва микроўлчамларда бўлган

толалар олинган. Аммо ҳануз толанинг текис бир диаметрли бўлишини таъминлаш муаммоси мавжуддир.

Масалан доктор Ли ва унинг ҳамкасблари яқин майдонли электроспиннинг ёрдамида диаметри 50 – 500 нм интервалида бўлган нанотолалар олишган (1.2.2-расм). Бунда тола коллектори ва полимер эмиттери ўртасидаги масофани 10 – 30 см интервалдан 1 - 3 мм интервалгача қисқартирилган.



1.2.2-расм. Яқин майдонли электроспиннинг усулида олинган полимер толанинг электрон микроскопик тасвири.

Натижада толалар ҳосил бўлишида кузатиладиган толаларни чигаллашиб қолишидан холос бўлишга эришилган. Шунингдек, одатий электроспиннинг усулида қўлланадиган 30 минг вольт (кВ) кучланишни яқин майдонли электроспиннинг усулига ўтиш орқали 500 вольт кучланишгача камайтиришга ҳам эришилган.

Ҳозирда бир қатор янги маълумотлар мавжуд бўлиб, уларда электроспиннинг усулида нанотолалар олишни кўп жихатдан афзалликка эга эканлигини тасдиқланган [23].

1.3. Полимер нанотолали материалларни қўлланиши

Нанотолалар замонавий ўта мустаҳкам материаллар ўрнини эгаллаши мумкин. Масалан, углеродли наноайчалар асосида яратилган материаллар ўта мустаҳкам толалар ҳисобланади. Уларнинг мустаҳкамлиги замонавий материаллар мустаҳкамлигидан 500 % дан ортиқдир. Бундай толалар самолёт, автомобил, сунъий йўлдошлар, спорт жиҳозлари ва бошқа мустаҳкамлик талаб этиладиган материаллар ишлаб чиқаришда қўлланиши мумкин.

Шубҳасиз, полимер хом-ашёлар асосидаги наноўлчамли толалар турли хил замонавий ва келажак технологиялари, жумладан, электроника, биотиббӣёт ва бошқа тармоқлар учун, масалан, сиртини ўзи тозаловчи шаффоф материаллар ва жиҳозлар тайёрлашда ўта муҳим эканлигини кўрсатди. Проф. Артур Дж. Эпштейн (Огайо, А+Ш) нанотолаларни кўпгина сиртларга жойлаштириш мумкинлиги таъкидлаб, бундай нанотолали сиртда ёғларни тортиб олиш ва сиқиб чиқариш қобилияти мавжудлигини кўрсатиб берган. Шунингдек, нанотолалар орқали материалларга электр ўтказувчанлик қобилиятини бериш мумкинлиги ҳам қайд этилган. Яна бир ҳол, агар нанотолалар билан шишалар қопланса, улар сувни сиқиб чиқариши боис ўзоқ муддат ўзининг тозаллигини сақлаб қолиши мумкин.

Нанотолалар асосида ДНК ни бошқа молекулалар билан таъсирлашишини ўрганиш учун платформалар яшаш ва ДНК воситасида янги наноструктуралар тузиш мумкин. Шунингдек, нанотолалар ёрдамида микросуюқликли тизимларда сув оқимини назорат қилиш бўйича асосли натижалар олинган.

Сувда қисман ва тўлиқ парчаланадиган полимер наноталар озиқ-овқат саноатида кенг қўлланилмоқда. Бундай толалар организмни турли токсинлар ва зарарли моддалардан тозалашда самарали бўлиб, модда алмашишида яхшилайди.

Полимер нанотолалар сунъий мускул тўқималари асоси бўлиши мумкин. Американинг Ренсселлер политехника институти (Rensselaer Polytechnic Institute) олимлари углеродли наноайчалар асосида сунъий полимерли тўқималарни қўллашни тавсия этишган. Виктор Пашпара раҳбарлигидаги тадқиқотчилар асосини тўлиқличига полимерли нанотолали сунъий тўқималар ташкил этган материалларни механик хоссаларини ўрганиб, уларни Амалий жиҳатдан қўлланиши мумкинлигини исботлаб беришган.

Таркибида метал ионлари бўлган полимерли наноструктурали материаллар кимёвий электр токи манбаи бўлиши мумкин. Россия Фанлар академияси А.Н. Фрумкин номидаги физикавий кимё ва электрокимё институти наноструктурали ток манбалари ҳосил қилиш борасида тадқиқотлар олиб борилиб, таркибида литий иони бўлган полимер тизимлар асосида наноструктурали материал олинган ва бу материални кимёвий электр манбаи сифатида қўлланиши мумкинлиги кўрсатиб берилган.

Наноўтказувчан оптик тола яратишдек жиддий физик кашфиёт Гарвард (А+Ш), Зҳижианг (Хитой) ва Тоҳоки (Япония) университети олимлари томонидан амалга оширилган. Улар диаметри 50 нм бўлган толани диаметри бир неча мм бўлган кварц стержендан иссиқлик остида чўзиш орқали тайёрлашган. Бундай толани диаметри ёруғлик тўлқин узунлигидан кичик бўлиб, унга тўлқин узунлиги 150-600 нм ёруғлик нури юборилганда, ёруғлик нанотолани ичидан эмас, балки атрофи бўйлаб тарқалаши аниқланди. Тарқалаётган ёруғлик, яъни электромагнит тўлқиннинг йўналишини эса бошқа нанотолани тегизиш орқали ўзгартирилиши мумкин. Бундай хусусият электроника ва оптик техника катта қизиқиш ўйғотади.

Энг юпқа нанотолани Гонгконг университети олимлари яратишга мувофиқ бўлишди. Унинг диаметри 1 нм бўлиб, бундай тола ультрабинафша соҳада ишлайдиган диодлар, ҳамда транзисторлар ва лазерларда қўлланиши мумкин.

1.4. Нанотолаларнинг махсус филтрлаш хоссалари

Электр-шакллаштириш (ЭШ) маҳсулотнинг айнан **ноёб** филтрлаш хоссалари уни бошқа толали материаллар орасида атроф-муҳит, техника тиббий ҳимоя қобиғида юқори конкурентлик хоссаларини таъминловчи ва унинг технологияси ва массовий ишлаб чиқарилишининг интенсив ривожланишига имкон берувчи ҳал қилувчи фактордир.

Филтрловчи хосса деганда толали қатламнинг ундан ўтаётган газ ёки суюқлик, аэрозол ёки гидрозол микро- ва нанозарраларни тутиб қолиш имконияти тушунилади. Бу хоссалар биринчидан оқиш қонунлари билан аниқланувчи оқим ўтган қатлам гидродинамик қаршилигини, иккинчидан-улар толалар билан ўзаро таъсирининг механизмлари билан аниқланувчи зарраларни тутиб қолиш самарасини ўз ичига олади.

Муҳит оқими гидродинамик қаршилиги унинг қовушқоқлиги ва ҳаракат тезлиги, Кнудсен сони ҳамда толали материал параметрлари: тола диаметри, тахлам зичлиги, материал қалинлиги билан аниқланади [9].

Толали қатламнинг аэрозол ёки гидрозол зарраларини тутиш қобилияти унинг сингдирувчанлиги билан тавсифланади [23]:

$$K=N/N_0 \quad (1.4.1)$$

бу ерда N_0 - модданинг сингдиришдан олдинги молекулалари сони, N - модданинг сингдиришдан кейинги молекулалари сони.

Агар зарра ўлчами унинг толалари орасидаги масофадан катта бўлса, у ҳолда зарралар тутиб қолиниши табиийдир – улар чўкиш механизмини амалга ошириб қатлам сиртида тикилиб қолади. Акс ҳолда зарралар қатламга кириб боради, уларнинг тутилиши амалга ошиш имконияти ва

қуйидаги механизмлар суперпозицияси билан эҳтимоллик характерга эга бўлиб, улар тутиб (ёки ушлашиб) олиш, диффузион, инерцион, электр ва гравитацион таъсирлашиш каби жиҳатлар билан намоён бўлади. Бунда чўкиш ва ушланиб қолиш гидрозола ва аэрозола учун умумий бўлиб, қолганлари эса фақат аэрозола учун сезиларли роль ўйнайди.

ЭШ- жараёнининг эластиклиги кенг интервалларда толали қатлам структурасини **бошқариш** аниқ қўлланишлар учун филтрларни яратишга имкон беради [34]. Шунини қайд қилиш керакки, толанинг диаметри кичик бўлишидан, бунинг натижасида тахламининг етарлича катта зичлиги туфайли ЭШ - филтри субмикрон ва нанометер диаметрли аэрозол зарраларни тутиш учун юқори самаралидир. Уларнинг кечикиши аэрозол зарралар Браун ҳаракатига ва унинг натижасидаги тола билан тасодифий тўқнашишларга асосланган диффузион механизм бўйича содир бўлади. ЭШ филтрларининг хусусияти электр механизмнинг аэрозол зарраларни тутишда толаларининг у билан заряд- дипол ва дипол-дипол ўзаро таъсири ҳисобига қўшган ҳиссасидир.

Толаларда ва улар орасида аэросол ва гидрозола зарраларининг йиғилиши толаларнинг бузилишига олиб келмайди ва уларнинг ўзаро жойлашуви тартиби бузилмайди, лекин толали қатламнинг дастлабки геометрик характеристикаларини ҳамда уларнинг филтрловчи хоссаларини сезиларли равишда ўзгаришларини юзага келтиради: сингдирувчанлик эффектини камайиши ва қатламнинг эксплуатация ресурсини лимитловчи гидродинамик қаршиликни ошиши билан эътироф этилади [34].

а) Электр заряди. Микроструктураси бўйича ўхшаш бўлган ихтиёрий нотўқима толали материаллар электрфизик шаклланишга эга бўлиши ва унга қатор ноёб эксплуатацион хоссаларини таъминловчи кучли қатламли қутбланишни ҳосил қилиши мумкин. Бундай хусусиятларни келгусида сақлаш муҳим аҳамият касб этади, чунки. Материалда, электр заряди

туфайли қутбланиш кўп маротабалик чакнаш газ разряди натижасида коллекторда шаклланаётган зарядланган толалар қатламида юзага келтириши мумкин. Электродда ЭШ маҳсулоти олингач қолдиқ заряд, унинг атроф-муҳит предметларига тортилиши ва ўз-ўзига тортилиш қобилятида юзага келади. Бундай структуравий шаклланиш айрим ноқулайликларни юзага келтириши мумкин. Бундай қобилят аслида ЭШ маҳсулотлар учун одатий ҳол бўлиб ва белгиланган талаб бўйича қоникарли ҳам деб ҳисобланиши мумкин. Уларнинг зичланганлик даражаси ва филтрлаш самарасига боғлиқ тарзда материаллар сеператорлар, аппликаторлар, филтрлаш(тутиб қолиш) тагликлари сифатида қўлланиши мумкин, бундай ҳолларда қўллашда толали қатлами четларининг тўқнашиши осонлашади. Бироқ эркин қатламда ортиқча заряд турғунлиги чегараланганлигидан у ҳўлланишида тўлиқ ёъқолади ва атмосфера ҳавоси толали қатлами орқали ўтишда бир неча ўн соат давомида сезиб чиқади. Бироқ агар қатлам тагликда ёки бошқа қатламлар орасида жойлашган бўлса, қолдиқ заряд унда етарлича узоқ сақланиши мумкин. Бунда нанотолаларга хос бўлган муҳим хусусият, яъни бошқа бегона предметларга ёпишиш қобилятини намоён бўлади ва сақланади.

б) Махсус физик хоссалари. ЭШ маҳсулотининг унинг қўлланиш доирасини аниқловчи айрим бошқа хоссаларини кўриб чиқамиз,. Жумладан, сорбцион, теплоизоляцияцион, электр, радио, ёруғлик ва товуш ютувчи материаллар сифатида қуйидагиларни эътироф этиш мумкин:

Айрим тола ҳосил қилувчи полимерлар, жумладан, улар асосидаги толали материаллар ноёб физик хоссаларга эга бўлиб, улар ҳатто турли буг ва газларнинг хемосорбсияси қилиш каби айрим қобилятга эга ҳамдир. Бундай материалларга мисоллар 1.4.1-жадвалда келтирилган. Бу материалларнинг статистик сорбцион сиғими газ ёки бугнинг ютилиш механизмига, унинг босимига, температурасига боғлиқ ва бир неча мингдан то бир неча улушгача (г/г) бошқарилиши мумкин.

1.4.1-жадвал. Электр майдонида шакллантирилган айрим материалларнинг самарали тарзда сорбциялайдиган реагент ва моддалари

Тола ҳосил қилувчи полимерлар	Газ ва газсимон тизимлар
Фенолформальдегид смола ва поливинилбутирал	галогенлар
полиарилат	рутений тетраоксиди жуфти
перхлорвинил смола	аммиак
целлюлоза диацетат ва полиэтиленоксид	сув

Сифимни ошириш, масалан, термик ишлов бериш билан амалга оширилади. Бунда ЭШ толаларини фенолформальдегид смоладан карбониллаш орқали ҳосил қилинадиган углерод материаллар 2000 м²/г гача солиштира сиртга эга бўлади. Бунда бир неча ўн улушли г/г статистик сифимга эга, ҳамда улардаги ғоваклари ўлчамига боғлиқ тарзда у ёки бу молекулаларга танловчанликни намоён этади [9].

ЭШ материаллари суюқликларни сорбциялаш хусусиятига ҳам эга. Бу хусусият аввало тола сирти хоссалари билан ва суюқликнинг сирт энергияси билан аниқланади. ЭШ жараёнида қўлланиладиган айрим толасимон полимерлар гидрофоб бўлиб, уларнинг сув билан ҳўлланилиши учун сирт фаол моддаларга (СФМ) мос қўшимчани ёки тола ҳосил қилувчи эритмада ёки сувда қўллашга тўғри келади.

Диацетат целлюлоза, поливинил спирт ва полиэтиленоксид бундан истисно бўлиб, бу полимерлар сувда яхши эрийди, аммо, улар асосидаги толалар кристаллик даражасига боғлиқ тарзда сув ёки бошқа органик эритувчилар таъсирига чидамли ҳисобланади. Органик эритувчи ва суюқликлар толасимон полимерларни танлаб ҳўллайди, бироқ доимо эриётган суюқликка ўзаро жуфтини танлаш мумкин, улардан бири толани

яхши ҳўллайди ва у билан толали қатламни шимдириш, кейинчалик уни бошқа суюқлик билан ҳўлланилишини таъминлайди. Яхши ҳўлланиш тез шимилишни таъминлайди, бироқ ЭШ материаллари ҳўлловчи суюқликларда шишади ва айрим толаларга ажралиши мумкин. Ёпишмаган қатламлар бунда бузилиши ҳам мумкин. Толаларни ёпиштириш материални шишишларини чегаралайди ва унинг бузилишини олдини олади.

ЭШ материаллари юқори ғовакликка ва толалар орасида ёмон контактга асосланган паст иссиқлик ўтказувчанлик билан характерланади, бу иссиқлик узатишнинг конвектив ташкил этувчиларини чегаралайди. Нормал шароитларда ҳавода ЭШ материалларининг кўпчилигида у 0,04-0,06 Вт/м·К дан ошмайди, бу ҳавонинг ўзининг иссиқлик ўтказувчанлиги 0,023 Вт/м·К га яқиндир. Унга қўшимча тарзда суюқ гелий температурасигача улар мустаҳкамликнинг ёъқолиши ва дарз кетишсиз эгилишда ва чўзилишда кучли қайтмас деформация хусусиятини сақлайди.

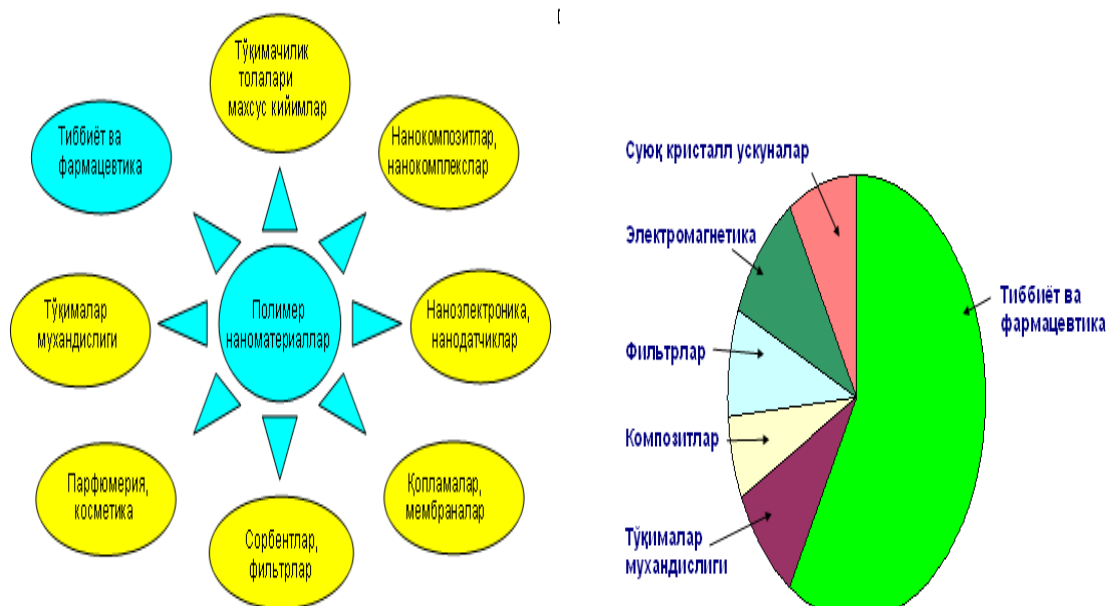
Полимерларнинг паст электр ўтказувчанлиги билан бир қаторда толалар орасидаги кучсиз контакт толали қатламнинг паст электр ўтказувчанлигини таъминлайди. Масалан, ФПП-15-1,5 ва ФП-15-1,5 ва бу материалларда солиштирма электр қаршилик 10^{20} Ом·см га етади. Табиийки, айрим толали материалларнинг солиштирма қаршилиги иссиқлик таъсирида тез камаяди: графитланган материаллар С-30 ва С-31 да у 10^3 - 10^4 Ом·см ни ташкил этади.

Электр ўтказувчанлик ва структура параметрларига боғлиқ ҳолда ЭШ маҳсулоти радио-қайтарувчи, радио-шаффоф ёки радио-ютулувчи бўлиши мумкин. Бошқа дисперс материаллар каби унинг қайтарувчи қобилятини ва радиотўлқинларни ютиш полосаларини толалар электр хоссаларининг қатлам қалинлиги бўйича мос равишда ўзгатиришлари йўли билан бошқарилиши мумкин. Бундан ташқари ихтиёрий фазавий бир

жинслимаслик каби оптик бир жинсли бўлмаган муҳит, ЭШ материаллари ёруғлик тўқинларини қайтариш, сочиш ва ютишга қодирдир.

ЭШ материалларнинг товушни изоляциялашга қодирлиги, улар асосидаги толаларнинг орасидаги товуш энергияси диссипациясига қодир газ муҳитнинг мавжудлигига асосланган. 250-1000 Гц частоталарда товуш ютиш коэффициенти ЭШ материаллари билан қопланган майдонда 0,9 га, кучланиш коэффициенти эса 10 дБ/мм га этади [9].

ЭШ толаси ва унинг асосида олинган материаллар қатор соҳаларда қўлланилади: тиббиётда, биомуҳандисликда, электроникада, суюқлик ва газларни филтрлашда, композицион материаллар яратишда, уларнинг мустаҳкамлигини ошириш учун ишлатилади (1.4.1-расм). Бунда ишлаб чиқариш масштабларида полимер нанотолали маҳсулотлар турли филтрларни яратишда ва одатда тиббиётда қўлланиш учун ишлаб чиқарилади. Тадқиқотчиларда ЭШ маҳсулотини биомуҳандислик ва тиббиётда қўллаш бўйича катта қизиқиш мавжуддир [34].

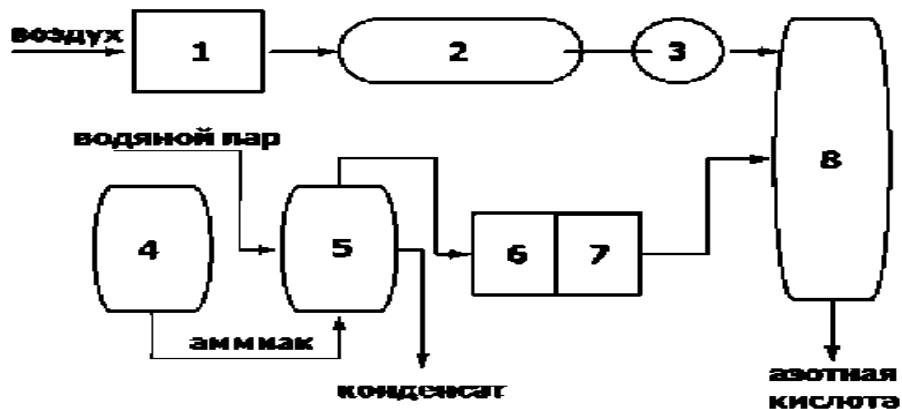


1.4.1-расм. Полимер наноматериалларининг қўлланиш соҳалари

1.5. Газсимон ва суюқ фазали тизимлар учун нанофилтрлар

а) Газларни филтрлаш. Тиббиётда газларни филтрлашда электр шакллантириш маҳсулотининг қўлланилишига бўлган қизиқишнинг ўсганлигига қарамай, газларни филтрлаш унинг қўлланилишининг асосий сфераси бўлиб қолмоқда. Электр шакллантириш материалларининг қўлланилиши ишлаб чиқариш ходими ва атроф-муҳитни радиоактив, захарли ва бактериал аэрозоллардан ҳимоя қилиш имконини беради, ҳамда газ муҳитларда ва жуда тоза моддалар, дорилар, озиқ-овқат маҳсулотлари, биопрепаратлар, элетрон ва аерокосмик техника материаллари ва буюмларини ишлаб чиқариш иш зоналарини тоза ва стерил сақлашни таъминлайди.

Бир неча мисолларни кўриб чиқайлик. 1.5.1-расмда азот кислотасини кўп ҳажмли ва тоннали ишлаб чиқаришда оксидловчи каталитик конвертор (ўзгартирувчи) га берилувчи газсимон аммиак ва ҳавони тозалаш системасининг чизмаси тасвирланган. Ҳавони атмосфера чангларида тозалаш учун $200000 \text{ м}^3/\text{соат}$ ишлаб чиқаришга эга бўлган ФПП-15-1,5 96 материалли Д-33 филтри қўлланилади, аммиакни 7,2 атм босимда буғлатгичда қайнашда юзага келувчи аэрозоллардан тозалаш учун эса А-17 филтрининг электр шаклланувчи материаллар ўрнатилган 2 марта қуролланган филтр қўлланилади. Тозалаш самараси 99,95% бўлиб, у маҳсулотнинг чиқишини оширади ва платинали катализаторни ишлаш муддатини оширишга сабаб бўлади.



1.5.1 - расм. Азот кислота ишлаб чиқаришда технологик газларни тозалаш системаси. 1-Д-33 филтрлари, 2-совутгич, 3-компрессор, 4- суюқ аммиакли сиғим, 5-буғлатгич, 6- лавсан момикли филтр олди материали, 7- А-17 филтрлари, 8- контакт аппарат.



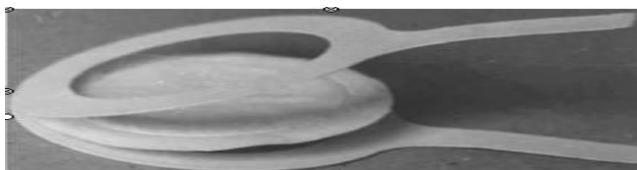
1.5.2 – расм. Фталевий ангрид ишлаб чиқаришда атмосфера ҳавосини тозалаш қурилмаси: 1-ҳаво тозалаш қувири; 2 – Д33 филтрлари

Шундай қониқарли самарага нафталинни каталитик окисланиши ва фталевий ангидридга о-кислол ишлаб чиқариш жараёнида қўлланиладиган ҳавони атмосфера чангларида тозалашда эришилади. Фталевий ангидрид – турли ишлаб чиқариш фталевий кислоталарини ишлаб чиқаришда (мураккаб эфирлар, фталимид, фталонитрил ва ҳоказо), глифтал ва пентафтал смолалар, бўёқлар (фенолфталейн, флуоресцеин, родамин ва антрахинон) ва дори-дармонлар (фталазол, фенилин) ишлаб чиқаришда муҳим оралиқ маҳсулотдир (1.5.2 - расм).

ФП нинг гидравлик мустаҳкам толалар материаллари асосидаги батареялар филтрларни асептик консервирлашда, антибиотиклар ишлаб чиқаришда микроорганизмларни ўстиришда аэроб ферментацияда ва бошқа микробиологик технологияда қўлланилади [9].

Газларни филтрлашнинг муҳим соҳаларидан бири технологик газ муҳитларида, ишлаб-чиқариш атмосфераларида, вентилицион чиқаришларда ва атроф-муҳитда ҳавони ёки газни аналитик филтрлар орқали ҳайдаш ёъли билан амалга оширилади. Бу турли кимёвий табиатли аэрозол зарралар концентрациясини назорат қилиш имконини беради: уларнинг шакли, зичлиги ва бошқалар. Айниқса, кейинги ҳолатда электрон микроскопия усулини қўллаш аэрозол зарраларнинг дастлабки структурасини бузмасдан таҳлил қилишга имкон беради.

Электр шаклланиш жараёни аналитик маҳсулоти намуналари 1.5.3 - расмда кўрсатилган, унинг ассортименти, асосий характеристикалари ва тавсиялари 8-жадвалда келтирилган.



1.5.3-расм. Аналитик филтр

1.5.1–жадвал. ЭШ фильтрларнинг ассортименти ва қўлланиш учун
мўлжалланиши

Марка	Материал	Полимер	Диаметр, мм	Сирт зичлиги, мг/см ²	Мониторинг объекти	Ушлаб қолиш самарад орлиги, % *
В-18 В-10 В-3	ФПП-15	Перхлорвинил смола	70 60 40	3,0	Концентрация	95
ХП-18	ФПП-15	Перхлорвинил смола	70	4,0	Кимёвий таркиби	90-95
ХА-18	ФПА-15	Диацетат целлюлоза				
ХМ-18	ФПМ-15	Полиметил- метакрилат				
РМП-20 РМП-10 РМП-3	ФПП-15	Перхлорвинил смола	70 60 40	3,0	Радионуклид фаоллиги	95-97
РСП-20 РСП-10 РСП-3	ФПП-ЛФС	Перхлорвинил смола	70 60 40	3,5	Радионуклидлар нурланиш спектрлари	95-98
РГП-3			40		Заррачаларни индивидуаль фаоллиги	
Д-3	ФПП-15	Перхлорвинил смола	40	2,5	Заррача ўлчами ва шаклини фаоллиги	99
Б-20	ФПП-15	Перхлорвинил смола	70		Бактериялар концентрацияси	
С-И-У- 20	ФПП-15	Перхлорвинил смола	70	4,0	Органик моддалар буғлари концентрацияси	90-99
С-РУ-20	ФПП-15**	Перхлорвинил смола	70	4,0	Симоб буғини концентрацияси	90-99

* Фильтрлаш тезлиги 1 м/с бўлганда тутиб қолиш самарадорлиги

** Материал сорбент (фаоллашган углерод) билан қўлланилган

Санаб ўтилган мақсадларда қўлланиладиган фильтрлар стационар режимда ишлайди, улар регенерацияланмайди (қайта тикланмайди) ва даврий ўзгаради. Унинг самарали иши фильтрлашнинг етарлича паст тезликларида таъминлайди – бир неча см/с – ва толали қатлам ҳажми фильтр умумий ҳажмининг 10 % идан кам эмас.

Газларни фильтрлашнинг кейинги ЭШ маҳсулоти муҳим рол ўйновчи амалий муҳим соҳаси уни нафас аъзоларини индивидуал ҳимоя

воситаларида қўллаш ҳисобланади. Унинг энг маълум параметри чангга қарши респиратор “Лепесток” дир (4.5-расм). Унинг афзалликлари: юқори Эффе́ктивлик, паст қаршилиқ, қўллаш ишончилиги, соддалиги ва арзонлиги – яшаш вақти респиратор сақланганда амалда чегараланмаган толаларнинг электр зарядига асосланган, бир маротабалик қўлланишда эса унинг қисқа вақтли ресурсини қоплайди. Фильтрловчи қатлам сифатида ва сирт материали сифатида ушбу ҳолда перхлорвинил смола асосидаги толали полистирол ва унинг сополимери олинган материал қўлланилади.



1.5.4 – расм. Респиратор «Лепесток» (а): 1- фильтрловчи қатлам, 2 – сирт материали, 3 –резина тасма, 4 - боғлагич, 5 – шакл тутқич; б) амалда қўлланиши

б) Суюқликларни филътрлаш. ЭШ маҳсулот газларини филътрлашнинг амалий масалаларининг бутун қаторини ечишда ЭШ маҳсулот муҳим ва кўпинча ҳал қилувчи ролни ўйнаса, у ҳолда суюқликни филътрлашда унинг ҳиссаси чегараланган. Бу мирон ва субмирон ўлчамли нзаррачалар гидрозол тутиш коеффициентининг нисбатан паст қиймати билан боғълиқ бўлиб у улар учун ягона бўлганм механизмнинг – уланиб қолишига асосланган. Бироқ электр филътрлаш филътрлари мембранали ва нуклепор филътрлар билан мос ҳолда қўлланилади, бу эса бундай

иккиқатламли фильтрлар сигъимини оширади ва унинг вақтли ресурсини оширади. Бунда толали қатлам дастлабки ўзининг ҳажмида чўкманинг асосий қисмини йиғадиган фильтр ролини ҳамда мембран ёки нуклеопор фильтрлар эса юқори самарали ушлаб қолувчи ролини ўйнайди. Бундай фильтрларни тоза моддалар, реагентлар, фотоматериаллар, озиқ-овқат маҳсулотлари (ёғ, вино, соклар) ни ишлаб чиқаришда, ҳамда авиацияда ёнилғи ва мойни тозалаш учун қўлланилади.

Атроф-муҳитни муҳофаза қилиш муаммоларидан бири атмосферанинг ифлосланишини камайтиришдир. Ҳар йили атмосфера ҳавосига катта миқдорда заҳарли киришмалар: оксидлар ва металлларнинг бошқа бирикмалари, асосан титан, марганес, хром, темир ҳамда олтингугурт диоксиди ва азот оксиди, учувчи органи бирикмалар, чидамли органик бирикмалар ва кислоталар чиқарилади [1]. Ҳавони тозалаш сифатида атроф-муҳитни муҳофаза қилиш бўйича қонунларнинг талаби доимо ривожланиб бормоқда, шунинг учун ҳаво ва газ филтрлаш учун материаллар олиш усуллари ва технологиясини ишлаб чиқиш ва ривожлантириш муҳим ва долзарб масаладир.

Шуни қайд қилиш керакки, филтрлаш материалларининг ҳеч бир категориясида материал ва компонентлари турларининг сони ҳаво ва газ филтрлашдагидек кўп эмас. Дастлабки материал сифатида ҳозирда полимер толалар кенг қўлланилиб, улар полимер қотишмасидан қуйиш усули билан олинган. Замонавий технологиялар нозик филтрлаш учун қўлланишга сазовор бўлган диаметри кичик толаларни олиш имконини беради. Бундай толалардан комбинацияланган қатламли филтрлаш материаллари тайёрланади [2].

Филтрлаш материалларининг компоненталари сифатида фаол тарзда 20 нм дан 200 нм гача бўлган нанотолалар қўлланилмоқда. Уларни синтетик (полиамидлар, полиефирлар, аромати полиамидлар,

полиакрилатлар), биологик (протеинлар, коллагенлар) материаллардан ва фаоллаштирилган кўмрдан тайёрланади.

Улар ўзининг ишлаш принцинга кўра тескари олмос мембраналарига ўхшаш мембраналар олиш имконини беради (а, Мг нинг йирик анионлари, катионларини, оғир металллар ионларини, йирик органик бирикмаларни ушлаб қолади) ва шунинг билан бирга натрий, калий, хлор ва фторнинг кичик ионлари учун катта сингдирувчанликка эга. Бунда нанотола асосидаги мембраналар катта ишлаб чиқаришга эга. Ишлаб чиқариш фильтрлари учун тўсиқларни регенерацияланиши бошланғич мувозанатли қаршилиқни тиклаб, чангни тутиб қолиш қобилиятини сақлаш ва регенерация циклида ундан катта сонли механик таъсирларни ушлаб қолиш катта аҳамиятга эга.

Ўтказилган юқори температурали иссиқ газларни тозалаш учун мавжуд фильтрлаш материаллари шарҳи асосида шу нарса аниқландики, бу фильтрлаш материаллари 1.5.2-жадвалда кўрсатилган талабларга жавоб беради, улар жуда қимматли ва ҳар доим ҳам етарли даражада самарали эмас.

Фильтрловчи нотўқима материалларни олиш технологиясини ўрганиш ва ривожлантириш. Фильтрловчи материалларни олиш технологиясини ривожлантириш мақсадида: улар самарадорлигини ошириш ва уларнинг таннархини пасайтириш мақсадида К.Г.Разумовский номидаги илмий ишлаб чиқариш маркази базасида нотўқима материаллар фабрикаси “Алфа-Альянс” да фильтрловчи нотўқима материалларни ва фильтрловчи нано материаллар (ФНМ) ишлаб чиқариш технологиясини текшириш ва оптималлаштириш ишлари олиб борилди.

Янги ФНМ ишлаб чиқаришда асосий эътибор компонентларнинг танланишига, уларнинг хоссаларига, уларнинг аралшма кўндаланг таркибига ва компонентларнинг нархига қаратилган. Булар ҳақидаги маълумотлар адабиётларда келтирилган.

1.5.2-жадвал. Фильтрларнинг асосий параметрлари

№	Кўрсаткичлар номи	Турлар учун меъёр			
		1	2	3	4
1	Фильтрлаш юзаси, м ²	4-1000	4-25000	4- 25000	4-20000
2	Разрежение в фильтре, Па, ортиқ эмас	3000	6000	5000	5000
3	Гидравлик қаршилик, , Па, ортиқ эмас	2000	3000	2500	2500
4	Регенерация учун ҳаво (газ) босими, МПа, ортиқ эмас	-	0,01	0,01	0,8
5	Фильтрга киришда чанг концентрацияси, г/м, ортиқ эмас	50	30	50	50
6	Фильтрдан чиқишда чанг концентрацияси, г/м, ортиқ эмас	100	100	100	50
7	Фильтрлаш материалида солиштирама газ юкланиши, м/(м ч), ортиқ эмас	90	90	70	180
8	1000 м ³ газни тозалашда энергетик сарфлаш, кВт*с, ортиқ эмас	2,2	1,9	1,9	1,3
9	Максимал газ юкланиши бўйича ҳисобланган солиштирама материал ҳажми, кг/1000м /с	960-115	885-255	920-280	350-75

Фильтрлар учун махсус аралашма тайёрлаш учун компонентлар сифатида қуйидагилар танлаб олинди:

1. Базальт толалар
2. Углерод толалар
3. Полипропилен толалар
4. Ёнувчанлиги пасайтирилган полиэфир толалар
5. Полиметилсилоксан.

Фильтрловчи нанотолани материалнинг ташқи фильтрловчи қатлами ёнувчанлиги пасайтирилган полиэфир толадан тузилган бўлиб, ўрта қатлами полипропилан толадир, яъни у термопласт, у материал эксплуатацияси вақтида унинг регенерация шартини яхшилайти ва унинг мустаҳкамлигини оширади ҳамда унинг киришишини камайтиришга ҳаракат қилади, бу ҳол қисқа туташувчи қатламларда базальт толали ва углерод толалали аралашма асосидаги толапларга кузатилиши мумкин.

Аралашмага базальт толаларни киритиш фильтрловчи нанотолани материалнинг юқори иссиқликка чидамлилигини таъминлайди. Углерод толалар 92 - 99,99% углерод таркибли наноструктураланган органик материаллар бўлиб, юқори мустаҳкамлик қийматига ва эластиклик модулига эга. Углерод толалар ўта юқори иссиқликка чидамлидир: 1600—2000 °C ли иссиқлик таъсирида кислородли оксидланишда толанинг механик кўрсаткичлари ўзгармайди. Углерод толаларнинг юқори кимёвий чидамлилиги туфайли, улардан кескин таъсир этувчи хоссаларга эга кимёвий моддаларни, газларни тозалаш учун қўлланилади.

Аралашманинг тузилишида базальт толалар углерод билан яхши аралашити кўзда тутилган. Базальт толаларнинг эластиклик модули 11000 ни, углеродники 22000-56000 к'с/мм ни ташкил этади. Базальт толага маълум миқдорда углерод қўшилганда, ҳосил бўлган гибрид материалнинг эластиклик модули ва қатор бошқа хоссалари базальтнинг хоссалари сатҳидан сезиларли ошади, лекин углерод толаларининг миқдори камлигидан гибрид материалларни қўлланиши, бундай тарзда амалий ишларни жорий этилиши ва бўлиши мумкинлиги намоён бўлади. Шундай қилиб, янги фильтрловчи нанотолали материалларни яратишда биз нафақат хосса сатҳини назорат қилиш имкониятини кўриб чиқдик, болки бунда биз товар нархи кўрсаткичи бўйича ҳам рақобатбардош қилиб уни нархи бўйича ҳам кўриб чиқдик.

Охирида филтрловчи наноматериалларни гидрофоб қобилиятини ошириш мақсадида кремний-органик суюқлик билан ҳимоя қатламини ҳосил қилувчи, сувни чиқариб юборувчи ва шу билан бир вақтда филтрловчи материалнинг ҳаво сингдирувчанлигини камайтирувчи полиметилсилоксан 20 сСТ билан шимдирилса филтрга ўзига янги хоссани беради. Бунда ФНМ компоненталарининг оптимал таркибини танлаш учун 1.5.3- жадвалда келтирилган бешта компонентдан аралашма таркибининг бешта вариант текширилганлиги таъкидлаш жоиздир [34].

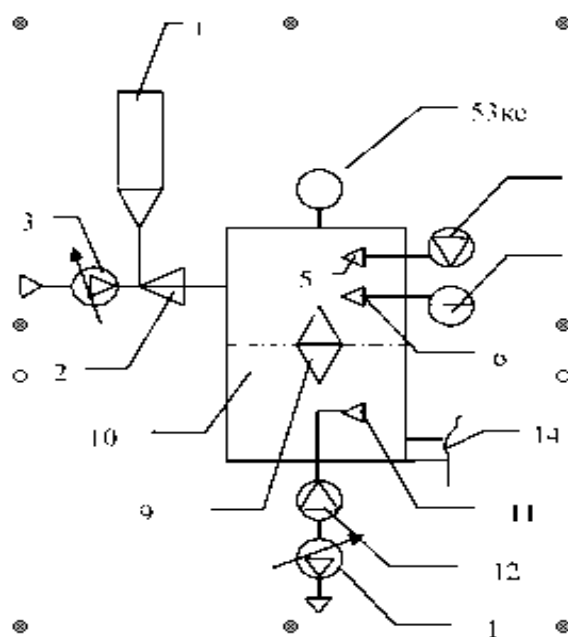
1.5.3 - жадвал. Тажриба маълумотлари

N	Filtrlanuvchi materiallar tarkibi, mass. %	Поверхностная плотность, г/м ²	Пылеемкость, %	Воздухопроницаемость, дм ³ /м ² с	Сопротивление, мм. вод. ст.
1	1. Bazalt tolasi - 14 2. Uglerod tolasi - 3 3. Polipropilen tolasi - 19 4. ПолиЭШирное волокно пониженной горючести - 44 5.Полиметилсилоксан - 20	400	0,30	310	170
2	1.Базальтовое волокно - 12 2. Углеродное волокно - 1 3. Полипропиленовое волокно - 20 4. ПолиЭШирное волокно пониженной горючести - 49 5.Полиметилсилоксан - 18	380	0,36	325	165
3	1.Базальтовое волокно - 18 2. Углеродное волокно - 5 3. Полипропиленовое волокно - 22 4. ПолиЭШирное волокно пониженной горючести - 39 5.Полиметилсилоксан - 16	450	0,12	350-400	178
4	1.Базальтовое волокно - 10 2. Углеродное волокно - 2 3. Полипропиленовое волокно - 19 4. ПолиЭШирное волокно пониженной горючести - 54 5.Полиметилсилоксан - 15	350	0,23	300	158
5	1.Базальтовое волокно - 20 2. Углеродное волокно - 4 3. Полипропиленовое волокно - 21 4. ПолиЭШирное волокно пониженной горючести - 34 5.Полиметилсилоксан - 21	445	0,05	400	184

Нотўқима филтрловчи материалларнинг тажриба намуналари NSC Groupe «ASSELIN-THIBEAU» (Франция) компаниясининг юқори технологик қурилмасида комбинацияланган технология бўйича ҳосил

қилинди. Бу қурилма билан К.Г.Разумовский номидаги МГУТУ (МГУТУ) нинг “Алфа-Альянс” илмий маркази таъминланган. Нотўқима материалларни олиш жараёнида тола материалларнинг аралashiши, яъни толали **холстни** нина билан тешувчи машинада кейинги термопресслаш орқали дастлабки зичлаштириш амалга оширилади [3, 4].

Текшириш усуллари. Фильтрловчи хоссаларни аниқлаш учун ФНМ нинг сирт зичлиги аниқланди; ФНМ коваклари ўлчами, ҳаво сингдирувчанлиги, гидроскопиклик, фильтрланувчи оқимга қаршилиқ ва фильтрловчи хоссаларнинг регенерацияга қобилияти. ФНМ нинг кўрсаткичларини ўрганиш учун махсус қурилма яратилган (1.5.3-расм).



1.5.3-расм. Фильтрловчи наноматериалнинг кўрсаткичларини аниқлаш махсус йиғилган қурилманинг принципиал чизмаси: 1 – чангбергич бункери; 2 – ҳаво духовкаси; 3, 13 – аспираторлар; 4 – компрессор; 5, 6, 11 – материаллар элементар синовлари; 7, 12 - ротаметр; 8 - микроманометр; 9 - фильтр; 10 – чанг камераси; 14 – автоматик чиқувчи клапан.

Фильтр намуналарини чанглаш учун қаттиқ аэрозол сифатида кичик дисперсли кварс чанг, кокс чанги, антрацит чанги, темир оксиди, қум, каолин ва шу кабилар қўлланилган. Уларнинг оқимдаги тақсимоти Максвеллнинг нормал қонунига бўйсунди. Гранулометрик таркиб сканирловчи фотоседиментограф “Анализетте 20 (Фрицч)” ёрдамида аниқланган - 1.5.4-жадвал.

1.5.4 – жадвал. Аэрозолнинг таркиби

Кўрсаткич	Заррача ўлчами, мкм			
	< 1	1 - 7	7 - 10	> 10
Дисперсион таркиби, %	24	31	19	26

Сирт зичлигини ГОСТ 3811-72 “Тўқималар ва донабай тўқимачилик буюмлари” бўйича аниқланди.

Ҳаво сингдирувчанлик ГОСТ 12088-77 “Тўқимачилик материаллари улардан буюмлар. Ҳаво сингдирувчанликни аниқлаш усули” «УПВ -2» асбоби ёрдамида олиб борилди.

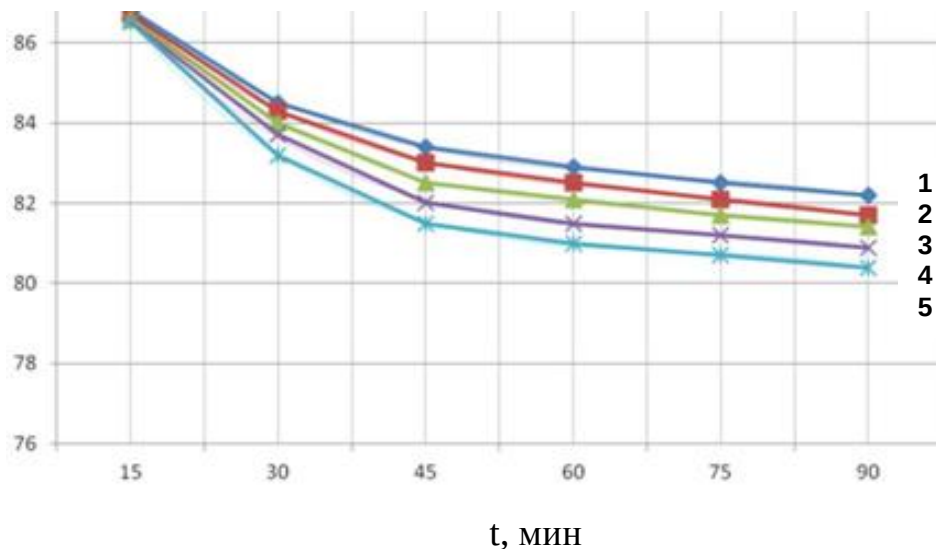
Гидроскопик ГОСТ 3816-81 “Тўқимачилик полотноси. Гидроскопик ва сув сув итарувчи хоссаларни аниқлаш усуллари” бўйича аниқланди.

Фильтрловчи хоссаларнинг регенерация хусусиятини, гравиметрик усулда ўрганилди. Бу усул ўрганилаётган компонентанинг гравиметрик шакл кўринишида ажраб чиққач массасини ўлчашга асосланган.

Эксплуатацион хоссаларнинг синови фильтрлашнинг доимий тезлигида $W=0,5$ м/с, $\rho=45$ г/м чанг концентрациясида, фильтрда чегаравий босим тушиши ўрнатилганда олиб борилиб, бунда регенерация уланади: 500, 1000, 1500 Па. Чанг заррачаларининг эквивалент δ_{50} : 5, 20, 50 мкм.

Олинган натижалар асосида филтрлаш частотасининг филтрлаш вақтига ва оқим филтрлаган қаршилиқнинг филтрлаш тезлигига боғлиқлиги аниқланди 1.5.4-расм.

N, %



1.5.4-расм. Диаметри 5 мкм бўлган чанг учун филтрлаш частотаси (N) нинг филтрлаш вақти (t) га боғлиқлиги (графиклардаги намуналар тартиб рақамлари 1.5.3-жадвалдаги намуналар рақамига мос келади).

Текширишлар натижасида диаметри 5 мкм бўлган 5 та текширилаётган намуналар учун филтрлаш частотасининг филтрлаш вақтига боғлиқлигини ифодаловчи 3-тартиб полином кўринишидаги математик модел олинди [5]:

$$y = -0,0648x^3 + 0,9091x^2 - 4,4975x + 90,433 \quad (1)$$

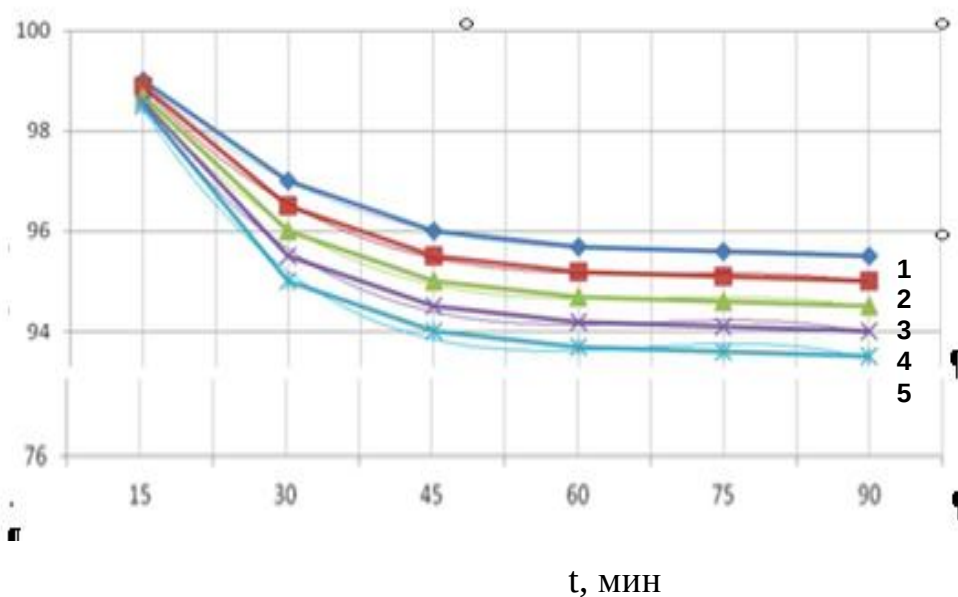
$$y = -0,0704x^3 + 0,9817x^2 - 4,8479x + 90,633 \quad (2)$$

$$y = -0,0769x^3 + 1,0909x^2 - 5,3751x + 90,967 \quad (3)$$

$$y = -0,0787x^3 + 1,1496x^2 - 5,786x + 91,233 \quad (4)$$

$$y = -0,1019x^3 + 1,4373x^2 - 6,9037x + 92,067 \quad (5)$$

N, %



1.5.5-расм. Диаметри 50 мкм бўлган чанг учун филтрлаш частотаси (N) нинг филтрлаш вақти (t) га боғлиқлиги (графиклардаги намуналар тартиб рақамлари 1.5.3-жадвалдаги намуналар рақамига мос келади).

Текширишлар натижасида диаметри 50 мкм бўлган 5 та текширилаётган намуналар учун филтрлаш частотасининг филтрлаш вақтига боғлиқлигини ифодаловчи 3-тартиб полином кўринишидаги математик модел олинди:

$$y = -0,0602x^3 + 0,8659x^2 - 4,1739x + 102,37 \quad (11)$$

$$y = -0,0787x^3 + 1,096x^2 - 5,0681x + 102,93 \quad (12)$$

$$y = -0,0926x^3 + 1,2687x^2 - 5,7388x + 103,23 \quad (13)$$

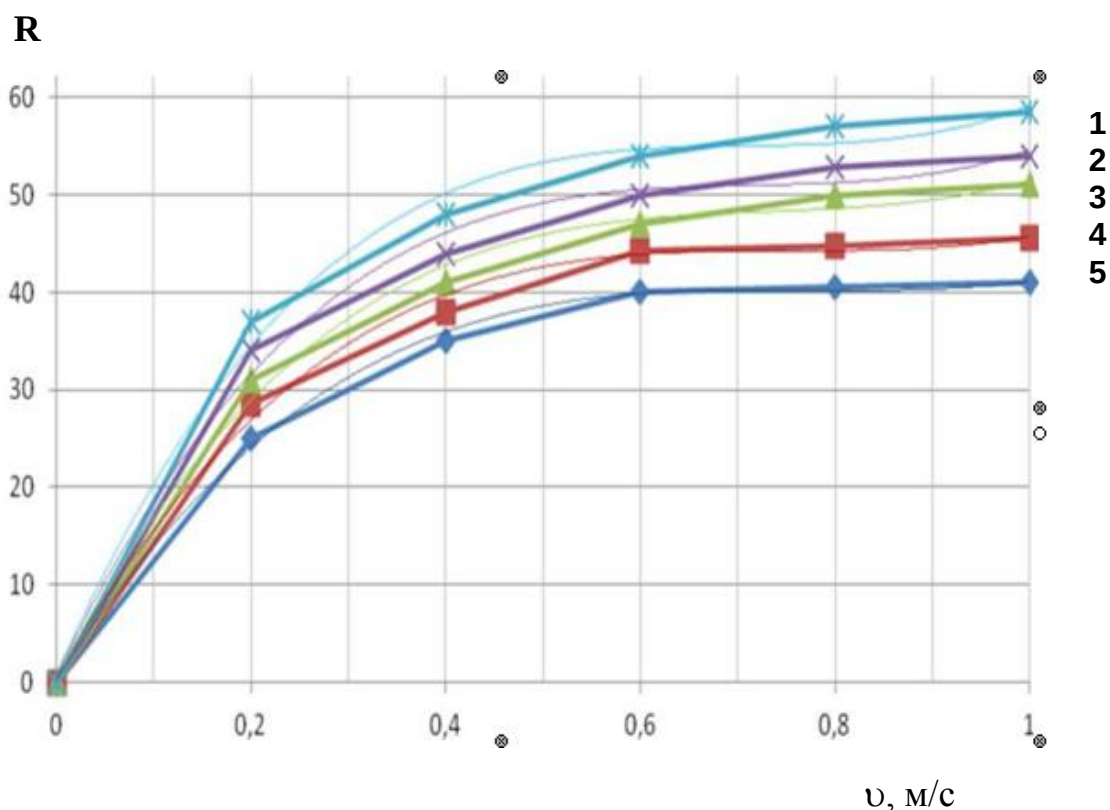
$$y = -0,1111x^3 + 1,4988x^2 - 6,6329x + 103,8 \quad (14)$$

$$y = -0,1296x^3 + 1,729x^2 - 7,5271x + 104,37 \quad (15)$$

Эксперимент натижалари (1.5.3 ва 1.5.4-расмларга қаранг) шуни кўрсатдики, чангланиш ўлчами бўйича филтрлаш қобилятининг

қонуниятли пасайиши содир бўлади, бу фильтрловчи материал юзасида аэрозолнинг бузилишига боғлиқ.

Фильтрлаш частотаси кўрсаткичлари анализи шуни кўрсатдики, фильтрловчи наноматериалга киритилишда коваклар ўлчамини камайишига олиб келувчи 21% полиметилсилоксанли 5-намуна энг катта қийматга эга (1.5.6-расм).



1.5.5-расм. Фильтрловчи оқим қаршили (R) ни фильтрлаш тезлиги (v) га боғлиқлиги (графиклардаги намуналар тартиб рақамлари 1.5.3-жадвалдаги намуналар рақамига мос келади).

Текширишлар натижасида оқим билан филтрланган қаршилиқнинг филтрлаш тезлигига боғлиқлигини 5 та текширилаётган намуна учун ифодаловчи 3-тартиб полином кўринишидаги математик модел ҳосил қилинди:

$$y = 0,7083x^3 - 10,304x^2 + 49,845x - 40 \quad (16)$$

$$y = 0,8204x^3 - 11,732x^2 + 55,905x - 44,533 \quad (17)$$

$$y = 0,9074x^3 - 12,706x^2 + 60,101x - 47,667 \quad (18)$$

$$y = 1,0593x^3 - 14,565x^2 + 67,176x - 52,933 \quad (19)$$

$$y = 1,1898x^3 - 16,234x^2 + 74,147x + 58,333 \quad (20)$$

Тажриба натижаларининг анализи (5-расмга қаранг) шуни кўрсатдики, текширилаётган намуналардан биринчиси максимал филтрлаш тезлигида оқим филтрлаган минимал қаршиликка ва бешинчиси эса максимал қаршиликка эга.

2-БОБ. ТАДҚИҚОТ ОБЪЕКТЛАРИ ВА УСУЛЛАРИ

2.1. Акрилонитрил сополимери ва унинг тавсифлари

Акрилонитрил сополимери таркиби (АН:МА:АК) акрилонитрил (93,5 %), метакрил кислота (4,5 %) ва акрил кислота (3 %) иборат бўлади ва унинг асоида сунъий жун деб эътироф этиладиган “нитрон” толаси олинади. АК:МА:АК толалари ноёб физик хоссали материаллар ҳисобланади. Улар юқори концентрацияли (51,5 % дан катта) роданид калий (KaSNC) тузида ва бир қатор органик эритувчиларда эрийди. Бу уларни қайта ишлаб турли маҳсулотлар тайёрлаш имкон беради.

Тадқиқотлар учун танланган акрилонитрил сополимери (со-АН) нинг ўртача молекуляр масса M_n , унинг диметилформамид (ДМФА) эритувчисида вискозиметрия усулида ўлчанган тавсифли қовушоқлиги $[\eta] = 454 \text{ см}^3/\text{г}$ миқдорига асосан Марк-Кунн-Хаувинк тенгламаси [34] ёрдамида

$$[\eta] = 7.24 \cdot 10^{-2} M^{0.66} \quad (2.1.1)$$

яъни $M_n = ([\eta] / 7.24 \cdot 10^{-2})^{1/0.66} = 560000$ га тенг эканлиги аниқланди.

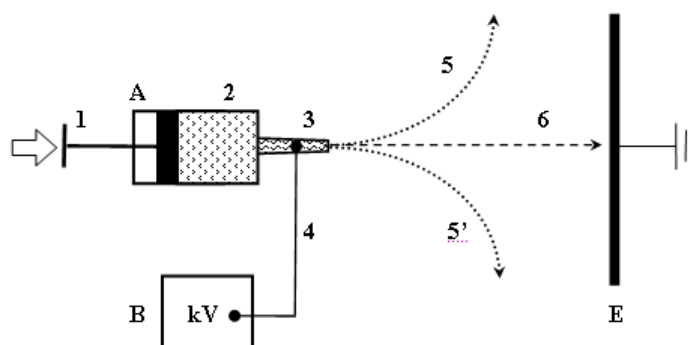
Тадқиқотлар олиб бориш учун ушбу акрилонитрил сополимери асосида “Навоиазот” заводида ишлаб чиқарилган нитрон толасидан фойдаландик, Ушбу нитрон толаси микро ўлчамли бўлиб унинг қалинлиги 25 – 35 мкм ташкил этди. Нанотолар олиш учун ДМФА ва KaSNC (51,1 %) эритувчилари қўлланилди.

2.2. Нанотолалар шакллантиришнинг электроспиннинг усули қўлланиши

Акрилонитрил сополимери кучсиз концентрланган ($\approx 5 \div 10$ г/дл) аралашмалардан шприц (А), юқори кучланиш манбаи(В) ва экран (Э) дан тузилган қурилмада 2.2.1-расмда тасвирланган электроспиннинг ҳосил қилаётиб шакллланади.



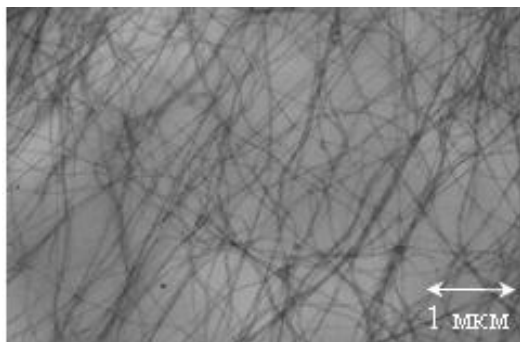
а



б

2.2.1-расм. Электроспиннинг қурилмаси расми (а) ва нанотолалар шакллантиришининг принципиал чизмаси (б)

Поршен (1) таъсирида полимер аралашма (2) капилляр сопло ($\varnothing \approx 0,05$ см) фильералари (3) орқали берилган тезлик ($0,02 \div 0,08$ мл/мин) да хона температураси (298 К) да сиқиб чиқарилади. Юқори кучланишни улаш кучли электр майдонни ҳосил қилади. У нанотолалар электроспиннингига эритма (5, 5') нинг буғланиш интенсивлиги йўли билан қабул қилгич функциясини ўйновчи полимер молекулалари (б) нинг экран (Э) томон буралиши ва чўзилишига мос келади. Экраннинг текис юзасида (фольгада) шаклланган нанотолалар ихтиёрий шаклда қўйиб чиқилади ва дисксимон кўринишда нотўқима наноматериал ҳосил бўлади (2.2.2-расм).



2.2.2-rasm. Акрилонитрил сополимери асосидаги нанотолали нотўқима материалнинг электрон микроскопик тасвири (толани ўртача диаметри 100 нм).

Анод (**фильера**) ва катод (экран) орасидаги масофани доимий кучланишда **бошқариш** олинган нанотолалар диаметрини бошқаришга имкон беради.

2.3. Нанотолаларнинг структурасини тадқиқ қилиш усуллари

Олинган нанотолаларнинг структуравий характеристикалари электрон микроскопия, рентгеноструктуравий анализ ва сув буғлари сорбсияси усуллари ёрдамида текширилади.

1. Нанотолалар диаметрини РЕМ-200 асбобида 20000 мартабалик катталаштиришда аниқланди.

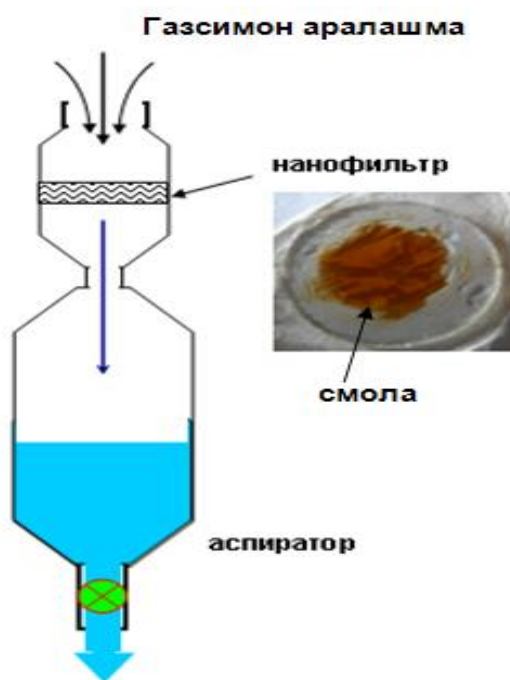
2. Нанотолалар ва микротолалар кристалланиши ДРОН-3М асбобида тўлқин узунлиги $\lambda = 1.542 \text{ \AA}$ бўлган монохроматизирланган уK_α нурланишда ўрганилди.

3. Намуналарнинг сорбсияланган хусусияти Мак-Беннинг кварс пружинали юклар ўрнатилган юқоривакуумли сорбсион қурилмасида 298 К ва нисбий намлиги (p/p_0) 10 - 100 % оралиқда бўлган ҳолатда ўлчанди.

2.4. Нотўқима полимер нанотолаларни филтрлар сифатида қўллаш усули.

Наночилтрларни синаш бўйича тадқиқотлар чизмаси 2.4.1-расмда келтирилган махсус йиғилган ускуна ёрдамида амалга оширилди. Ушбу қурилма газсимон аралашмалар ва таркибида қуйимолекуляр бирикмалар,

ионлар каби элементлар бўлган тизимларни филтрлаш учун мўлжаллангандир. Қурилма нанофилтр ўрнатилган махсус цилиндрик шиша детал ва унга уланган аспиратордан иборатдир. Шиша цилиндрнинг бир томони очик бўлиб, у орқали нанофилтрга газсимон аралашма ёки суяқлик аспиратор ёрдамида сурилади.



2.4.1-расм. Нанофилтр ускунаси чизмаси

Филтрлар жараёни қуйидаги тартибда олиб борилади:

- дастлаб, аспиратор маълум ҳажмда (4/5 қисми) сув билан тўлдирилади;
- сўнгра, нанофилтр жойлаштирилган шиша цилиндр филтраланиши лозим бўлган муҳитга яқинлаштирилади ёки уланади (суяқлик бўлса);
- ундан кейин эса, аспиратор ишга туширилади, яъни унинг крани очилади ва филтрланадиган тизим филтр орқали ўта бошлайди;
- бунда филтрланадиган тизимни дастлабки m_0 - массаси (ёки бошқа бирор физик кўрсаткичи, масалан, синдиргич кўрсаткич, зичлиги, ранги) ва

фильтрда тутиб қолинган қисми m_1 – массаси ўлчанади ҳамда уларнинг фарқи асосида $\Delta m \approx m_0 - m_1$ фильтрлар, яъни нанофильтр аралашмаларни тозалаш қобилияти баҳоланади.

3-БОБ. ТАДҚИҚОТ НАТИЖАЛАРИ ВА МУҲОКАМАСИ

3.1. Акрилонитрил сополимери асосида нанотолалар олиниши ва унинг структуравий тавсифлари

Тадқиқотлар ўтказиш учун “Нитрон” синтетик тола (микротола, диаметри 25 мкм) танланган бўлиб, унинг асосини акрилонитрил сополимери (молекуласисининг диаметри 1-2 нм) ташкил этади. Ушбу сополимер таркиби акрилонитрил (АН), метакрилат (МА) и итакон кислота (ИК) дан иборат бўлиб, улар нисбати 92:4,5:3,5 (АН:МА:ИК), ёки қисқача со-АН деб ҳам ёзилади. Одатда, со-АН нинг молекуляр - структуравий тавсифлари эритмалар орқали аниқланади. Шу боис унинг молекуляр массасини аниқлаш учун эритмасини тайёрлаш учун бинар эритма (эритувчи) 51,1 % NaSCN ни танладик ва Уббелоде вискозиметрияси усулида Хаггинс (3.1.1) ва Марк-Кунн-Хаувинк (3.1.2) тенгламаларидан фойдаланилган ҳолда молекуляр массасини аниқладик.

$$\eta_{\text{сол}}/C \approx [\eta] + k[\eta]^2C \quad (3.1.1)$$

$$M_{\eta} \approx ([\eta]/2,3 \times 10^{-4})^{1/0,78} \quad (3.1.2)$$

бу ерда $\eta_{\text{сол}}$ – солиштирма қовушиқлик; C – концентрация, k – Хаггинс доимийси; $[\eta]$ – тавсифли қовушоқлик; $K = 2,3 \times 10^{-4}$ ва $a = 0,78$ – ушбу полимер-эритувчи тизими учун Марк-Кунн-Хаувинк тенгламаси коЭШфициентлари [456].

Дастлаб, вискозиметрик тадқиқотлар натижалари асосида $\eta_{\text{сол}}/C$ ни C га тўғри чизиқли боғлиқлигидан $[\eta] \approx 2,0$ дл/г га тенг эканлигини

аниқладик. Сўнгра (3.1.2) тенглама бўйича со-АН молекуляр массаси $M_n \approx 65000$ эканлигини ҳисоблаб топдик.

3.2. Со-АН асосида нанотолали нотўқима материалларни олиниши

Полимер маҳсулотларга, айниқса, толали материалларга бўлган эҳтиёжнинг кун сайин ортиб бориши пахта, ипак, жун, нитрон каби маҳаллий хомашёларни янада катта миқдорларда ишлаб чиқарилишига ва уларни қайта ишлашнинг илғор технологияларини, жумладан, нанотехнологияларни жалб этишга асос бўлмоқда [1]. Маълумки, толалар микроўлчамли (>5 мкм) бўлиб, улар молекуляр тузилиши наноўлчамли (диаметри $0,5-2,0$ нм, узунлиги >100 нм) бўлган полимер занжирларнинг ориентацион кристалланиши асосида шаклланган бўлади [2]. Микроўлчамлилардан фарқли махсус физик кимёвий ва эксплуатацион хоссаларга эга бўлган биологик фаол наноўлчамли толаларни шакллантириш юқори технологик ёндашишларни тақоза этади ва бу борада электроспиннинг усулига асосланган нанотехнологияларни яратиш ҳозирда ўта долзарб ҳисобланади. Электроспиннинг нанотолаларни нотўқима материаллар этиб шакллантиришда ўта самарали бўлиб, унда нанотолаларни солиштирма сиртини катталиги ва физик кимёвий фаоллиги, наноғоваклар ҳосил қилиши бундай материалларни амалиётда тиббий-биологик қопламалар, нанозаррачали биоэлементларни ва доривор воситаларни ташувчилар, ҳаво, газсимон ва суюқ моддаларни тозалашда нанофилтрлар, наносорбентлар сифатида қўлланиши учун катта имкониятлар очиб беради.

Бу йўналишда ЎзР ФА Полимерлар кимёси ва физикаси институтида маҳаллий полимер хомашёлар асосида нанотолали нотўқима материаллар яратишнинг технологияларини амалга ошириш бўйича илмий тадқиқотлар

олиб борилмоқда. Ҳозирда юқори технологик ёндошишга асосланган электроспиннинг ускунасини йиғилган (2.2.1, а - расм).

Ушбу қурилма ёрдамида, со-АН нинг 5 % ли эритмасидан нанотолаларни электроспиннинг жараёнини экран (катод) дан 15 см масофада шприцга ўрнатилган фильерага ($\varnothing < 0,5$ мм), яъни анодга доимий кучланиш (15 кВ) бериш орқали амалга оширдик. Бунда фильера диаметрини экран юзасига нисбатан 1000 марта катта бўлганлиги, фильерадан чиқаётган эритма оқимини кучли электр майдони кескин тарзда икки фазага ажралишига, яъни эритувчини сочилишига ҳамда полимер молекулаларини экранга тортилиши туфайли ориентацион кристалланиш натижасида наноўлчамли толаларга айланиши сабаб бўлди. 3.2.1- расмда электроспиннинг жараёни туфайли шакллантирилган со-АН нанотолаларининг нанотўқима материалдаги структуравий жойлашишининг тасвири келтирилган.



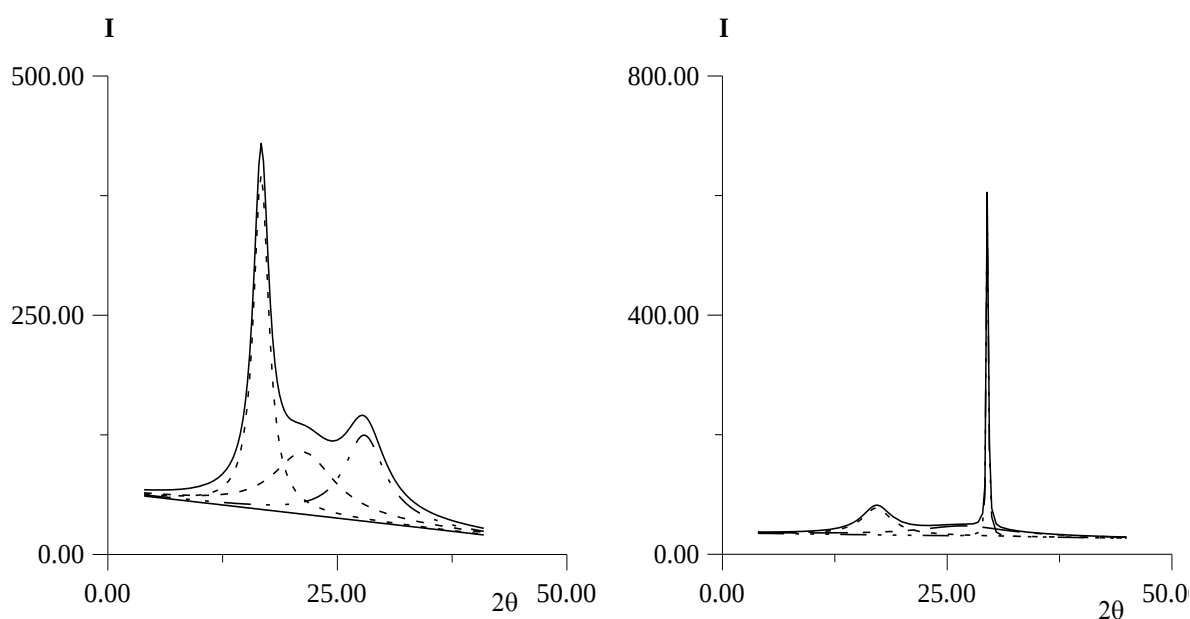
3.2.1-расм. Со-АН нанотолаларини нотўқима материалда жойлашинининг атомли-кучайтиргичли микроскопия (АСМ) ёрдамида олинган тасвири.

Бунда толалар ўлчами 50 - 150 нм атрофида бўлиб, улар орасидаги ғоваклар ҳосил бўлган. Ушбу ғоваклар ўлчамлари 10 нм дан то 500 нм гача бўлиши кузатилган. Тадқиқотлар, нанотолалар ўлчамлари ва уларни

нотўқима материалларда маълум бир тартибда жойлашиши ва аниқ бир ўлчамларда наноғоваклар ҳосил қилиб шакллантириш имкониятлари мавжудлиги кўрсатди. Шунингдек, тадқиқотлар маълум тавсифли нанотолалар олишга таъсир этувчи бир қатор омиллар мавжудлигини, жумладан: - нанотолалар қалинлиги ва шакли берилаётган кучланиш ва масофага боғлиқлиги; эритманинг тола ҳосил қилиш қобилияти ва нанотолаларнинг махсус хоссалари полимернинг молекуляр тузилишига боғлиқлиги; нанотолаларнинг махсус хоссалари намоён бўлишида эритма ва аралашма таркибини бошқариш муҳим аҳамият касб этишини кўрсатди. Масалан, биологик фаол хитозан асосида олинган нанотолаларни ёрқин тарзда антибактериал хоссаларни намоён қилиши, хитозан ва целлюлоза аралашмасидан олинган нанотолалар эса антибактериал хоссаларга эга тўқимачилик материаллари ишлаб чиқаришда, шунингдек, коллаген ва фиброин ёки коллаген ва целлюлоза аралашмалари асосидаги нанотолали нотўқима материаллар доривор воситалар ташувчилар сифатида тиббий биология ва фармацевтика соҳасида, полиэтиленоксид нанотолали материаллар эса ион ташувчилар сифатида электротехникада батареялар ишлаб чиқаришда қўлланиши мумкин. Газсимон ва суюқлик моддаларни, ҳавони тозалаш учун нанофилтрлар яратишда со-АН асосидаги нанотолали нотўқима наноғовакли материаллар самарали эканлигини кўрсатди.

Диаметри 25 мкм бўлган микротолалар ва 250 нм ли нанотолалар структурасини солиштира анализ қилиш шуни кўрсатдики, сополимер микротолалари учун $2\theta \approx 16.5$ ва текисликлараро масофа (010) ва (300) билан боғлиқ бўлган 29.2 га кристалл структурани характерли рефлекслари мавжуддир [34]. Нанотолалар мисолида кристалл структуралар кўрсаткичининг ўзгариши кузатилади, яъни текисликлараро масофага мос келувчи интенсивлик (И) ва когерент масофалар соҳаси кенглиги

микротоалардан фарқ қилади (3-расм). Бундай фарқ электроспиннингда макромолекулалар структурасининг шаклланиш жараёнида юз беради. Сополимер молекуласининг электростатик майдон таъсирида ориентирланган ҳолатга ўтишида Кулон ўзаро таъсирида ҳаракатланувчи ва чўзувчи кучни ҳосил қилувчи функционал группалар муҳим роль ўйнайди.



3-расм. Акрилонитрил сополимери микро (1) ва нанотола (2) ларининг дифрактограммаси.

Электроспиннинг жараёнида Тейлор конуси яримбурчаги икки кучлар, конус сиртидаги электростатик ва сирт кучлари нисбатига боғлиқ [35]. Кучли тортилиш туфайли Электроспиннинг жараёнида кристаллар шаклланишида қулай шароитлар асосан чўзилган занжирли (**КВЦ**) юзага келади, бу вақтда одатдаги шароитларда мураккаб занжирли (**КСЦ**) кристаллар шаклланади [34]. Бунинг натижасида кристалланиш даражаси

($C_{кр}$) ва кристаллилар ўлчами нанотолаларда микротолаларга нисбатан катта (2.1.1-жадвал).

2.1.1-жадвал

Акрилонитрил сополимери микро ва нанотолаларининг структурвий кўрсаткичлари

Кўрсаткичлар	Микротола		Нанотола	
	Кристалл структуралар рефлекслари			
	010	300	010	300
Максимум ҳолати 2θ, град.	16.8	28.1	17.2	29.5
Текисликлараро масофа d, Å	5.3	3.2	5.1	3.0
0.5 баландликда рефлекс кенглиги β, рад.	0.017	0.047	0.035	0.0017
Кристаллит ўлчами L, Å	89.3	33.7	44.6	913
Кристалланиш даражаси (C _{кр}), %	71		75	

Сорбцион текширишлар натижалари шуни кўрсатдики, сополимернинг микро ва нанотолалари S-симон шаклга эга (4-расм), нанотолалар учун эгри чизик сорбсия кўрсаткичи (x/m) кичик қийматли ва нисбий намлик (p/p_0) катта қийматли соҳага силжигандир. Изотермалар 3 та босқичга бўлинади: И – бирламчи фаол марказларда сорбсия ва моноқатламнинг $p/p_0 \leq 0.25$ қийматигача тўлдириш; ИИ – фибриллалараро соҳаларни сув билан тўлдириш ва $p/p_0 \approx 0.25 \div 0.65$ интервалда яриммолекуляр адсорбсия; ИИИ – фибриллалараро макросоҳаларда яриммолекуляр адсорбсиянинг тўхтатилиши ва $p/p_0 > 0.65$ да капилляр конденсациянинг бошланиши.

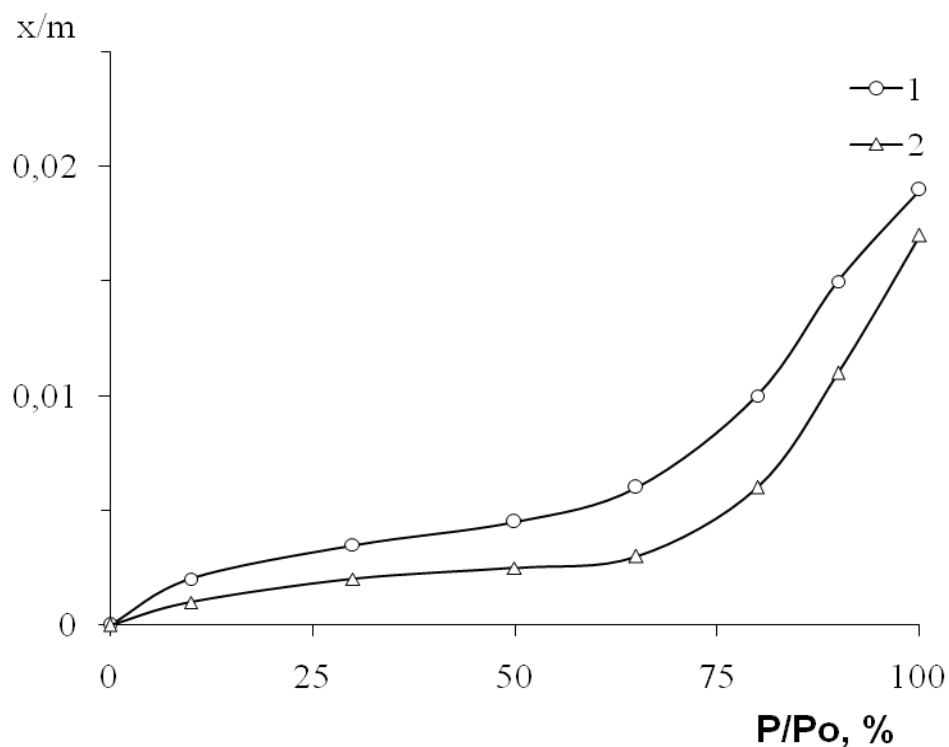


Рис. 4. Изотермы сорбции паров воды для микроволокон (1) и нановолокон (2) сополимера акрилонитрила.

Сув буғлари сорбсиялари натижалари бўйича моноқатлам сиғими қиймати (X_T), солиштирма сирт ($C_{уд.}$), ковакларнинг йиғинди ҳажми (W_0), субмикроскоп капиллярларнинг ўртача радиуслари (r_k) 2-жадвалда келтирилган. Бундан нанотолалар микротолаларга нисбатан улардаги коваклар ўлчами катта бўлишига қарамай сувни кам шимиши келиб чиқади.

2-жадвал

Акрилонитрил сополимери микротолалари ва нанотолаларининг сорбсион
характеристикаси

Намуна	Микротола	Нанотола
$X_m, \text{г/г}$	0.0028	0.00174
$C_{уд}, \text{м}^2/\text{г}$	9.859	6.11
$W, \text{см}^3/\text{г}$	0.019	0.017
$p_k, \text{\AA}$	38.54	55.65

Акрилонитрил сополимери нанотоласининг электроспиннинг махсус йиғилган қурилмада олиб борилди ва шаклланиш шартига боғлиқ равишда турли диаметрли нанотолалар олиш мумкинлиги кўрсатилган. Нанотолалар кристалл структураси ўлчамлари 91 нм ли когерент сочилиш соҳалари тенг бўлган чўзилган занжирли кристаллардан ташкил топган. Электроспиннингда қатламлараро масофанинг камайиши ва $2\theta \approx 29.5$ соҳаларда рефлекслар сиқилиши содир бўлади. Сорбцион тадқиқотлар натижалари шуни кўрсатдики, нанотолалар микротолаларга нисбатан кичик сорбцион хусусиятга эга.

3.3. Нанотолали нотўқима материаллар орқали газсимон вак суюқ фазада тизимларни филтрлаш

Газсимон ва суюқлик моддаларни, ҳавони тозалаш учун нанофилтрлар яратишда со-акрилонитрил асосидаги нанотолали нотўқима нанофовакли материаллар самарали эканлигини аниқлаш бўйича қуйидаги тартибда тадқиқотлар ўтказилди.

А) Нанофилтрларни синаш бўйича тадқиқотлар чизмаси 2.4.1-расмда келтирилган махсус йиғилган ускуна ёрдамида амалга оширилди. Со-АН нанофилтрли нотўқима материални филтрлаш қобилиятини

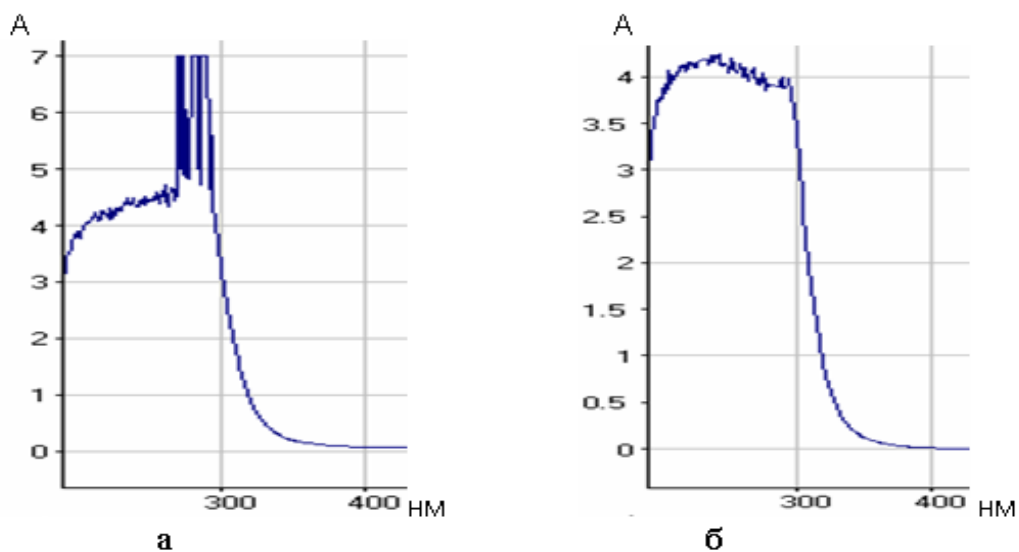
баҳолаш тамаки тутунини тутиб қолиш мисолида тадқиқот қилинди ва унинг самарадорлигини аниқлаш натижалари 3.3.1-жадвалда келтирилган.

3.3.1-жадвал. Нанотолали нотўқима материални газсимон аралашмани
филтрлашдаги самарадорлигини аниқлаш натижалари

Ўлчанган кўрсаткичлар	Микдорлари
Нанофилтрнинг дастлабки массаси	0,00800 g
Нанофилтрнинг филтрлашда кейинги массаси	0,01455 g
Тамаки тутунидан тутиб қолинган никотинли смола массаси	0,00655 g

Тадқиқот натижалари қиёсий таққослаш, ушбу филтрни ўзининг оғирлигидан 28 марта кўп микдорда никотин тутган смолани тутиб қолиш қобилиятига эга эканлигини кўрсатди. Бу натижада сигаретдаги тамаки массасининг 3,7 % қисми смола эканлиги ҳам кўрсатди.

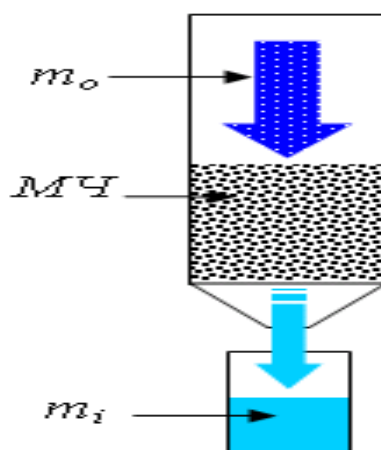
Ультрабинафша (УБ) спектроскопик тадқиқотлар тамаки смоласини нанотолалар билан ўзига хос молекуляр таъсирлашиш намоён қилганлиги, яъни тамаки тутунини филтрлашда нафақат механик тарзда, балки молекуляраро таъсирлашишлар ҳисобига ҳам смола тутиб қолинганлигини кўрсатди (2.4.1-расм). Бунда 270-290 нм тўлқин узунлиги соҳасида шовқинли сигналлар тамаки тутуни филтрлангандан сўнг йўқолиши, яъни бартараф этилиши кузатилган. Бунга сабаб, нотўқима материалнинг ғовакларидаги спектрал шовқин ҳосил қилувчи ҳаво молекулари ўрнини филтрлаш жараёнида тамаки смоласи эгаллаши ва нанотола сиртида со-АН молекуласи билан смола молекуларарининг ўзаро таъсирлашишларидир.



3.3.1-расм. Со-АН асосидаги нанотолали нотўқима материалнинг тамаки тутунини филтрлашдан олдинги (а) ва кейинги (б) ҳолатларини УБ-спектрлари

Шундай қилиб, ўтказилган тадқиқот натижалари нанотолали нотўқима материалларни филтрлаш мақсадида қўллашганида, улар нафақат механик тарзда газ таркибидан турли бирикма ва моддаларни тутиб қолишини, балки филтрланаётган моддалар молекулари билан нанотола сиртида полимер молекулалари орасида ўзаро таъсирлашлар намоён бўлиши кўрсатди. Хулоса қилиб айтганимизда, ушбу ЭШфектлар юзасга келиши нанофилтрларни бошқа филтрларга нисбатан принципиал жиҳатлари бўлиб, уларнинг самарадорлиги белгиловчи омиллардир.

Б) Нанотолали нотўқималар материаллар суюқ фазали тизимларни филтрлашдаги самарадорлиги баҳолаш учун туз эритмаларидан ионларни тутиб қолиш мисолида микротолали нотўқима материаллар билан қиёсий таққослаш асосида тадқиқотлар олиб бордик. Бунинг учун NaCl , CuCl_2 , KSCN тузларини сувли эритмалардан фойдаландик ва тадқиқотларни қуйидаги чизмада келтирилган принцип асосида олиб бордик (3.3.2-расм).

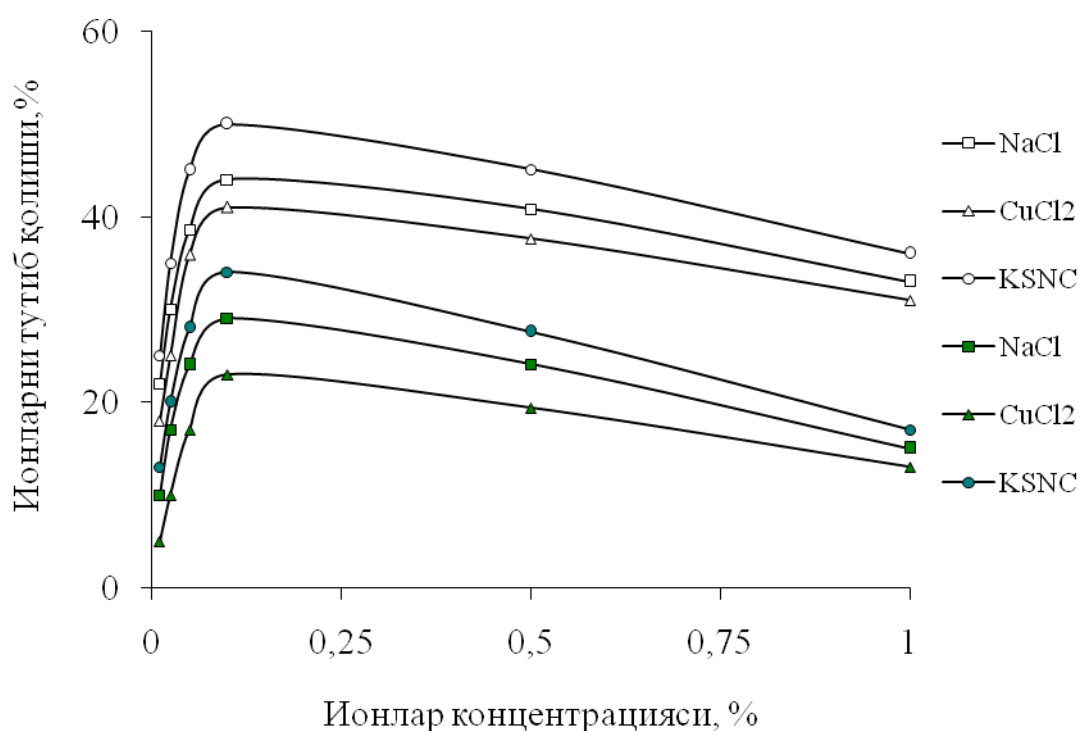


3.3.2-расм. Нанотолали нотўқима материаллар орқали суюликларни
филтрлаш қурилмасининг принципиал чизмаси

Юқорида 2.4 параграфда таъкидган принципга мувофиқ ҳар бир туз эритмаси учун микро- ёки нанофилтр массасини филтрлашдан олдинги (m_0) ва филтрлашдан кейинги (m_1) миқдорини аналитик тарози (ВР-200) ўлчадик. Филтрда тутиб қолинган массани туз массасини ($\Delta m \approx m_0 - m_1$) филтрдан ўтказилган эритмадаги тузнинг умумий массаси (m) га нисбатан баҳолаш орқали тутиб қолинган ионларнинг (V_g) процент миқдорини аниқладик, яъни

$$V_g \approx (\Delta m/m)100 \% \quad (3.3.1)$$

Тадқиқот натижаларини V_g нинг туз эритмаси концентрацияси (C) га боғлиқлик графиги кўринишида ифодаладик (3.3.3-расм).



3.3.3-расм. Со-АН нинг нанотолали (оқ белгили) ва микротолали (қора белгили) нотўқима материалларини туз эритмалари филтрларда ионларни тутиб қолишини (V_g) концентрация (C) га боғлиқлиги

Натижалар микро- ва нанотолли материалларнинг иккаласи учун ҳам тузлар концентрацияси 0,1 % гача ошиб боргунча ионларни тутиб қолиш жадал тарзда амалга ошишини, тузлар концентрацияси 0,1 % дан катта бўлган соҳада ионларни тутиб қолиш бироз сусайишини кўрсатган. Бунда нанотолли материал микротолли материалга нисбатан 1,5 мартадан кўпроқ ионларини тутиб қолган. Нанотолли материалнинг бундай хусусиятли бўлиши, асосан ундаги ғовакларни ҳам наноўлчами бўлиши билан боғлиқдир. Чунки микротолли материалларда ғоваклар асосан микро ва милли ўлчамли бўлиб, бу толалар нанотоллардагидек филтрланаётган моддалар билан ўзига хос таъсирлашишларни намоён қилмайди. Шу боис уларнинг қобиляти микро- ва миллиўлчамли материалларни механик тарзда филтрлар самаралироқ бўлади. Айни

пайтда нанотолали нотўқима материаллар наноўлчамли моддаларни филтрлаш юқори самарали бўлиб, ўзининг хусуиятларини намоён қиладиган махсус материаллар сифатида эътироф этилади.

Шундай қилиб, олинган натижалар акрилонитрил сополимери асосидаги нанотолали нотўқима материалларни газсимон аралашмалар ва таркибида турли хил қуйимолекуляр бирикмалар, ионлар ва моддалар бўлган суюқликларни тозалашда махсус нанофилтрлар сифатида қўлланиши мумкинлигини кўрсатди. Умуман олганда, электроспиннинг усули нанотолали нотўқима материалларни шакллантириш янги типдаги махсус хоссали филтрлар ишлаб чиқариш нанотехнологиясини яратишда асос бўлиши мумкин.

ХУЛОСАЛАР

Электроспиннинг усулида акрилонитрил сополимери эритмаси асосида нанотолали нотўқима материаллар шакллантириш ҳамда уларнинг газсимомон ва суюқ фазали тизимларни филтрлашдаги самарадорлигини ўрганиш бўйича бажарилган мазкур магистрлик диссертацияси илмий тадқиқот натижалари асосида қуйидаги хулосалар қилинди:

1. Акрилонитрил сополимери (со-АН) асосида нанотолали нотўқима материал шакллантириш учун дастлаб, унинг роданид натрий (51,1 % NaSCN) эритмаси тайёрланди ва молекуляр массаси (65000) вискозиметрия усулида аниқланди.
2. Электроспиннинг усулида со-АН асосида нанотолали нотўқима материаллар шакллантирилди. Бунда нанотолалар ўлчами 50 - 150 нм ва улар орасидаги наноғоваклар ўлчамлари 10 - 500 нм бўлиши аниқланди.
3. Нанотолали нотўқима материалларнинг газсимон тизимларни филтрлаш самарадорлиги тамаки тутунидан никотин тутган смолани тутиб қолиш мисолида баҳоланди. Бунда нанофилтрни ўзининг оғирлигидан 28 марта кўп миқдорда никотин тутган смолани тутиб қолиш қобилиятига эга эканлигини аниқланди ҳамда филтрланаётган модда молекулалари билан нанотола молекулалари орасида ўзаро таъсирлашишлар намоён бўлиши кўрсатиб берилди.
4. Нанотолали нотўқима материалларни суюқликларни филтрлашдаги самарадорлигини микротолалар билан таққосланган тарзда эритмадан туз ионларини тутиб қолиш мисолида ўрганилди. Натижалар микро- ва нанотоли материалларнинг тузлар концентрацияси 0,1 % гача ошиб боргунча ионларни тутиб қолиши жадал тарзда амалга ошишини, тузлар концентрацияси 0,1 % дан катта бўлган соҳада ионларни тутиб қолиш биров сусайишини кўрсатди. Бунда нанотолали материал микротолали материалга нисбатан 1,5 мартадан кўпроқ ионларини тутиб қолиши кўрсатиб берилди.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ

1. Малкин А. Я. Реология: концепции, методы, приложения //авториз. пер. с англ. Малкин А. Я., Исаев А. И.. - СПб.: Профессия. - 2007. – р.210.
2. Рогачев М.К. “Реология нефти и нефтепродуктов” Уфа, 2000, с.336.
3. Старшов М.И. Способ блокирования высокопроницаемых обводнившихся нефтяных пластов // Патент:2003123142/03, 22.07.2003.
4. Нурабаев Б.Н. Повышение эффективности работы скважин и подготовки нефти с применением полимерно-минеральных добавок // автореф. дисс. на соиск. уч. степени докт. техн. наук. – Алмата, 2010, с. 40.
5. Сафиева Р.З. Физико-химия нефти. Физико-химические основы технологии переработки нефти. -М.:Химия, 1998, 448 с.
6. Девликамов В.В., Хабибуллин З.А. Аппаратура и методика исследований реологических свойств аномально-вязких нефтей. –Уфа: УНИ., 1977, 51 с.
7. Суздалев И.П. Нанотехнология. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. Издательство: Ком-Книга. 2006. с.120.
8. Помогайло А.Д. Металлополимерные нанокомпозиты с контролируемой молекулярной архитектурой. Рос.хим.ж., 2002, Т.XLVL, №5, С. 65-73.
9. Рашидова С.Ш., Милушева Р.Ю. Хитин и хитозан *Bombyx mori*. Синтез, свойства и применение. - Ташкент.: Фан. 2009. - 246 с.
10. Капралова В.И., Мустапаева Ж. Исследование влияния полимерных фосфатов на процесс коалесценции мелкодисперсных капель воды в амбарной нефти // Доклады АН РУз, Ташкент, 2010. - № 4. – С. 42 - 45.
11. Гросберг А.Ю., Хохлов А.Р. Статистическая физика макромолекул. - М.: Наука, 1989. – 344 с.
12. Mirkhaidarova Yu.N., Kholmuminov A.A., Budtova T.V. Rheological properties of silk fibroin solution and gels in the presence of its nanofibrillar particles // 5th Internat. symp. «Molecular mobility and order in polymer

- systems»: Abstract. - Sankt Petersburg, 2005. - P. 59.
13. Magoshi J. Silk Fiber formation by multiple spinning mechanisms // The 9th Internat. Wool textile Research conf. / Protein chemistry. –Tsukuba (Japan). -1995. - P. 440-449.
14. Putthanarat S. Stribeck, N. Fossey, S. A. Eby, R. K. Adams, W. W. Investigation of the nanofibril of silk fibers // Polymer. 2000. - V. 41. - P. 7735-7747.
15. Кератины. Хим. энциклопедия, т.2., М.:Советск. энцикл., 1990. - С.375-376.
16. Viney C. New Materials from the Zoo //Abstract- Conference Room 222. Heriot-Watt University (Scotland). 2001. - P. 1293.
17. Кричевский Г.Е. Химическая технология текстильных материалов. Учеб для вузов. - М.:Высш. шк., 2000. - Т.1.- - 230 с.
18. Сарымсаков А.А. Средне – и низкозамещенная карбоксиметилцеллюлоза: получение, свойства и применение. – Ташкент.:Фан, 2005. – с. 180.
19. Холмуминов А.А., Эшбекова С.О., Рашидова С.Ш. Реологические и оптические свойства растворов фиброина шёлка в присутствии нанодисперсных частиц // Получение нанокомпозитов, их структура и свойства: Материалы Респ. науч. – техн. конф. - Ташкент, 5-6 июля 2007. - С. 116-117.
20. Авазова О.Б., Холмуминов А.А., Рашидова С.Ш. Влияние щелочной среды на химическое превращение макромолекул в потоке // Актуальные проблемы химии, физики и технологии полимеров: Тез. докл. Респ. конф. - Ташкент, 2009. - С. 131-133.
21. Тимофеев В. С. Принципы технологии основного органического и нефтехимического синтеза / В. С. Тимофеев, Л. А. Серафимов — Москва.: Высшая школа, 2003. — 536 с.
22. Аблесимов Н. Е. Синописис химии: Справочно-учебное пособие по общей химии -Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2005.-84 с.

23. Аблесимов Н. Е. Сколько химий на свете? ч. 1. // Химия и жизнь — XXI век. — 2009. — № 5. — С. 49-52.
24. Джусипбеков У.Ж. Серикбаев Е.Р. Химико-экологические исследования нефтеотходов // Межд. науч. прак. конф. «Роль научно-инжинирингового комплекса в развитии нефтегазовой промышленности» - Атырау, 2010.- С. 138-143.
25. Абайылданов Б.К. Изучение влияния гидродинамической кавитации на реологические свойства высоковязкой нефти Мангистауского месторождения //Химический журнал Казахстана. 2010. № 1. С.160 - 165.
26. Мачинин Ю.А., Мачихин С.А. Инженерная реология пищевых материалов. - М.:Легкая и пищевая пром-сть. - 1981. - 216 с.
27. Девликамов В.В. Семенова А.В. Пептизация асфальтенов в нефти поверхностно-активными веществами //Физикохимия и разработка нефтяных месторождений: Науч. темат. Сб. Уфа: УНИ. -1975. —С.52-54.
28. Девликамов В.В. Хабибуллин З.А. Коллоидные свойства нефтей // Тр. Уфим. Нефт. Ин-та, - 1969. — Вып.5. — С.33-46.
29. Кусаков М.М., Петров А.А. Реологические свойства поверхностных слоев на границе раздела нефть-вода и их роль устойчивости нефтяных эмульсий //Докл. АН СССР, -1957, - Т116. — С.637-640.
30. Матвеевский Р.М. температурная стойкость граничных смазочных слоев и твердых смазочных покрытий при трении металлов и сплавов. — М.:Наука. -1971. 228 с.
31. Тусупкалиев Е.А. Исследование процесса осаждения механических примесей в амбарных нефтях // Химический журнал Казахстана. - 2007. - № 2 (15). - С. 219-224.
32. Тойпасова У.М. Исследование процессов интерпретирования промежуточных слоев в водонефтяных эмульсиях // Химический журнал Казахстана. - 2007. - № 2 (15). - С. 225-229.

33. Абайылданов Б.К., Абдели Д.Ж., Ескожиева А.Б. Изучение устойчивости водонефтяных эмульсий на основе амбарной нефти месторождения Жыланкабак и оптимизация процесса обессоливания // Вестник КазНТУ им. К.И. Сатпаева. – 2010. - № 5. - С. 157 -160.
34. Захарченко В.Н. Коллоидная химия. - М.: Высш. шк., 1989. – 238 с.
35. Кондрашева Н.К., Масловская Е.А. Повышение стабильности судовых высоковязких топлив на основе остаточных фракций //Химия и технология топлив и масел. – 1989. - №2. – С.22-24.
36. Бартенев Г.М., Френкель С.Я. Физика полимеров. Л.: Химия, 1990.- 432 с.
37. Тагер А.А. Физико-химии полимеров. - М.:Химия. 1978. -544 с.
38. Перепелкин К.Е. Принципы и методы модифицирования волокон и волокнистых материалов // Химические волокна. – 2005. - № 2. - С. 37-51.
39. Есаулков Т.В., Куртасов М.Е., Боровская Л.В. Определение поверхностного натяжения по Ребиндеру в растворах ПАВ //Материалы Московской студентской научной конференции, 2012, - С.34-37.
40. Деркач С.Р., Miller R. Методы измерения реологических свойств межфазных слоев (экспериментальные методы 2D реологии) //Коллоидный журнал, 2009, том 71, № 1, с. 5-22. (Обзор).
41. Элиас Г.Г. Мегамолекулы /Пер. с англ. под ред. С.Я.Френкеля. -Л.:Химия, 1990. - 272 с.
42. Малкин А.Я., Куличихин В.Г. Реология одноосного растяжения полимерных систем // Химические волокна. - 1975. - № 2. - С. 4-10.
43. Вшивков С.А., Русинова Е.В., Лемш О.С. Новый вид кривых фазового равновесия для систем кристаллизующийся полимер-растворитель // Высокомолек. соедин. - 1993. - №3(35Б). – С. 159-160.
44. Borisenkova E.K., Vasilev G.B., Kulichikhin V.G., Tur D.R. Rheological

- Behavior of Poly(bistrifluoroethoxyphosphazene)–Copolymer Blends // Polymer Sci. - 1998. - N 4 (A). - P. 1112-1116.
45. Помогайло А.Д., Розенберг А.С., Уфлянд И.Е. Наночастицы металлов в полимерах. – М.: Химия, 2000. – 672 с.
46. Кабанов В.А. Практикум по высокомолекулярным соединениям. - М.: Химия, 1985. – 402 с.
47. Юнусов Л. Физико-химические свойства натурального шелка в процессе переработки коконов. - Ташкент.:Фан, 1978. – 148 с.
48. Холмуминов А.А. Фазовое разделение фиброина и серицина шелка в ориентирующем сходящем потоке // Вестник ТГТУ. - Ташкент, 2004. - №2. - С. 157-162.244.
49. Холмуминов А.А. Изучение состава отходов натурального шелка методом тонкослойной хроматографии // Хроматография и хроматографические приборы: Тез. докл. – Москва, 2004. - С. 167.
50. Холмуминов А.А. Поляризационно-оптическая установка для контроля микроразмеров полимеров // Техносфера, человек и микроэлементы: Тез. докл. Респ. науч. практ. конф. – Тошкент, 2004. С. 6-9.
51. Liu Guanteng. Investigation properties and structure of silk free of sericin // J. Text. Res. - 1992. - № 1 (13). - P. 11-14.
52. Jager P., Trabbic K.A. The Production and Hierarchical Characterization of Fibers Spun from Reconstituted Bombyx mori Fibroin Toward the Novel High Performance Protein Fibers // In Pross. of Symp. Self Assembling Materials and Structures. –Washington (USA), 1995. - P. 87-91.
53. Садов Ф.П., Корчагин М.В., Матецкий А.И. Химическая технология волокнистых материалов. - М.:Легкая индустрия, 1968. - 784 с.
54. Magoshi J., Magoshi Y., Becker M., Nakamura S. Fiber formation and crystalization of silk // The 9th Internat. Wool Textile Research Conference: Abstract. –Tsukuba (Japan). 1995. - P. 323-330.
55. Eshbekova S.O., Kholmuminov A.A. Structure Formation of Fibrillar

- Proteins at the Electrodialysis of Ions in a Shear Stream // Global Journal of Molecular Sciences – Faisalabad (Pakistan), 2007. - № 2 (2). – P. 76-78.
56. Бресткин Ю.В, Стрелина И.А., Зоолшоев З.Ф., Нудьга. Л.А. Двойное лучепреломление растворов хитозана в продольном и сдвиговом потоках // Высокомолек. соедин. 1997. № 2 (39А). с.295-300.
57. Eshbekova S.O., Kholmuminov A.A. Structuring of Fibrillar Proteins in Electrodialysis of Ions in a Shear Flow // Russian Journal of Applied Chemistry. – Sankt-Petersburg, 2008. – № 1 (81). - P. 160-162.
58. Болдырев А.И. Физическая и коллоидная химия.-М.:Высш.шк.,1974.- 504 с.
59. Аввакумова Н.И. и др. Практикум по химии и физике полимеров. - М.:Химия, 1990. – 304 с.
60. Нестеров А.Е. Свойства растворов и смесей полимеров. -Киев.:Наукова Думка, 1984. – 375 с.
61. Евстратова К.И. Практикум по физической и коллоидной химии. - М.:Высш. шк., 1990. – 225 с.
62. Будтов В.П. Физическая химия растворов полимеров. СПб. :Химия. 1992. – 350 с.
63. Холмунинов А.А., Мирхайдарова Ю.Н., Воронина Т.В., Бурханова Н.Д. Ахунджанов К.А., Абдуразаков М. Исследование структурообразования фиброина шелка в модельных системах // Сб. науч. тр. ИХФП АН РУ. - Ташкент, 1999. С.119-123.
64. Грабовский Р.И. Курс физики. М.:Высш. шк., 1974. - 552 с.
65. Хабибуллаев П.К., Саидов А.А. Физика мягких систем. - Ташкент.:Фан, 1998. – 288 с.
66. McPherson A., Malkin A.Ya., Kuznetsov Y.G., Koszelak S., Wells M., Jenkins G., Howard J., Lawson G. The effects of microgravity on protein crystallization: evidence for concentration gradients around growing crystals // Journal of Crystal Growth. - 1999. - N 2-4 (196). - P. 572-586.

66. Рашидова С. Ш., Новосельская И. Л. Биоразлагаемые полимеры // В кн: «Сб. трудов ИХФИ АН РУз, посвящ. 20 летию»: -Ташкент, 2001. 77-96 с.
67. Хохлов А.Р., Дормидонтова Е.Е. Самоорганизация в ион-содержащих полимерных системах // Успехи физ. наук. - 1997. - Т.167. – С.113-128.
68. Сулейменов И.Э. и др. Самоорганизация органических и неорганических полимеров в воде. - Алматы.:Дайк-Пресс, 1999. - 216 с.
69. Duxruix D., Guige R. Crystallization of Nucleic Acids and Proteins: A Practical Approach // Oxford University Press., 1999. - P. 468.
70. Dobrynin A.V., Rubinstein M. Theory of polyelectrolytes in solutions and surfaces // Prog. Polym. Sci. - 2005. - V.30. - P.1049-1118.
71. Сулейменов И.Э., Будтова Т.В., Рустимова Э.М., Бектуров Е.А. Проблемы физической химии полиэлектролитов. - Алматы-С.Петербург, 2007. 236 с.
72. Radeva N. Physical chemistry polymer gels // N-Y. Marcel Dekker. Inc, 2001. - 211 p.
73. Tang C., Yun C., Pei Yu. et al. New superporous hydrogels composites based aqueous Carbopol solution // Europ. Polym. J. - 2005. - V.41. - P. 557-562.
74. Андреева М.С., Шмальгаузен В.И. Светоиндуцированная анизотропия показателя преломления азотосодержащего полимера с жидкокристаллическими свойствами // Квант. электроника. - 2004. - № 1(34). - С. 37-40.
75. Guerra G. Flow-Induced Crystallization of Polymers. - N.Y.:Wiley, 2002. - P. 340.
76. Ключник Б.Н. Наиболее вероятные ориентационные распределения полимерных цепей, учитывающие высшие моменты ориентации // Высокомолек. соед. – 1993. - №2 (35А). - С. 223-226.
77. Тиррел Д., Капелло Дж., Арри Д. Новые биополимеры // В мире науки.

- 1992. - № 6. - С.92-94.
78. Odidian H., Rocca J.G. Park K. Advances in superporous hydrogels //J. Controlled Release. 2005. V.102. p.3-12.
 79. Mann B.A., Holm C., Kremer K. Swelling of polyelectrolyte network // J. Chem. Phys. - 2005. - V.122. - P. 15490-15493.
 80. Уильямс В., Уильямс Х. Физическая химия для биологов / Пер с англ. под ред. Я.М. Варшавского. - М.:Мир, 1976. – 600 с.
 81. Френкель С.Я., Цыгольный И.М. Молекулярная кибернетика. –Львов. :Свит, 1990. – 167 с.
 82. Ленинджер А. Биохимия / Пер. с англ. под ред. Я.М.Варшавского. - М.:Мир, 1974. - 960 с.
 83. Куличихин В.Г. Реологические свойства жидкокристаллических полиме-ров / Жидкокристаллические полимеры. -М.:Химия. 1988. С.331-372.
 84. Kholmuminov A.A., Kholmatoва Yu.N., Voronina T.V. Optical Polarization of the Transformation of the Silk Gland Secretion into the Fibroin Fiber of Natural Silk // Biophysics. – Moscow, 2001. - № 1 (46). - P. 87-91
 85. Alimova H.A. Nonwaste technology of processing of nature silk // Internat. research conf. "Modern Problems of Polymer Science": Abstract.-Tashkent, 1995. P.56.
 86. Odidian H., Rocca J.G. Park K. Advances in superporous hydrogels //J. Controlled Release. 2005. V.102. p.3-12.
 87. Rashidova S.Sh., Kholmuminov A.A., Mirkhaidarova Yu.N., Abrarova Z.M., Voropaeva N.L., Ruban I.N. Obtaning nanofibrillar anisotropy films of silk fibroin from solutions // Internat. Sym. on Macromolecules MACRO-2004: Abstract. - Paris (France), 2004. - P. 3.1.5.
 88. Холмунинова А.А., Эшбековой С.О., Малкина А.Я. Гелеобразование растворов фибриллярных белков при течении в продольном

- гидродинамическом поле // Высокомолекулярные соединения. - Москва, 2009. - № 8 (51 А). - С. 1-4.
89. Бартенев Г.М., Бартенева А.Г. О релаксационных β -переходах в линейных полимерах, связанных с внутренним вращением в главных цепях // Высокомолек. соед. 1993, №6 (39А). с. 993-1000.
90. Кленин В.И. Термодинамика систем с гибкоцепными полимерами. - Саратов.:СарГУ, 1995. – 736 с.
91. Кувшинский Е.В. Изучение истечения растворов высокомолекулярных полимеров // Дисс..докт.физ.-мат.наук. -Л.:ФТИ АН СССР. 1950. - 600 с.
92. Kholmuminov A.A., Voronina T.V., Mirkhaydarova Yu.N. The Effect of Uniaxial Orientation on Silk Fibroin Crystallization // Russian Journal of Physical Chemistry. –Moscow, 1998. - № 4 (72). - P. 668-669.
93. Холмуминов А.А., Бекмирзаева Г.З.,Юлдашев М.Х.,Кабулов Б.Д. Тонкослойная хроматография серицина, жировосков и фиброина натурального шелка // Хим. природн. соед. – Ташкент, 1995. - № 4. - С. 588-590.
94. Kholmuminov A.A., Sattarov Kh.A., Urinov E.U. The Behavior of Silk Fibroin Molecules in a Longitudinal Hydrodynamic Field // Polym. Sci.. - Moscow, 1994. - № 5 (36B). - P. 726-728
95. Холмуминов А.А., Нургалиева Ф.Ф., Кучкарова О.М., Тиллаев Р.С. Влияние серицина на структуру фиброина в растворах // Узб. хим. журн. – Ташкент, 1993. - № 4. - С.254-257.
96. Холмуминов А.А., Эшбекова С.О., Рашидова С.Ш. Гистерезисные эффекты при неньютоновском течении раствора фиброина шелка // Узбекский физический журнал. - Ташкент, 2006. - № 6 (8). - С. 361-364.
97. Хакимова Ф.А., Авазова О.Б., Холмуминов А.А. Исследование структурного упорядочения и превращения полимеров местного

происхождения в потоке реооптиметрическими методами // Вестник НУУз, Ташкент, 2013, спец. вып. (4 бет).

98. Мамадалимов А.Т., Рашидова С.Ш., Холмуминов А.А. Полимер толалар физикаси. – Тошкент. :Университет. – 2009. -124 б.

99.

Натижаларнинг эълон қилинганлиги: Диссертация материаллари бўйича 2 мақола ва 1 та тезис маърузалари нашр этилган:

1. Мирзаева И.К., Тогайхонова Ш.Г., Хакимова Ф.А., Авазова О.Б., Холмуминов А.А. Исследование структурного упорядочения и превращения полимеров местного происхождения в потоке реооптиметрическими методами // Вестник НУУз, Ташкент, 2013, спец. вып., с.
2. Тогайхонова Ш.Г., Мирзаева И.К., Холмуминов А.А. Анизотропное набухание волокон целлюлозы в ионной среде // Вестник НУУз, Ташкент, 2013, спец. вып., с.
3. Тогайхонова Ш.Г., Авазова О.Б., Ашуров Н.Ш., Холмуминов А.А. Полимерные нановолоконные нетканые материалы и их ЭШфektivность при фильтрации газообразных смесей и ионосодержащих жидкостей // Физика фанининг ривожиди истъедодли ёшларнинг ўрни» Республика Илмий-амалий конференцияси, Тошкент, ЎзМУ, апрель 2013, б.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация иши кириш, 3 та боб, хулосалар, адабиётлар рўйхатидан иборатдир. Ишнинг материали 65 бетда баён этилган бўлиб, ўз ичига 15 та расм ва 3 та жадвални олади. Ҳавола этилган адабиётлар рўйхати 56 тани ташкил этади.