

**НАМАНГАН МУХАНДИСЛИК-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ  
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
PhD.03/30.12.2019.К/Т.66.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ**

**АБСОАТОВ ЮСУФ КАДИРОВИЧ**

**МОДИФИКАЦИЯЛАНГАН ЭПОКСИД ОЛИГОМЕРЛАРИ АСОСИДА  
АНТИКОРРОЗИОН ҚОПЛАМАЛАР ВА УЛАРНИНГ КОЛЛОИД-  
КИМЁВИЙ ХОССАЛАРИ**

**02.00.11 – Коллоид ва мембрана кимёси**

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

**Наманган-2022**

**Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)**

**Contents of the dissertation abstract of doctor of filsofy (PhD)**

**Абсоатов Юсуф Кадилович**

Модификацияланган эпоксид олигомерлари асосида антикоррозион  
қопламалар ва уларнинг коллоид-кимёвий хоссалари..... 3

**Абсоатов Юсуф Кадилович**

Антикоррозионные покрытия на основе модифицированных эпоксидных  
олигомеров и их коллоидно-химические характеристики ..... 21

**Absoatov Yusuf Kadirovich**

Anti-corrosion coatings based on modified epoxy oligomers and their colloid-  
chemical characteristics..... 39

**Эълон қилинган илмий ишлар рўйхати**

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

**НАМАНГАН МУХАНДИСЛИК-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ  
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
PhD.03/30.12.2019.К/Т.66.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ**

**АБСОАТОВ ЮСУФ КАДИРОВИЧ**

**МОДИФИКАЦИЯЛАНГАН ЭПОКСИД ОЛИГОМЕРЛАРИ АСОСИДА  
АНТИКОРРОЗИОН ҚОПЛАМАЛАР ВА УЛАРНИНГ КОЛЛОИД-  
КИМЁВИЙ ХОССАЛАРИ**

**02.00.11 – Коллоид ва мембрана кимёси**

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

**Наманган-2022**

**Кимё фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий Аттестация Комиссиясида В2022.2.PhD/K459 рақам билан рўйхатга олинган.**

Диссертация Ўзбекистон Миллий университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида ([www.nammti.uz](http://www.nammti.uz)) ва Ахборот таълим порталида «ZiyoNet» да ([www.ziyounet.uz](http://www.ziyounet.uz)) жойлаштирилган.

**Илмий раҳбар:**

**Холиков Абдували Жонизакович**  
кимё фанлари доктори, профессор

**Расмий оппонентлар:**

**Абдикамалова Азиза Бахтияровна**  
кимё фанлари доктори

**Хошимов Фарход Файзуллаевич**  
техника фанлари номзоди, доцент

**Етакчи ташкилот:**

**Тошкент кимё-технология институти**

Диссертация ҳимояси Наманган муҳандислик-технология институти ҳузуридаги илмий даражалар берувчи PhD.03/30.12.2019.К/Т.66.02 рақамли Илмий кенгаш 2022 йил «13» август соат «14<sup>00</sup>» да бўлиб ўтади. (Манзил: 160115, Наманган шаҳар, Косонсой кўчаси, 7-уй. Тел: (0569) 228-76-71, Факс: (0569) 228-76-71; e-mail: [niei\\_info@edu.uz](mailto:niei_info@edu.uz)).

Диссертация билан Наманган муҳандислик-технология институтининг Ахборот ресурс марказида танишиш мумкин (№ 463 рақами билан рўйхатга олинган. (Манзил: 160115, Наманган шаҳар, Косонсой кўчаси, 7-уй. Тел: (0569) 228-76-71, Факс: (0569) 228-76-71).

Диссертация автореферати 2022 йил «30» июлда тарқатилди.  
(2022 йил «30» июлдаги № 8-реестр баённомаси)



  
**О.К.Эргашев**  
Илмий даража берувчи  
илмий кенгаш раиси, к.ф.д., профессор

  
**Д.Ш.Шеркўзиев**  
Илмий даража берувчи  
илмий кенгаш котиби, т.ф.н., доцент

  
**А.С.Боймирзаев**  
Илмий даража берувчи  
илмий семинар раиси, к.ф.д., профессор

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

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Дунёда бугунги кунда атроф-муҳитдаги агрессив муҳит билан ўзоро таъсирлашиш натижасида металл, бетон ва бошқа конструкцияларнинг бузилиши муаммоси мавжуд бўлиб, бу ҳар бир мамлакат иқтисодиётига салбий таъсир кўрсатади. Шу муносабат билан юқори ҳароратга, физик-кимёвий таъсирларга чидамли бўлган янги полимер реагентлар ва уларнинг композицияларини яратиш, ҳамда уларнинг физик-механик, кимёвий, технологик ва химоя хусусиятларини аниқлаш муҳим аҳамиятга эга ҳисобланади.

Бугунги кунда дунёда табиий ва синтетик смолалар асосида коррозияга қарши янги химоя материалларини яратиш бўйича илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда. Бу борада, эпоксид олигомерини турли хил кимёвий моддалар билан модификациялаш, янги композицион материаллар таркибини, тўлдирувчилар ва бошқа қўшимчаларни яратиш, композицион қопламалар таркибининг тизим адгезион мустаҳкамлиги, иссиқлик ва зарбага чидамлилигига, қолдиқ кучланиш ва кимёвий барқарорлигига таъсирини аниқлашга, турли тизимларнинг коррозион бузилиши олдини олиш учун муҳим вазифа ҳисобланган эпоксид катрони янги модификаторлари ва улар асосида қопламалар олиш технологияларини ишлаб чиқиш ҳамда синовдан ўтказишга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Республикада янги кимёвий реагентлар ва эпоксид олигомерлари асосида композицион химоя қопламаларини олишда илмий-амалий натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикасини 2017-2021 йиллар ривожлантиришга қаратилган Ҳаракатлар стратегиясининг учинчи йўналишида «...саноатни юқори технологияли қайта ишлаш тармоқларини, энг аввало, маҳаллий хомашё ресурсларини чуқур қайта ишлаш асосида юқори қўшимча қийматли тайёр маҳсулот ишлаб чиқариш»<sup>1</sup> га қаратилган муҳим вазифалар белгиланган. Бу борада, юқори самарадорликга эга бўлган коррозияга қарши қопламалар яратиш, уларнинг таркиби, ишлаб чиқариш шароитлари, ҳамда физик-механик ва коллоид-кимёвий хоссалари ўртасидаги боғлиқликни ўрнатиш бўйича илмий тадқиқотлар катта аҳамиятга эга.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 2 январдаги ПФ-60-сонли “2020-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистон тараққиёт стратегияси тўғрисида”ги Фармони, 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги Фармони, 2018 йил 25 октябрдаги ПҚ-3983-сон “Ўзбекистон Республикасида кимё саноатини жадал ривожлантириш чоратадбирлари тўғрисида”ги Қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа норматив-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга муайян даражада хизмат қилади.

---

<sup>1</sup> Ўзбекистон Республикаси Президентининг «2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг бешта устувор йўналиши бўйича Ҳаракатлар стратегияси» тўғрисидаги Фармони.

**Тадқиқотнинг республика фан ва технологияларини ривожлантиришнинг устувор йўналишларига мувофиқлиги.** Мазкур тадқиқот Республикада фан ва технологиялар ривожлантиришнинг VII «Кимёвий технологиялар ва нанотехнология» устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Дунёда ҳимоя қопламалари ва улар модификацияловчи қўшимчаларни яратиш соҳасида мақсадли тадқиқотлар Jackson W., Manson J.A., Manzione L.T., Wazarkar K., Яковлев А.Д., Розенфельд И.Л., Журков С.Н., Берлин А.А., Фомин М.Н., Емельянов Ю.В., Малинин А.В., Кравцов В.В., Скороходов О.Н., Негматов С.С., Джалилов А.Т., Акбаров Х.И., Жуманиязов М.Ж., Холиков А.Ж. ва бошқаларнинг илмий мактаблари томонидан фаол изланишлар олиб борилмоқда.

Мавжуд илмий ишларни таҳлил қилиш асосида юқори коррозияга қарши, адгезион, физик-механик ва коллоид-кимёвий хоссаларга эга композицион полимер қопламалар ишлаб чиқишда матрица таркибидаги фаол функционал гуруҳларнинг қопламалар эксплуатацион хусусиятларига таъсири ҳисобга олинмаганлигини таъкидлаш керак. Ушбу диссертация иши уретан боғлари ва кремний-кислородли кўприкларни ўз ичига олган эпоксид қатронлари асосида матрица яратиш муаммосини ҳал қилишга қаратилган.

**Диссертация мавзуининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.** Диссертация Ўзбекистон миллий университетининг илмий-тадқиқот ишлари режасига мувофиқ №ЁФ7-1 «Маҳаллий хом ашё асосида металллар коррозияси ингибиторларининг янги авлоди» мавзусидаги фундаментал лойиҳаси доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** модификацияланган эпоксид олигомерлари асосида коррозияга қарши қопламаларни яратиш ва уларнинг коллоид-кимёвий хоссаларини аниқлашдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

коррозияга қарши кўп функцияли қопламаларни ишлаб чиқариш учун материалларни танлаш ва асослаш;

пропиленкарбонат ва пропилендиаман асосидаги аддукт – уретан модификатори, шунингдек кремнийдиуретан синтези жараёнини тадқиқ этиш;

коррозияга қарши композициялар асосида адгезион мустаҳкам қопламалар ҳосил бўлиши жараёнлари ва уларнинг қотиш давридаги қовушқоқлигининг ўзгаришини ўрганиш;

композициялар таркиби ва тузилишининг олинган қопламалар физик-механик ва коллоид-кимёвий хоссалари, ғовақлиги, қолдиқ кучланиши, сув ютишига таъсирини ўрганиш;

ишлаб чиқилган қопламаларнинг кристаллик даражасини аниқлаш;

эпоксиуретан олигомерлари, тўлдирувчи, эритувчи ва бошқа кимёвий реагентлар асосидаги қопламаларнинг ҳимоя хусусиятлари, кимёвий ва иссиқликга бардошлилигини ўрганиш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида ЭД-20 эпоксид қатрони (ЭС), 1,2-пропиленкарбонат ва 1,3-пропилендиамин асосидаги модификаторлар, шунингдек композицион олигомер қопламаларидан фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг предмети** эпоксид қатрони модификаторларини синтез қилиш ва уни модификациялаш усуллари, шунингдек коррозияга қарши қопламаларнинг физик-механик ва коллоид-кимёвий хоссалари, ҳамда уларнинг тўлдирувчи ва металл конструкцияси юзаси билан ўзаро таъсир қилиш механизмларидан иборат.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Диссертацияда физик-кимёвий (ИҚ-, ЯМР-спектроскопик, электрон-микроскоп, рентгенфазовий, термогравиметрик) ва коллоид-кимёвий (визкозиметрия) таҳлил усулларидан фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

1,2-пропиленкарбонат ва 1,3-пропилендиаминлар реакциялари асосида гидроксилуретан (ГУБ) ва кремнийдиуретан (КУБ) бирикмалари синтез қилиниб, олинган натижалар кимёвий, спектроскопик таҳлил усуллари билан исботланган;

$\epsilon$  ва  $T_c$  қийматлари буйича ҳисобланган чокланиш зичлиги ЭУС1, ЭУС2 ва ЭУС3 намуналари учун  $3,41 \cdot 10^{-3}$ ;  $4,13 \cdot 10^{-3}$ ;  $4,25 \cdot 10^{-3}$  қийматларга, SiЭУС3 намунаси учун эса  $1,01 \cdot 10^{-2}$  қийматига эга бўлиб, бу нафақат таранглик модулининг ошиши ва молекуляр оғирлигининг пасайиши, балки қотган намуналар ғоваклигининг камайиши ҳисобига зичлигининг ортиши билан боғлиқлиги исботланган;

ЭУС1/амин аралашмасининг сув ютиш даражаси SiЭУС1 аралашмасига қараганда анча юқорилиги, ГУБ миқдори янада ошиши билан ғоваклик ва сувни ютиш қийматлари, бир вақтнинг ўзида КУБ модификатори учун концентрацияни 12-13% га ортиши бу кўрсаткични янада пасайтириши аниқланган;

эпоксид композициялари таркибига кремнийни ўз ичига олган уретаннинг киритилиши билан гель ҳосил бўлиш вақти сезиларли даражада камайиши, яъни SiЭУС1, SiЭУС2 ва SiЭУС3 намуналари учун мос равишда 16,8; 16,7 ва 12,0 дақиқани; ЭС; ЭУС1; ЭУС2 ва ЭУС3 намуналари учун мос равишда 68,0; 22,4; 24,2 ва 20,6 дақиқани ташкил этиши аниқланган;

паст концентрацияларда тўлдирувчининг киритилиши ички кучланиш қиймати камайишига, концентрациянинг 2,5-2,7% га кўтарилиши эса барча қотган аралашмалар кучланишининг кескин кўтарилишига олиб келиши ва тўлдирувчининг дастлабки ва модификацияланган эпоксид олигомерларининг тузилишига бир хил таъсир қилиши исботланган;

34% амин билан қотадиган SiЭУС3 асосидаги №3-гибрид қоплама энг юқори деформацион иссиқбардошликга, сиқилишда ва эгилишда мустаҳкамликга эга бўлиб, қотирувчи миқдорини яна 7-9 м.б. га ортиши ушбу хоссаларни, айниқса зарбдор қовушқоқликни 10-20 % га ошириши аниқланган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

юқори адгезион хусусиятларга эга бўлган коррозияга қарши қопламаларни олишга ёрдам берувчи эпоксид олигомерининг уретан ва

кремнийуретан модификаторларини синтез қилиш учун услубий асослари ишлаб чиқилган;

эпоксиуретан ва кремний-эпоксиуретан матрицалари асосида коррозияга қарши қопламалар таркиби яратилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги.** Илмий тадқиқотлар замонавий физик-кимёвий ва аналитик усуллардан фойдаланган ҳолда олиб борилди ва «Олмалик кон-металлургия комбинати» ва «Навоий кон-металлургия комбинати» АЖ лабораториялари ва ишлаб чиқариш шароитида ўтказилган тадқиқотлар далолатномалари билан тасдиқланди.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.**

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти эпоксиуретан ва кремний-эпоксиуретан полимер қопламаларини, юқори қовушқоқлик ва адгезия хусусиятига эга реагентларни, олигомер матрица мақбул таркибини ва унинг тўлдирувчи билан таъсирлашиш механизмини аниқлашга асосланган бўлиб, қувурлар ва бошқа металл сиртини ҳимоялаш учун коррозияга қарши қопламалар яратиш жараёнларини мақсадли амалга ошириш учун асос бўлади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти модификатор ва олигомер қопламаларни синтез қилиш усулларини ишлаб чиқишга шунингдек, ўқув муассасаларида кимё ва кимёвий технология соҳаларида магистр ҳамда бакалаврларни тайёрлашда ўқув жараёни учун хизмат қилади.

**Тадқиқот натижаларининг амалиётга жорий қилинганлиги.** Эпоксид смоласи асосида коррозияга қарши қопламалар олиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

пропиленкарбонат ва пропилендиамин асосидаги эпоксид смоласи модификаторлари ҳамда модификацияланган олигомерлар асосидаги саноат оқава сувлари қувурлари ва иссиқлик алмашинув сифимлари учун ҳимоя қопламаларини олиш усуллари «Олмалик кон-металлургия комбинати» АЖнинг «2023-2024 йилларда амалиётга жорий этиладиган истиқболли ишланмалар рўйхати»га киритилган («Олмалик кон-металлургия комбинати» АЖнинг 2022 йил 30 июндаги АА-4870-сон маълумотномаси). Натижада, эпоксид смоласи массасининг 15% миқдоридан модификатордан фойдаланиш унинг адгезион мустаҳкамлигини 1,3-1,4 баробар ошириш имконини беради;

модификацияланган эпоксид смолалари асосида антикоррозион қопламаларини қўллаш усули «Навоий кон-металлургия комбинати» АЖда амалиётга жорий этилган (Навоий кон-металлургия комбинати АЖнинг 2022 йил 27 июндаги 23.01-01-07/435-сон маълумотномаси). Натижада, агрессив муҳит таъсирига қарши қувурлар сиртининг коррозияга чидамлилигини ошириш имконини берган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Мазкур тадқиқот ишининг асосий натижалари 2 та халқаро ва 7 та республика илмий-амалий конференцияларида муҳокама қилинган.

**Тадқиқот натижаларининг нашр этилганлиги.** Диссертация мавзуси бўйича жами 14 та илмий ишлар нашр этилган, жумладан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссияси диссертацияларнинг асосий натижаларини нашр этиш учун тавсия қилган илмий нашрларда 5 та илмий

мақола, шундан 3 таси республика ва 2 таси халқаро журналларда нашр қилинган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация кириш, 4 та боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловадан ташкил топган. Диссертация ҳажми 108 бетдан иборат.

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

**Кириш** қисмида ишнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва асосий вазифалари тавсифланган, тадқиқотнинг объекти ва предмети аниқланган, Ўзбекистон Республикаси фан ва технологияси тараққиётининг устувор йўналишларига мослиги, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий этиш, чоп этилган илмий ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **«Юқори кимёвий ва механик мустаҳкамликга эга замонавий коррозияга қарши қопламалар»** деб номланган биринчи бобида металллар юзаси ва қувурларнинг коррозиядан бузилиш жараёнлари таҳлил қилинган, турли материалларни ҳимоя қилиш учун полимерлар асосидаги композицион материаллар ўрганилган, ўсимлик ва нефть мойлари ишлаб чиқариш корхоналари чиқиндилари асосидаги коррозияга қарши қопламалар, шунингдек, синтетик органик полимер қопламалар кўриб чиқилган. Эпоксид смолалари ва уларнинг замонавий модификацияланган шакллариининг технологик афзалликлари бўйича адабиётларда мавжуд маълумотлар умумлаштирилган ва таҳлил қилинган.

Адабиётлар таҳлили эпоксид қопламаларни таркибида уретан ва кремний бўлган бирикмалар билан модификациялаш ҳисобига уларнинг адгезион мустаҳкамлиги, кимёвий ва термик барқарорлигини ошириш имкониятини олдиндан белгилаб беради. Адабиётлар таҳлили ушбу ишнинг мақсади ва вазифаларини шакллантириш имконини берди.

Диссертациянинг **«Тажриба қисми. Тадқиқотнинг объектлари ва усуллариини таҳлил қилиш»** деб номланган иккинчи бобида синтез учун реагентлар, эпоксид смоласи ва улар асосида синтез қилинган модификацияланган олигомерларнинг таркиби, тузилиши ва физик-кимёвий хоссаларини тадқиқ қилиш услуби, эпоксид катрони ва улар асосида синтезланган модификацияланган олигомерлар синтези учун реагентларнинг тузилиши ва физик-кимёвий хоссаларини тадқиқ қилиш услубиятларини ўз ичига олувчи тадқиқот ишлари ёритилган. Полимер коррозияга қарши қопламаларнинг физик-кимёвий ва технологик хоссаларини аниқлаш усуллари ёритилган.

Эпоксид катрони сифатида кенг қўлланиладиган ЭД-20 маркали эпоксидион олигомери танланган (ГОСТ 10587-84). Гидроксилуретан мономери синтези учун 1,2-пропиленкарбонат (ПК) ва 1,3-пропилендиамин (ПДА) реагентларидан фойдаланилган.

Эпоксид-уретансиланли қоплама синтези тетраалкоксисиландан фойдаланиб амалга оширилди.

Қотирувчи сифатида циклоалифатик амин бирикмаси изофорондиамин ўрганилди. Ушбу модда қовушқоқликнинг паст қийматлари билан тавсифланади (динамик қовушқоқлик  $20^{\circ}\text{C}$ да  $18\pm 0,5$  мПа\*с).

Тўлдирувчи сифатида “Химреактив” МЧЖ дан олинган ZnO нанозарраларидан фойдаланилган. Асосий компонентнинг кристалл фазаси 99,8% ни, уларнинг ўлчами эса 11-13 нм ни ташкил этади.

Реотест-2.1 қурилмасида қатронсимон моддалар хоссаларини ва уларнинг қотиш жараёнларини аниқлаш учун вискозиметрик тадқиқотлари ўтказилди.

Қопламаларнинг термомеханик тавсифлари Гепплер консистометрида аниқланган. Бунинг учун  $1$  кгс/см<sup>2</sup> юкланишда тайёрланган таблетка шаклидаги қопламалардан фойдаланилди. Полимер қопламаларнинг термомеханик хусусиятларидан бири шишага айланиш ҳарорати ( $T_c$ ), кинетик сегментининг молекуляр оғирлиги ( $M_c$ ) ва тузилма тўри зичлигини ( $N_c$ ) аниқлаш мезонлари ҳисобланади.

Қоплама таркибини қўллашда керакли қовушқоқликка эришиш учун эритувчи сифатида ксилол ва метилэтилкетон (МЭК) (оғирлиги бўйича 0,75:0,25) аралашмасидан фойдаланилган. Қоплама пластина юзасига суркагич билан олигомер материал қатламини суртиш билан олинган бўлиб, қалинлиги 20 мкм атрофида бўлган қоплама камида 2 марта суртиш билан амалга оширилган. Аввал пўлат юзасини ёғсизлантириш, пўлат материални қуриштириш, қум қоғоз билан силлиқлаш ва ацетон билан ишлов бериш каби тайёргарлик босқичидан ўтказилган. Шундан сўнг қопламалар 30-120 минут давомида  $120-150^{\circ}\text{C}$  да қотирилган.

Ўрганилган намуналар асосида эркин плёнкаларни олиш ГОСТ 14246-78 га мувофиқ амалга оширилди. Сиқилишдаги бузувчи кучланиш ГОСТ 4651-2014 талабларига мувофиқ аниқланган. Нисбий чўзилиш ва мустаҳкамлик чегараси каби механик хоссаларини аниқлаш учун ИР 5057-50 маркали ажратиш машинасидан фойдаланилган. Қопламаларнинг едирилиш ва емирилишга чидамлилигини синовдан ўтказиш учун Табер 1700 моделидаги абразиметри ишлатилган.

Қопламаларнинг силжишдаги адгезион мустаҳкамлигини аниқлаш (ГОСТ 14759-69) ОР типидagi адгезиометр ёрдамида амалга оширилди. Қопламаларнинг гидролитик барқарорлиги намуналар 3 соат давомида қайнатилгандан кейин адгезион мустаҳкамлигининг ўзгариши билан баҳоланди.

Қопламаларнинг қаттиқлиги ГОСТ талабларига кўра (ГОСТ Р 54586-2011) Вергамер К қурилмаси (қалам қаттиқлиги) ёрдамида аниқланди. Зарбдор қовушқоқлик ГОСТ 14235-69 бўйича аниқланди.

Ўрганилаётган материалнинг сувни ютиш даражаси гидростатик тортиш усули ва Мак-Бен мосламасида сув буғининг адсорбцияси миқдори билан аниқланди. Сув буғларини адсорбциялаш жараёнларидан олдин ва кейин сув миқдори Фишер усуллари ёрдамида аниқланган. Бу усул асосида гигроскопик ва кристалланган сувнинг миқдорини аниқлаш мумкин. Шунингдек, очик

фовакликнинг ўзгариши гидростатик босим усули билан ҳам аниқланди. Эпоксид гуруҳининг % ини аниқлаш ГОСТ 12497-78 бўйича амалга оширилди. Эпоксид эквивалент оғирлиги (ЭЭО) ёки оддийгина эпоксид эквиваленти – бу олигомер эпоксид гуруҳининг грамига тўғри келадиган массасидир. Эпоксид сони маълумотлари асосида эпоксид эквиваленти қийматлари ҳисобланади.

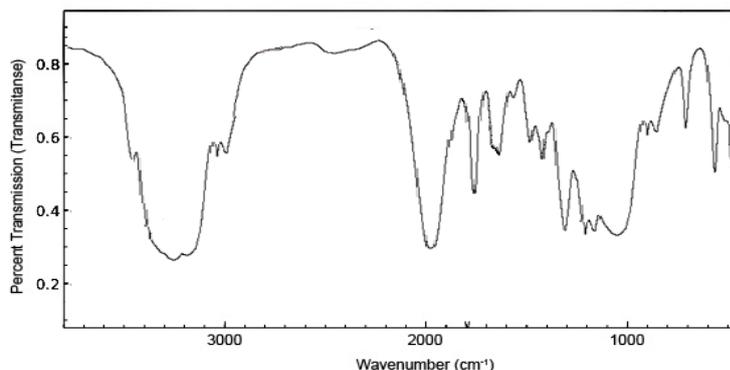
Диссертациянинг «**Гибрид эпоксидуретан қопламалари синтези ва уларнинг коллоид-кимёвий хоссалари**» деб номланган учинчи бобида эпоксид қатрони (смоласи) модификаторлари синтези ва модификациялаш жараёнларининг тадқиқот натижалари келтирилган.

Бошланғич компонентларнинг моль нисбати, ҳарорат ва жараён давомийлигининг маҳсулот унумига таъсири ўрганилган. Бунинг учун маълум миқдорда аралашма аралаштиргич, термометр ва тескари совутгич билан жиҳозланган тўрт бўйинли колбага солинади. Шунингдек аралашмага, умумий массанинг 0,5% миқдорида триэтиламин қўшилади. Тизимнинг ҳарорати 3-6 соат давомида 85°C сақланади. Дастлабки компонентларнинг нисбати 1:0,5 дан 1:1,5 гача ўрганилди.

Маҳсулотнинг таркиби ва чиқиши ИҚ-Фурье и ЯМР-спектроскопияси ва уретанда аминлар сонини белгилаш натижалари билан тасдиқланди.

Бирикиш реакциясининг тугаши маҳсулотларнинг ИҚ спектрларида 1775,83 см<sup>-1</sup> соҳасида кузатилган карбонат гуруҳига хос бўлган чўққиларнинг йўқолиши билан тасдиқланади. 1529 см<sup>-1</sup> да чўққининг мавжудлиги уретан боғининг шаклланишини кўрсатади. Бундан ташқари, маҳсулот таркибидаги гидроксил гуруҳи 3393 см<sup>-1</sup> да чўққи мавжудлиги билан тасдиқланади.

ПК: ПДА нисбатини 1:0,5 дан 1:1,5 гача кўтариш реакция унумини оширади, бу эса жараён давомийлигига таъсир қилади. Бироқ, дастлабки реагентлар моль нисбатининг реакция тезлигига таъсирини ўрганиш бу қийматлари фақат 1:1,2 (ПК:ПДА) нисбатгача сезиларли даражада ошганини кўрсатди, бу нисбатнинг янада оширилиши эса жараён тезлиги ва унумига деярли таъсир қилмайди. Дастлабки вақтда тезликнинг ошишига қарамай, юқори унумни сақлаб қолиш учун реакция давомийлиги камида 4-5 соат бўлиши керак.



1-расм. ГУБ ИК-спектри.

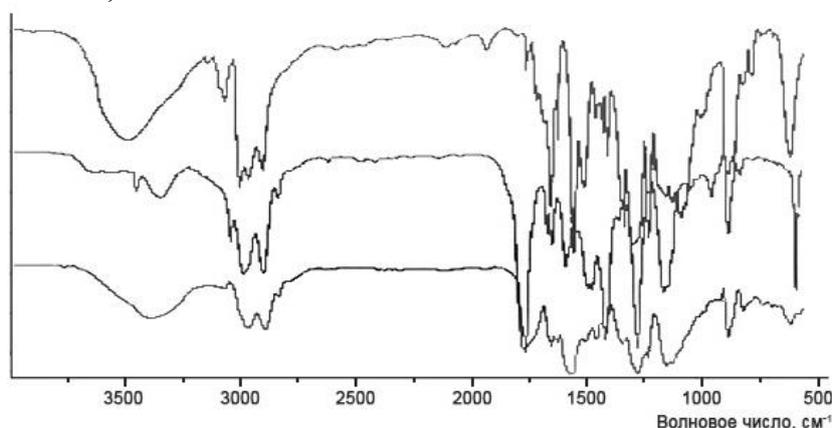
Шунингдек, илгари синтез қилинган ГУБ ва алкоксикремний асосида таркибида кремний бўлган диуретан синтези бўйича тадқиқотлар ўтказилди. Жараён тизим массасининг 0,1-0,5% миқдорида қалай олеат қўшилиши билан амалга оширилди. Кремний диуретан ҳосил бўлиши 3390 см<sup>-1</sup> соҳасида

жойлашган кенг гидроксил чўққисининг йўқолишини ИҚ-спектрал таҳлил ёрдамида кузатиш мумкин.

Жараён ҳароратини унумга таъсирини ўрганиш жараёни 65-70°C ҳароратда олиб бориш маъқул бўлишини кўрсатди. Бундай ҳароратларда 1 соатлик ўзаро таъсирдан кейин жараён унуми 95,4% дан кам бўлмаган кўрсаткични ташкил этади.

Алкоксикремний таркибидаги радикал структуранинг жараён унумига таъсирини ўрганиш радикал таркибида углерод атомларининг кўпайиши маҳсулот унумини камайтиришини кўрсатди. Шу билан бирга, узунроқ занжир (5 дан ортиқ С атомлари) кейинги жараёнга, яъни эпоксид қатронининг модификациясига салбий таъсир кўрсатади ва кремний-эпоксиуретан олигомерининг ( $C_5=56$ ,  $C_6=42\%$ ) унумини камайтиради.

ЭД-20 ни синтезланган модификаторлар билан ишлов бериш 60-70°C ҳароратда амалга оширилди. Модификациялаш вақтини қопламаларнинг физик-кимёвий хоссаларига, адгезия ва кимёвий барқарорлигига таъсири ўрганилди. Модификацияловчи компонентларнинг миқдори билан фарқланадиган ЭС-ГУС ва ЭС-КУС нинг бир неча намуналари олинди (1-жадвал).



2-расм. 1) ЭУС1; 2) ЭУС2; 3) ЭУС3 намуналарининг ИҚ-спектрлари.

ЭУС намуналарида янги чўққиларнинг шаклланишини кўрсатади: 1630-1510  $cm^{-1}$  соҳасида кучли чўққи бўлиб, улар  $-N-C=O$  га тўғри келади. 3500-3300  $cm^{-1}$  минтақасидаги кенг чўққи интенсивлигининг ошишини кўриш мумкин, бу водород боғларининг шаклланишидан далолат беради. Барча ЭУС намуналари интенсивлиги бир оз фарқ қилувчи бир хил соҳаларда чўққиларни кўрсатади.

Таркибида кремний бўлган намуналарнинг ИҚ-спектрларида юқорида қайд этилган чўққилар билан бир қаторда  $Si-O$  га хос бўлган 1100-1000 ва 600-500  $cm^{-1}$  даги чўққиларни кўриш мумкин. Шу билан бирга, 908  $cm^{-1}$  да чўққининг сезиларли пасайиши ва 3341  $cm^{-1}$  соҳада чўққилар интенсивлигининг ортиши кузатилади, бу эса оксидан гуруҳини парчалаш ва гидроксил гуруҳини ҳосил қилиш билан боғлиқ бўлиши мумкин. Эҳтимол, 2800-2900  $cm^{-1}$  соҳасидаги чўққи интенсивлигининг ошиши нафақат  $CH_2$  боғлари, балки янги  $-Si-OC_2H_5$  боғларининг шаклланиши билан ҳам боғлиқ.

Металл юзаси сифатида С35Е пўлат маркаси танланган, унинг устига модификацияланган ЭД-20 ва қотирувчи аралашмаси қопланган. Қотирувчи

микдорини белгилаш учун модификацияланган ЭД-20 таркибидаги эпоксид гурухларининг микдори аниқланди (2-жадвал).

1-жадвал.

**Модификацияланган эпоксид қатронининг таркиби, масс. %**

Компонентлар	Модификацияланган ЭС намуналар					
	ЭУС1	ЭУС2	ЭУС3	SiЭУС1	SiЭУС2	SiЭУС3
ЭД-20	95	90	85	95	90	85
ГУС	5	10	15	-	-	-
КУС	-	-	-	5	10	15

2-жадвал.

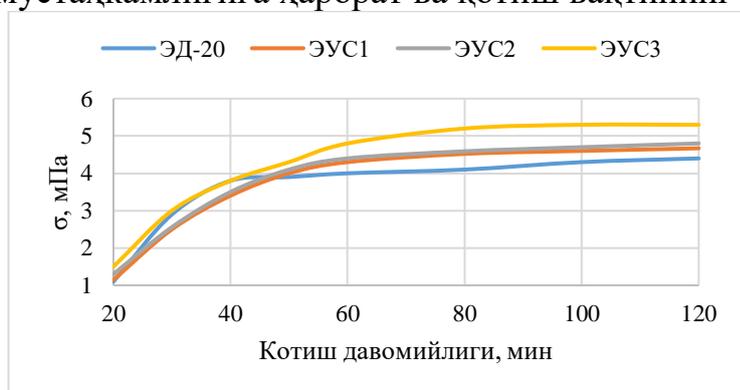
**Гибрид қатронларининг асосий тавсифлари**

Намуна	Эпоксид сони, %	Эпоксид эквиваленти, г/моль	Қотирувчи микдори *, г/100 г қатрон
ЭУС1	17,80	235,9	36,0
ЭУС2	15,61	269,0	31,6
ЭУС3	13,42	313,0	26,5
SiЭУС1	18,97	221,4	38,4
SiЭУС2	17,89	234,7	36,2
SiЭУС3	16,77	250,5	33,9

\*-изофорондиамин.

Жадвалдаги маълумотлардан эпоксид олигомерининг модификаторлари микдори ортиши билан гибрид материалнинг эпоксид сони (э.с.) камайиши кўриниб турибди. Э.с. нинг камайиши модификатор таркибидаги NH<sub>2</sub> гуруҳи билан реакцияга киришиши натижасида оксиран ҳалқасининг гидроксил гуруҳларга айланиши туфайли юзага келади. Олинган маълумотларга асосланиб, қотирувчи керакли микдорлари ҳисоблаб чиқилган.

Адгезион мустаҳкамликни ўрганиш учун олигомерлар пўлат намунаси юзасига қопланди ва 30-120 минут давомида 110-150°C да, кейин хона ҳароратида 24 соат давомида қотирилди. Гибрид қопламаларнинг адгезион мустаҳкамлигига ҳарорат ва қотиш вақтининг таъсири ўрганилди.



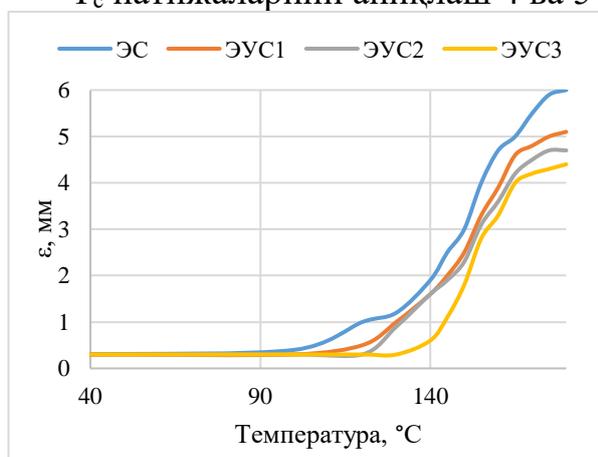
**3-расм. (ЭУС) қопламалари адгезион мустаҳкамлигининг 120°Cда қотиш давомийлигига боғлиқлиги.**

Диаграмманинг эгри чизиқларидан эпоксид олигомери таркибида ГУБ мавжуд бўлганда (ЭУС1), қотиш бошланган даврида адгезион мустаҳкамлигининг пасайишини кузатиш мумкин. Эҳтимол, уретан бирикмаларининг бундай концентрациясида қўшимча тўрли тузилма учун етарли микдорда кимёвий боғланишлар ҳосил бўлмайди. КУС:ЭД-20 нисбатини 15:85 га ошириш адгезион мустаҳкамликнинг 20% га ошишига олиб келади. Олинган натижалар шуни кўрсатадики, уретан боғларининг

улуши ортиши билан эпоксид матричасининг адгезион мустаҳкамлиги кучаяди. Бироқ, модификацияловчи ГУБ қўшимчасининг миқдорини 30% ва янада орттириш мустаҳкамликни сезиларли даражада пасайтиради, бу эса эпоксид гуруҳларининг қотиш пайтида тўрли тузилма ҳосил қилиши учун етарли эмаслиги билан боғлиқ. Бу гибрид олигомернинг э.с. 6,84%, эпоксид эквиваленти қиймати эса 617,3 г/моль га тенг. Бунда керакли миқдордаги қотирувчи 13,7 г/100г гача камаяди. Ушбу гибрид қатронлар тизими анча узоқ вақт (2 соатдан ортиқ) қотади ва адгезион мустаҳкамлик ЭУС3 намунасига нисбатан 2 баравардан кўпроқ камаяди. Эҳтимол адгезион мустаҳкамликнинг пасайиши, асосан, қотирилаётган қоплама молекуляр массасининг пасайиши билан боғлиқ, чунки бошқа омиллар, масалан, гибрид композиция таркибидаги ОН гуруҳлари каби ЭУС3 намунасига нисбатан катта қийматга эга.

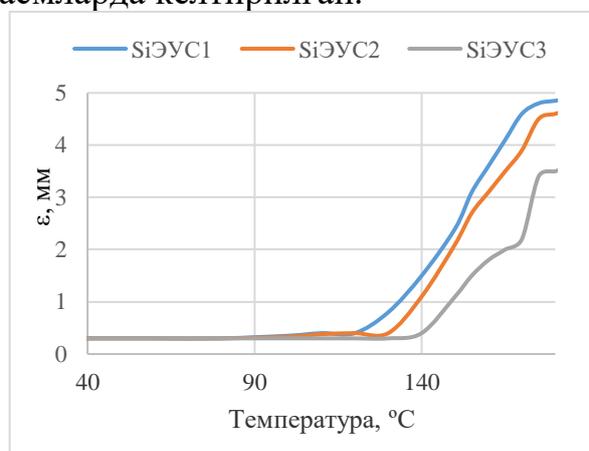
SiЭУС намуналарининг мустаҳкамлиги қотишнинг барча ҳарорат оралиқларида ва давомийлигида ЭУС намуналари билан деярли бир хил қийматларга эга. Бироқ, реакция тизимидаги КУБ концентрациясининг 30% га ошиши ГУС да бўлгани каби адгезион мустаҳкамликнинг сезиларли пасайишига олиб келмайди. Эҳтимол, бу гибрид қопламанинг тўрли тизимини шакллантиришда Si-O боғларнинг иштироки билан боғлиқ.

T<sub>c</sub> натижаларини аниқлаш 4 ва 5-расмларда келтирилган.



**4-расм. Юқори эластик**

деформациясининг ЭУС намуналарини қиздириш ҳароратига боғлиқлиги.



**5-расм. Юқори эластик**

деформациясининг SiЭУС намуналарини қиздириш ҳароратига боғлиқлиги.

5-расмдан кўриниб турибдики, дастлабки эпоксид қатрон таркибига 5% ГУБ киритилиши шишага айланиш ҳароратини 103 дан 109°C гача оширади, КУБ нинг айнан шундай миқдори T<sub>c</sub> ни 117°C гача оширади. ЭУС1, ЭУС2 ва ЭУС3 намуналари учун Δε ва T<sub>c</sub> қийматларидан ҳисобланган чокланиш зичлиги 3,41\*10<sup>-3</sup>; 4,13\*10<sup>-3</sup> ва 4,25\*10<sup>-3</sup> га тенг. SiЭУС намуналари учун чокланиш зичлиги қийматлари ЭУС намуналари билан солиштирганда сезиларли даражада юқори, бу нафақат таранглик модулининг ошиши ва молекуляр массанинг пасайиши, балки қотган намуналарнинг зичлиги ғоваклик камайиши ҳисобига ортиши билан ҳам боғлиқ. Таранглик модули ва чокланиш зичлиги қийматларини аниқлаш натижалари 3-жадвалда келтирилган.

## 3-жадвал.

## Модификацияланган эпоксид олигомерлари термомеханик хусусиятларининг ўзгариши

Намуна	T <sub>c</sub> , °C	E <sub>v</sub> , кгс/см <sup>2</sup>	N <sub>c</sub> , моль/см <sup>3</sup>
ЭД-20	103	0,0352	1,96*10 <sup>-3</sup>
ЭУС1	109	0,0371	3,41*10 <sup>-3</sup>
ЭУС2	122	0,0368	4,13*10 <sup>-3</sup>
ЭУС3	134	0,0408	4,25*10 <sup>-3</sup>
SiЭУС1	117	0,0444	6,11*10 <sup>-3</sup>
SiЭУС2	130	0,0469	8,96*10 <sup>-3</sup>
SiЭУС3	145	0,0510	1,01*10 <sup>-2</sup>

Кристаллик даражасини аниқлаш учун қотган намуналарнинг рентгенфазали таҳлили ўтказилди. Намуналарнинг дифрактограмма бўйича ҳисобланган кристаллик қиймати 4-жадвалда келтирилган.

## 4-жадвал.

## Қопламаларнинг кристаллик даражаси, %

Намуналар	ЭД-20	ЭУС1	ЭУС2	ЭУС3	SiЭУС1	SiЭУС2	SiЭУС3
K, %	1,86	2,36	2,48	2,78	2,61	3,58	3,41

Кристаллик даражасининг қийматларидан ЭД-20 таркибига кремнийли фрагментни киритиш тизимнинг мунтазамлигини оширишга ёрдам беришини ҳулоса қилиш мумкин. Барча қотган модификацияланган эпоксидлар нисбатан юқори кристаллик қийматларни кўрсатади. Бинобарин, модификацияланган тизимларда молекулалараро ўзаро таъсирнинг бошқача табиати кузатилади, бу молекулалараро ўзаро таъсирларнинг сони ва хусусиятига таъсир қилади.

Ғоваклик қопламанинг асосий мезонларидан бири бўлиб, унинг ортиши қоплама барқарорлигига салбий таъсир кўрсатади. Айнан мана шу ғоваклар шаклининг кескин ўзгариши туфайли ушбу зоналарда кучланиш концентрациясининг ошишига олиб келади, бу эса материалнинг мустаҳкамлигини камайтиради. Очiq ғовакликнинг аниқланган қийматлари (%) 5-жадвалда келтирилган.

## 5-жадвал.

## Ўрганилаётган қопламалар учун очiq ғоваклик қийматлари, %

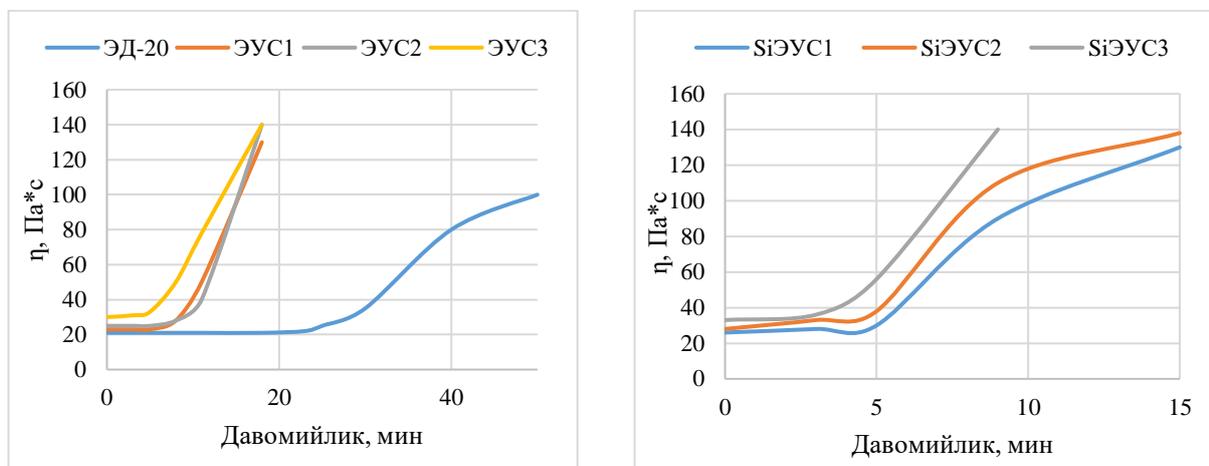
ЭД-20	ЭУС1	ЭУС2	ЭУС3	SiЭУС1	SiЭУС2	SiЭУС3
1,31	1,39	1,46	1,48	1,34	1,26	1,08

5-жадвалдан кўриниб турибдики, эпоксид олигомерини ГУБ билан модификациялаш очiq ғоваклик даражасининг бироз ошишига олиб келади. Ушбу ўзгаришлар олигомерлар намуналари қотиш жараёнида қутбли сув молекулаларига нисбатан нисбий юзасини оширадиган фаол функционал гуруҳлар ҳисобига агломератлар ҳосил бўлишини кўрсатади. SiЭУС намуналарида ғовакликнинг қисман камайиши, эҳтимол, кремний органик бирикларига ҳисобига юзанинг янада кўпроқ гидрофобланиши натижасидир ва таркибда ушбу модификаторлар қанчалик кўп бўлса ғовакликнинг пасайиши шунчалик кўп ва сезиларли бўлади.

Емирилишга бардошлилик уретан қопламаларнинг ўзига хос хусусияти бўлиб, кутилганидек, ЭС ни уретан бирикмалари билан модификациялаш ушбу кўрсаткичнинг юқори қийматларига олиб келди. Юқори емирилишга

бардошлиликни SiЭУС3 қопламаси кўрсатди, у 100 емирилиш циклидан кейин 2,9 мг вазни йўқотди. Амин билан ишлов берилган дастлабки ЭД-20 намунаси киритилган қотирувчи амин миқдоридан қатъий назар кўпроқ оҳирлик йўқотиш ҳисобига энг кам бардошлиликни намоён қилди.

Тизимда структурани шакллантиришнинг асосий мезони тизим қовушқоқлигининг ўзгариши ҳисобланади. Ушбу намуналар қовушқоқлик қийматлари кўтарила бошланганда қотиш жараёнининг давомийлиги бўйича фарқланиши аниқланди.

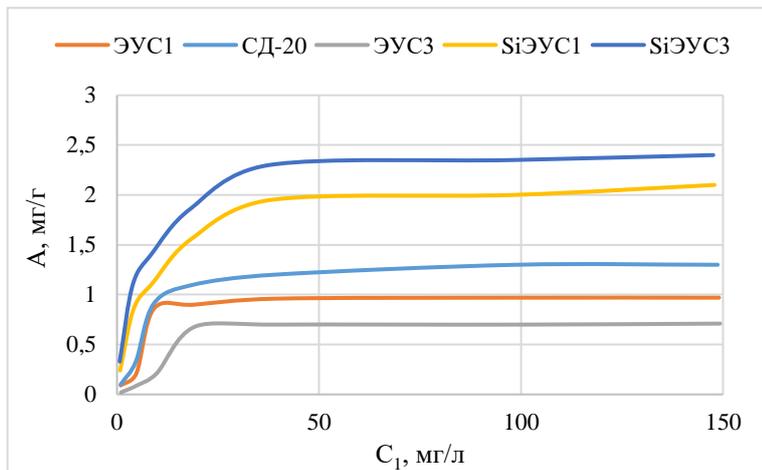


**6-расм. Дастлабки ва модификацияланган эпоксид олигомерлар қовушқоқлигининг қотиш жараёни давомийлигига боғлиқлиги.**

Дастлабки ЭД-20 нинг қотиш ҳароратида яшовчанлиги 30 дақиқадан ортиқ эмас, SiЭУС1; SiЭУС2 ва SiЭУС3 учун эса мос равишда 6; 5 ва 3,8 дақиқани ташкил этади. Гель ҳосил бўлгунга қадар жараён давомийлиги ЭС; ЭУС1; ЭУС2 ва ЭУС3 намуналари учун мос равишда 68,0; 22,4; 24,2 ва 20,6 дақиқани, шунингдек SiЭУС1; SiЭУС2 ва SiЭУС3 намуналари учун 16,8; 16,7 ва 12,0 дақиқани ташкил қилади, яъни таркибида кремний бўлган уретанни эпоксид композицияларига киритиш гель ҳосил бўлиш вақтини сезиларли даражада қисқартиради.

Диссертациянинг **“Модификацияловчи қўшимчаларнинг эпоксиуретан олигомерлар технологик хусусиятларига таъсирини ўрганиш”** деб номланган тўртинчи бобида ZnO тўлдирувчиси, эритувчи ва гибрид қопламалар таркибини уларнинг физик-механик, коллоид-кимёвий хоссалари ва барқарорлигига таъсирини ўрганиш натижалари келтирилган.

Олинган маълумотларга асосланиб, адсорбция миқдорининг ЭС концентрациясига ва унинг модификацияланган шакллариға боғлиқлиги графиклари тузилди (7-расм). Диаграмманинг эгри чизиқларидан кўриниб турибдики, барча изотермалар ИЮПАК тизимиға кўра L-шакли билан тавсифланади, улар Ленгмюр изотермалариға, яъни Ленгмюр тенгламаси ёрдамида тавсифланиши мумкин бўлган адсорбция жараёнлариға тегишли.



**7-расм. Тўлдирувчи (ZnO) юзасида олигомерлар адсорбцияси изотермаси.**

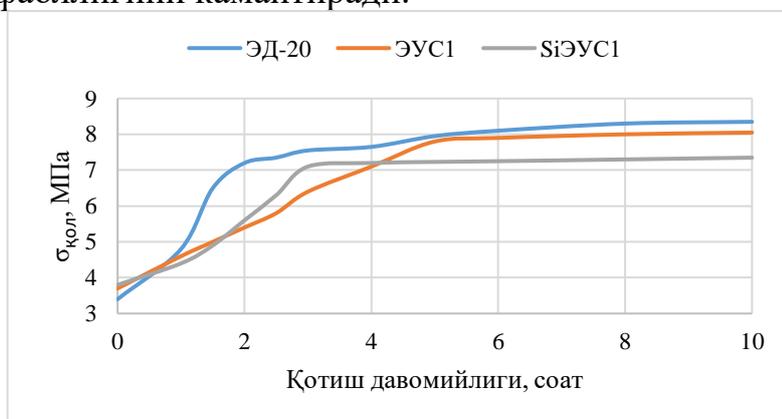
Олинган изотермаларни Ленгмюр чизиқли тенгламаси билан қайта ишлаш қуйидаги маълумотларни олишга ёрдам берди (6-жадвал).

**6-жадвал.**

**Ленгмюр тенгламаси параметрлари**

Адсорбат сифатидаги намуна	R <sup>2</sup>	A <sub>0</sub> , мг/г	K, г/г
ЭД-20	0,9999	1,342	0,238
ЭУС1	1,0000	0,980	0,182
ЭУС3	0,9788	0,774	0,091
SiЭУС1	0,9990	2,195	0,133
SiЭУС3	0,9994	2,498	0,172

К маълумотларидан барча адсорбат молекулалари билан тўлдирувчи юзасининг заифлашишига мойиллиги ҳақида хулоса чиқарилди. Юза моноқатламидаги адсорбат миқдори ЭС нинг ГУБ билан модификациялаш натижасида камаяди ва КУС да озгина ортади. Эҳтимол, эритувчи молекулалари ҳам моноқатлам ҳосил бўлишида иштирок этади, улар тўлдирувчининг фаол марказлари билан боғланиш учун ҳам рақобатлаша олади, бу ҳам ўрганилаётган адсорбатларга нисбатан умумий адсорбция фаоллигини камайтиради.



**8-расм. Модификацияланган олигомерлар тизимидаги ички кучланишнинг 80°Сда қотиш муддатига қараб ўзгариши. (ZnO нинг миқдори 5% ни ташкил қилади).**

Тўлдирувчи миқдорининг ошиши ZnO агрегатлари юзасининг тўлиқ намланмаслигига олиб келади. Шунинг учун фазаларара чегарасида сезиларли даражада қолдиқ кучланиш ҳосил бўлади, у ёриқ ва нуқсонлар манбаи ҳисобланади. Қолдиқ кучланиш қийматларининг ўзгариш тезлиги ЭД-20>SiЭУС1>ЭУС1 каторида ортади ва 3,65; 2,37 ва 1,56 МПа/соатни ташкил этади. Дастлабки вақтда SiЭУС1+тўлдирувчи тизимидаги  $\sigma_{кол}$  ўзгаришлар

тезлигининг юқори қийматларига қарамай, умумий ўзгариш ЭУС1+ тўлдирувчи тизимига нисбатан камроқ кузатилади. Шу сабабли, бу тизимларда уларнинг ғоваклигига таъсир этувчи деярли бир хил ёриқлар кузатилиши мумкин.

Паст концентрацияларда ZnO барча қотган қопламалар ғоваклигини пасайтиради, бу айниқса SiЭУС тизимлари учун сезиларли. Дастлабки қатрон учун тўлдирувчи миқдорини 2% гача ошириш мумкин, бунда ғоваклик даражаси камида 1%, ЭУС1; ЭУС2; SiЭУС1 ва SiЭУС3 намуналари учун эса мос равишда 0,8; 0,72; 0,66 ва 0,55% ни ташкил этади. Шу сабабли, ғовакликни сезиларли даражада оширмасдан тўлдирувчи таркибини ЭУС3; SiЭУС1 и SiЭУС3 учун 2,5% га етказиш мумкин.

Тўлдирувчининг киритилиши гидрофоблик даражасини ўзгартиради, бу тўлдирувчи табиати ва унинг зарралари ўлчамига, яъни дисперслигига боғлиқ. Шунингдек, илгари ўрганилган кўрсаткичлардаги каби, тўлдирувчи концентрациясининг энг афзал қийматлари 2-2,5% ни ташкил этади, бунда намланиш бурчагининг энг юқори кўтарилишига эришилади. Тўлдирувчи миқдорини 3% га ошириш SiЭУС3 намунасидаги сувнинг намланиш бурчагини бироз ўзгартиради (119-121 дан 106-109° гача), дастлабки ЭД-20 учун эса намланиш бурчаги 89 дан 60° гача камаяди. ZnO миқдорининг ортиши билан гидрофобликнинг пасайиши, эҳтимол, эркин юза энергиясининг ортиши ҳисобига заррачаларнинг агрегацияси билан боғлиқ. Кейинги тадқиқотлар учун мақбул таркиблар танланган ва улар 7-жадвалда келтирилган.

7-жадвал.

**Коррозияга қарши қопламаларнинг ишлаб чиқилган таркиблари**

Таркиби	1	2	3
Асоси ва унинг концентрацияси	ЭД-20; 60,0	ЭУС3; 56,7	SiЭУС3; 59,0
Тўлдирувчи	2,0	2,5	3
Пигмент	1	1	1
Қаттиқлаштирувчи, г:100 г матрица/ системадаги %	40/24,0	38/24,3	34/20,0
Пластикатор	5	7	8
Кўпикни сўндирувчи	1,5	1,5	1
Эритувчи	6	7	8

Термогравиметрик таҳлил ёрдамида яратилган таркибларнинг термик барқарорлиги аниқланди. Барча қотган қопламалар деярли бир босқичли масса йўқотиш билан тавсифланади ва бу жараён тахминан 230-250°С да бошланади. Ҳароратнинг ошиши учувчи моддалар тўлиқ чиқиб кетгунига қадар масса ўзгариши эгри чизигининг секин-аста пасайишига олиб келади. Шу билан бирга SiЭУС3 асосидаги намуна энг юқори парчаланиш ҳароратини кўрсатди ва бу намунада қиздириб чўғ қилингандан сўнг энг катта миқдордаги қолдиқ бор булиб, бу учмайдиган Si ва Zn оксидлари миқдори юқорилиги билан боғлиқ.

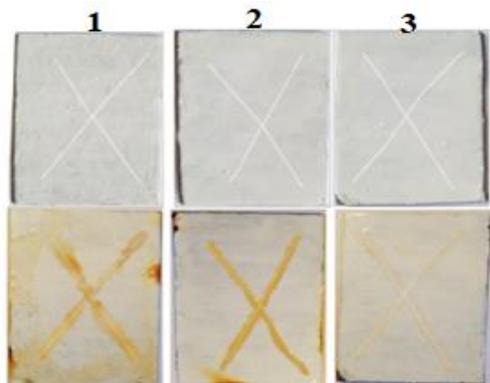
Олинган қоплама намуналари қуйидаги физик-кимёвий хоссаларни кўрсатди (8- жадвал).

## Қопламаларнинг физик-механик хоссалари

Хоссалар	Қоплама намуналари		
	1	2	3
Адгезия, МПа	2,4	2,7	3
$V_y$ , кДж/м <sup>2</sup>	6,3	6,2	8,1
$\sigma_{сж}$ , МПа	86	113	141
$\sigma_{изг}$ , МПа	33	41	50
$T_c$ , °С	144	172	196
Қаттиқлик	4Н	5Н	7Н
Қолдиқ кучланиш	4,3	3,6	3,1

$V_y$  – зарбдор қовушқоқлик,  $\sigma_{сж}$  и  $\sigma_{изг}$  - сиқилиш ва эгилишдаги мустаҳкамлик.

SiЭУС3 асосидаги 34 % миқдордаги амин билан қотган 3-сонли гибрид қоплама энг юқори деформацияли иссиқликка бардошлилик ва мустаҳкамликка эга. Қотирувчи миқдорини яна 7-9 м.б. га ошириш бу хусусиятларни, айниқса зарбдор қовушқоқликни яна 10-20 % га оширади. Маълум бўлишича, 2-сонли таркиб энг кам зарбдор қовушқоқликни намоён қилади.



9-расм. Гидролитик барқарорликка текширилган қопламаларнинг ташқи кўриниши.

Қопламаларнинг кислота ва ишқорларга барқарорлиги қопланган пўлат панелларини 5% кислота ( $H_2SO_4$ ) ва (NaOH) ишқор эритмаларига  $24 \pm 1$  соат давомида чўктириш йўли билан баҳоланди. Маълум бўлишича, иккала гибрид полимерлар (2 ва 3 таркиб) билан қопланган намуналар мукамал кимёвий барқарорликни кўрсатди. Тизимларнинг боғланиш вақти давомида ушбу агрессив муҳитнинг таъсири кузатилмади. Шу билан бирга, бу қопламалар, айниқса, SiЭУС асосидаги қопламалар учун мукамал гидролитик қобилиятни кўрсатади ва бу қопламалар 3 соат давомида қайноқ сувга ботирилгандан кейин юза плёнкаси нуқсонларини кўрсатмайди (9-расм).

Эритмалардан заррачаларнинг диффузиясини миқдорий аниқлаш учун масса ютилиш миқдорлари (%) аниқланди. Сувли муҳитда сақланганда (қопламанинг:сув масса нисбати 0,01) барча қопламалар бўкиш жараёни билан тавсифланади. Ўтказилган тадқиқотлар энг агрессив муҳит сув, сўнгра кислота ва ишқор эритмалари эканлигини кўрсатди. Кутилганидек, 3-таркибга асосланган қоплама намунаси энг барқарор деб топилди.

## ХУЛОСА

1. Эпоксид олигомери хоссаларини яхшилаш учун модификаторларни синтез қилишнинг оптимал шароитлари аниқланди. Модификацияланган эпоксид қатронлари таркиби ИҚ ва ЯМР таҳлиллари асосида аниқланди ва модификациялаш натижасида дастлабки ЭД-20 таркибида янги боғлар:  $-N-C=O$ ,  $Si-O$  ҳосил бўлиши кузатилди.

2. Модификацияловчи кўшимча ЭД-20 нинг қотиш табиатига ва адгезион хусусиятларига таъсири ўрганилган. ГУБ миқдорининг 30% гача кўтарилиши адгезион мустаҳкамликни оширади, 30% дан ошиши уни сезиларли даражада камайишига олиб келади, бу эса қотиш жараёнида тўрли структура ҳосил қилиш учун эпоксид гуруҳларининг етишмаслиги билан боғлиқ. SiЭУС намуналарининг мустаҳкамлиги қотишнинг барча ҳарорат интервалларида ЭУС намуналари билан деярли бир хил қийматга эга. Бирок реакцион тизимда КУБ концентрациясининг 30% гача ошиши адгезион мустаҳкамликни сезиларли пасайишига олиб келмайди, бу гибрид қопламанинг тўрли структурасини ҳосил қилишда Si-O боғларининг иштироки билан боғлиқ.

3. ZnO тўлдирувчиси ва олигомер матрица ўртасидаги ўзаро таъсирнинг эҳтимолли механизмлари таҳлил қилинган. Ленгмюр константаси маълумотларига кўра, барча адсорбат молекулалари билан тўлдирувчи юзасининг заиф мойиллиги ҳақида хулоса чиқариш мумкин. Юза моноқатламидаги адсорбат миқдори ЭС нинг ГУБ билан модификациялаш натижасида пасаяди ва КУБ да бир оз кўтарилади. Тўлдирувчида адсорбция кўрсаткичининг ошиши ўзаро таъсир қилувчи компонентлар табиати ўхшашлигининг ошиши ва солиштирма юзанинг бироз ошиши билан боғлиқ.

4. ZnO нинг паст концентрацияларида барча қотган қопламаларнинг ғоваклиги пасайди, бу айниқса SiЭУС тизимлари учун сезиларли. Дастлабки қатронлар учун тўлдирувчининг миқдорини 2% га ошириш мумкин, бунда ғоваклик даражаси 1% дан ортиқ бўлиб, ЭУС1; ЭУС2; SiЭУС1 ва SiЭУС3 намуналари учун тахминан, мос равишда 0,8; 0,72; 0,66 и 0,55% ни ташкил этади. Шу сабабли ғовакликни сезиларли даражада оширмасдан ЭУС3; SiЭУС1 ва SiЭУС3 учун тўлдирувчи таркибини 2,5% гача ошириш мумкин.

5. Олинган қопламалар мукамал гидролитиклик барқорарликни кўрсатди, бу айниқса SiЭУС асосидаги қопламаларга тегишли булиб, қопламалар қайноқ сувда 3 соат давомида сақланганда юза плёнкаларида нуқсонлар кўринмайди.

6. Коррозияга қарши қопламалар таркиблари ишлаб чиқилган. Модификатор, пластификатор, пигмент, эритувчи миқдорининг коррозияга қарши қопламаларнинг кимёвий барқорорлигига таъсири аниқланган. Ишлаб чиқилган таркиблар «Олмалиқ КМК» ва «Навой КМК» АЖда синовдан ўтказилди. Синов натижалари ишлаб чиқилган эпоксид смоласи модификаторлари ва коррозияга қарши қоплама таркиблари саноат оқава сувлари қувурлари ва иссиқлик алмашинув сиғимлари учун ҳимоя сифатида ишлатилиши мумкинлигини кўрсатди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ PhD 03/30.12.2019.К/Т66.02 ПРИ  
НАМАНГАНСКОМ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ  
ИНСТИТУТЕ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ**  

---

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ УЗБЕКИСТАНА**

**АБСОАТОВ ЮСУФ КАДИРОВИЧ**

**АНТИКОРРОЗИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ  
МОДИФИЦИРОВАННЫХ ЭПОКСИДНЫХ ОЛИГОМЕРОВ И ИХ  
КОЛЛОИДНО-ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ**

**02.00.11 – Коллоидная и мембранная химия**

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

**Наманган – 2022**

Тема диссертации доктора философии (PhD) по химическим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистана за номером B2022.2.PhD/K459

Диссертация выполнена в Национальном университете Узбекистана.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещён на веб-странице Научного совета ([www.nammti.uz](http://www.nammti.uz)) и Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» по адресу ([www.ziyo.net](http://www.ziyo.net)).

**Научный руководитель:**

**Холиков Авдували Жонизакович**  
доктор химических наук, профессор

**Официальные оппоненты:**

**Абдикамалова Азиза Бахтияровна**  
доктор химических наук

**Хошимов Фарход Файзуллаевич**  
кандидат технических наук, доцент

**Ведущая организация:**

**Ташкентский химико-технологический институт**

Защита диссертации состоится «13» августа 2022 года в «14<sup>00</sup>» часов на заседании Научного совета PhD 03/30.12.2019.K/T66.02 при Наманганском инженерно-технологическом институте по адресу: 160115, г. Наманган, ул. Косонсой, 7, Тел: (0569) 228-76-71, Факс: (0569) 228-76-71; e-mail: [nei\\_info@edu.uz](mailto:nei_info@edu.uz).

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Наманганского инженерно-технологического института под регистрационным № 463 (160115, г. Наманган, ул. Косонсой, 7. Тел: (0569) 228-76-71, Факс: (0569) 228-76-71).

Автореферат диссертации разослан «30» июля 2022 года.  
(Рештр за № 8 от «30» июля 2022 года).



  
**О.К.Эргашев**  
Председатель научного совета  
по присуждению учёной степени, д.х.н., профессор

  
**Д.Ш.Шеркузиев**  
Учёный секретарь научного совета  
по присуждению учёных степени, к.т.н., доцент

  
**А.С.Боймирзаев**  
Председатель научного семинара при научном совете  
по присуждению ученой степени, д.х.н., профессор

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

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** На сегодняшний день в мире существует проблема разрушения металлических, бетонных и др. конструкций в результате взаимодействия с окружающей агрессивной средой, что приводит к существенным экономическим затратам для каждой страны. В связи с этим актуальными являются создание новых полимерных реагентов и их композиций, устойчивых к высоким температурам и физико-химическим воздействиям, определение их физико-механических, химических, технологических и защитных свойств.

Во всем мире ведутся научные исследования по созданию новых антикоррозионных защитных материалов на основе природных и синтетических смол. В связи с этим, особое внимание уделяется модифицированию эпоксидного олигомера с различными химическими веществами, созданию составов новых композиционных материалов, наполнителей и др. добавок, установлению влияния состава композиционных покрытий на адгезионную прочность, теплостойкость, ударопрочность, остаточное напряжение и химическую устойчивость системы, разработке и апробацию технологии получения новых модификаторов эпоксидной смолы и покрытий на их основе, которые являются важной задачей для предупреждения коррозионного разрушения различных конструкций.

В Республике достигнуты научные и практические результаты по получению новых химических реагентов и композиционных защитных покрытий на основе эпоксидного олигомера. В Стратегии действий по развитию Республики Узбекистан определены задачи в направлении – «модернизация и диверсификация промышленности путем перехода на новый уровень касательно качества по быстрому развитию производства готовой продукции с высокой прибавочной стоимостью на основе глубокой переработки ресурсов местного сырья, высокотехнологических сфер переработки»<sup>2</sup>. В этом аспекте имеет большое значение научные исследования по созданию высоко эффективных антикоррозионных покрытий, установлению связи между составом, условиями получения и их физико-механическими и коллоидно-химическими характеристиками.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указах Президента Республики Узбекистан № ПФ-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы», №УП-4947 от 7 февраля 2017 года «Стратегия действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017-2021 годах» и Постановлении Президента Республики Узбекистан № ПП-3983 от 25 октября 2018 года «О мерах по ускоренному развитию химической промышленности Республики Узбекистан», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

---

<sup>2</sup> Указ Президента Республики Узбекистан № УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий дальнейшему развитию Республики Узбекистан»

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

**Степень изученности проблемы.** В мире целенаправленные исследования в области создания защитных покрытий и модифицирующих добавок к ним активно проводятся научными школами Jackson W., Manson J.A., Manzione L.T., Wazarkar K., Яковлева А.Д., Розенфельда И.Л., Журкова С.Н., Берлина А.А., Фомина М.Н., Емельянова Ю.В., Малинина А.В., Кравцова В.В., Скороходова О.Н., Негматова С.С., Джалилова А.Т., Акбарова Х.И., Жуманиязова М.Ж., Холикова А.Ж. и др.

Исходя из анализа существующих научных работ, следует отметить, что при разработке композиционных полимерных покрытий с высокими антикоррозионными, адгезионными, физико-механическими и коллоидно-химическими свойствами не рассматривалось влияние активных функциональных групп в составе матрицы на эксплуатационные свойства покрытий. В данной диссертационной работе освещается решение проблемы создания матрицы на основе эпоксидных смол, содержащие уретановые связи и кремнекислородные мостики.

**Связь исследования с научно-исследовательскими планами научно-исследовательского учреждения, в котором была выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ Национального университета Узбекистана по фундаментальному проекту ЁФ7-1 «Ингибиторы коррозии нового поколения на основе местного сырья».

**Целью исследования** создание и установление коллоидно-химических характеристик антикоррозионных покрытий на основе модифицированных эпоксидных олигомеров.

**Задачи исследования:**

выбор и обоснование материалов для разработки антикоррозионных покрытий полифункционального назначения;

исследование процессов синтеза аддукта – уретанового модификатора на основе пропиленкарбоната и пропилен диамина, а также кремнийдиуретана;

исследование процессов формирования адгезионно прочных покрытий на основе антикоррозионных (эпокси-уретановых) композиций и изменения их вязкости при отверждении;

исследование влияния состава и структуры композиций на физико-механические и коллоидно-химические характеристики, пористость, остаточное напряжение, водопоглощение полученных покрытий;

исследование степени кристалличности разработанных покрытий;

исследование защитных свойств, химической и термической устойчивости покрытий на основе композиции эпоксиуретановых олигомеров, наполнителя, растворителей и др. химических добавок.

**Объектами исследования** являются эпоксидановая смола ЭД-20 (ЭС), модификаторы на основе 1,2-пропиленкарбоната и 1,3-пропилендиамин, а также композиционные покрытия.

**Предметом исследования** являются методы синтеза модификаторов эпоксидной смолы и методы её модификации, а также физико-механические и коллоидно-химические характеристики антикоррозионных покрытий и механизмы их взаимодействия с наполнителем и поверхностью металлической подложки.

**Методы исследования.** При выполнении диссертационной работы использованы основные физико-химические (аналитические методы, ИК-, ЯМР-спектроскопия, электронно-микроскопия, рентгенография, термогравиметрия) и коллоидно-химические (визкозиметрия) методы исследования.

**Научная новизна** исследования заключается в следующем: синтезированы гидроксилуретановый (ГУС) и кремнийдиуретановый (КУС) мономеры на основе реакции 1,2-пропиленкарбоната и 1,3-пропилендиамина, которые были подтверждены химическими и спектроскопическими методами анализов;

доказано, что плотность сшивки рассчитанных по значениям  $\epsilon$  и  $T_g$  для образцов ЭУС1, ЭУС2 и ЭУС3 составляет  $3,41 \cdot 10^{-3}$ ;  $4,13 \cdot 10^{-3}$  и  $4,25 \cdot 10^{-3}$ , в то время как для образцов SiЭУС данный показатель имеет значения  $1,01 \cdot 10^{-2}$ , что связано не только с повышением модуля упругости и снижением молекулярной массы, но и повышением плотности отвержденных образцов за счет уменьшения пористости;

установлено, что водопоглощение системы ЭУС1/амин значительно выше, чем у систем SiЭУС1, и при дальнейшем повышении ГУС увеличиваются значения пористости и водопоглощения, в то время как для модификатора КУС повышение концентрации более 12-13% снижает значение данного показателя;

установлено, что введение в состав эпоксидных композиции кремнийсодержащего уретана значительно снижает продолжительность гелеобразования и составляет 16,8; 16,7 и 12,0 мин, соответственно для образцов SiЭУС1; SiЭУС2 и SiЭУС3 против 68,0; 22,4; 24,2 и 20,6 мин, соответственно для образцов ЭС; ЭУС1; ЭУС2 и ЭУС3;

доказано, что введение при низких концентрациях наполнителя снижает значение внутреннего напряжения, а дальнейшее повышение концентрации до 2,5-2,7% вызывает резкое повышение напряжения всех отвержденных систем и одинаковое влияние наполнителя на структуру исходной и модифицированных эпоксидных олигомеров;

установлено, что наибольшей деформационной теплостойкостью, прочностью при сжатии и изгибе обладает гибридное покрытие №3 на основе SiЭУС3, отверждаемое амином в количестве 34 % и увеличение количества отвердителя еще на 7-9 м.ч. повышает данные характеристики, особенно ударную вязкость еще на 10-20 %.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

разработаны методические основы синтеза уретанового и кремнийдиуретанового модификаторов эпоксидного олигомера, способствующие получению антикоррозионных покрытий с высокими адгезионными характеристиками;

создано составы антикоррозионных покрытий на основе эпоксиуретановой и кремний-эпоксиуретановой матрицы.

**Достоверность результатов исследования.** Научные исследования проводились с использованием современных физико-химических и аналитических методов и подтверждаются актами экспериментальных исследований в лабораторных и производственных условиях АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» и «Навоийский горно-металлургический комбинат».

**Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследования обосновывается разработкой методологии синтеза эпоксиуретановых и кремний-эпоксиуретановых полимерных покрытий, реагентов с высокими вязкостными и антикоррозионными характеристиками, установлением оптимального состава олигомерной матрицы и механизма её взаимодействия с наполнителем, которые послужат базой для целенаправленного проведения процесса создания антикоррозионных покрытий для защиты трубопроводов и др. металлических поверхностей.

Практическая значимость результатов исследований служит для разработки способов синтеза модификаторов и олигомерных покрытий, и в учебном процессе подготовки магистров и бакалавров в образовательных учреждениях в сфере химии и химической технологии.

**Внедрение результатов исследования.** На основании научных результатов по получению антикоррозионных покрытий на основе эпоксидной смолы:

способы получения модификаторов эпоксидной смолы на основе пропиленкарбоната и пропилендиамина, а также защитных покрытий для трубопроводов сточных вод и теплообменников на основе модифицированных олигомеров включены «в перечень перспективных разработок для реализации в 2023-2024 годах» на практике АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» (Справка АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» № АА-4870 от 30 июня 2022 г.). В результате использование модификаторов в количестве 15% от массы эпоксидной смолы повышает её адгезионную прочность в 1,3-1,4 раза;

способ применения антикоррозионных покрытий на основе модифицированных эпоксидных смол внедрена на практику АО «Навоийский горно-металлургический комбинат» (Справка АО «Навоийский горно-металлургический комбинат» № 23.01-01-07/435 от 27 июня 2022 г.). В результате показана возможность повышения антикоррозионной устойчивости поверхности трубопроводов против воздействию агрессивных сред.

**Апробация результатов исследования.** Основные результаты данного исследования обсуждались на 2 международной и 7 республиканских научно-практических конференциях.

**Опубликование результатов исследования.** По теме и материалам диссертации опубликовано 14 научных работ, в том числе 5 научных статей, 3 в республиканских и 2 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертации.

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

## **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ ДИССЕРТАЦИИ**

**Во введении** обосновываются актуальность работы и востребованность проведенного исследования, характеризуются цель и задачи, излагается соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, научная новизна и практические результаты исследования, раскрываются научная и практическая значимость полученных результатов исследования, опытно-промышленные испытания, сведения об опубликованных работах и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Современные антикоррозионные покрытия с повышенной химической и механической стойкостью»** проанализированы процессы коррозионного разрушения металлических поверхностей и трубопроводов, изучены композиционные материалы на основе полимеров для защиты различных материалов, рассмотрены антикоррозионные покрытия на основе отходов производства растительных и нефтяных масел, а также синтетические органические полимерные покрытия. Обобщены и проанализированы имеющиеся в литературе сведения о технологических преимуществах эпоксидных смол и их современных модифицированных формах.

Анализ литературы предопределяет возможность повышения адгезионной прочности, химической и термической устойчивости эпоксидных покрытий за счет модификации их с уретановыми и кремний содержащими соединениями. Анализ литературы позволил сформулировать цель и задачи настоящей работы.

Во второй главе диссертации **«Экспериментальная часть. Анализ объектов и методов исследования»** представлена методическая часть работы, включающая методики исследования состава, строения и физико-химических характеристик реагентов для синтеза, эпоксидной смолы и синтезированных на их основе модифицированных олигомеров. Освещены методики определения физико-химических и технологических характеристик полимерных антикоррозионных покрытий.

В качестве эпоксидной смолы был выбран широко применяемый эпоксидиановый олигомер марки ЭД-20 (ГОСТ 10587-84). Для синтеза

мономера – гидроксилуретана использовались реагенты: 1,2-пропиленкарбонат (ПК) и 1,3-пропилендиамин (ПДА).

Синтез эпоксидно-уретанкремниевого олигомера проводился с использованием тетраалкоксисилана. В качестве отвердителя изучался изофорондиамин, который представляет собой циклоалифатическое аминное соединение. Данное вещество характеризуется низкими значениями вязкости (динамическая вязкость около  $18 \pm 0,5$  мПа\*с при 20°C).

В качестве наполнителя были использованы наночастицы ZnO, приобретённые у ООО «Химреактив». Кристаллическая фаза основного компонента составляет не менее 99,8%, а размер не более 11-13 нм.

Для установления характеристик смолистых веществ и процессов их отверждения были проведены вискозиметрические исследования (Реотест-2.1).

Термомеханические характеристики покрытий определялись на консистометре Гепплера. Для этого использовались покрытия в форме таблеток, которые приготавливались при нагрузке 1 кгс/см<sup>2</sup>. Термомеханические свойства полимерных покрытий являются критериями для определения температуры стеклования ( $T_c$ ), молекулярной массы кинетического сегмента ( $M_c$ ) и плотности структурной сетки ( $N_c$ ).

Смесь ксилола и метилэтилкетона (МЭК) (0,75:0,25 по весу) использовалась в качестве растворителя для достижения желаемой вязкости при нанесении составов покрытий. Покрытия получали нанесением слоя олигомерного материала на поверхность пластины с помощью кисти. Нанесение производилось не менее 2 раза, при этом толщина покрытий составляла около 20 мкм. Сперва поверхность стали прошла подготовительный этап в виде обезжиривания, сушки стального материала, полировки наждачной бумагой и обработкой ацетоном. Затем покрытия отверждались при 120-150°C в течение 30-120 мин.

Получение свободных пленок на основе исследуемых образцов проводилось согласно ГОСТу 14246-78. Разрушающее напряжение при сжатии определялось согласно требованиям ГОСТа 4651-2014. Для определения механических характеристик – относительное удлинение и предел прочности использовалась разрывная машина марки ИР 5057-50. Для испытания устойчивости покрытий к истиранию и износу использовался абразиметр Табера модели 1700.

Определение адгезионной прочности покрытий при сдвиге проводилось (ГОСТ 14759-69) с использованием адгезиометра типа ОР. Гидролитическая устойчивость покрытий оценивалась изменением адгезионной прочности после кипячения образцов в течение 3 часов.

Твердость покрытий определялась согласно требованиям ГОСТов (ГОСТ Р 54586-2011) с использованием прибора Вергамер К (твердость по карандашу). Ударная вязкость определена по ГОСТу 14235-69.

Водопоглощение исследуемых материалов определялось по методу гидростатического взвешивания и по количеству адсорбции паров воды на

установке Мак-Бена. До и после проведения процессов адсорбции паров воды были определены количества воды по методу Фишера.

В третьей главе «Синтез гибридных эпоксиуретановых покрытий и их коллоидно-химические характеристики» представлены результаты экспериментальных исследований по синтезу модификаторов эпоксидных смол и процессов модификации.

Были исследованы влияния на выход продукта молярных соотношений исходных компонентов, температуры и продолжительности процесса. Для этого смесь в определенных количествах загружалась в четырёх горловую колбу, снабженной мешалкой, термометром и обратным холодильником. В смесь также добавлялся триэтиламин в количестве 0,5% от общей массы. Температура системы поддерживалась при 85°C в течение 3-6 часов. Было изучено соотношение исходных компонентов от 1:0,5 до 1:1,5.

Состав и выход продукта подтверждались результатами ИК-Фурье и ЯМР-спектроскопии и установлением аминного числа уретана.

Об окончании реакции присоединения свидетельствует исчезновение пиков, характерных для карбонатной группы, которые наблюдаются в области 1775,83  $\text{см}^{-1}$  в ИК-спектрах продуктов. Присутствие пика при 1529  $\text{см}^{-1}$  показывает образование уретановой связи. Кроме того, гидроксильная группа в составе продукта подтверждается пиком при 3393  $\text{см}^{-1}$ .

Повышение соотношения ПК:ПДА от 1:0,5 до 1:1,5 способствует увеличению выхода реакции, на что также повлияет продолжительность процесса. Однако, исследование влияния мольного соотношения исходных реагентов на скорость реакции показало заметное повышение значений последней только до соотношения 1:1,2 (ПК:ПДА), а дальнейшее повышение практически мало меняет скорость и выход продукта. Несмотря на повышение скорости в начальный момент для поддержания более высоких выходов необходимо сохранить продолжительность реакции в течение 4-5 часов.

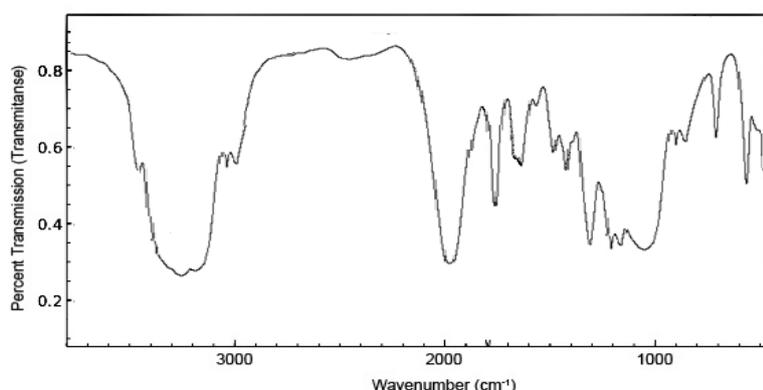


Рис. 1. ИК-спектр ГУС.

Проводились исследования по синтезу кремний содержащего диуретана на основе ранее синтезированных ГУС и алкоксикремния. Процесс проводился при добавлении олеата олова в количестве 0,1-0,5% от массы системы. Образование кремнийдиуретана подтверждалось с помощью ИК-спектрального анализа, отслеживая исчезновение широкого пика гидроксила с центром 3390  $\text{см}^{-1}$ .

Исследование влияния температуры процесса на его выход показало, что наиболее предпочтительным является проведение процесса при температуре 65-70°C. При таких температурах выход процесса составляет не менее 95,4% после 1 часа взаимодействия.

Исследование влияния строения радикала в составе алкоксисилана на выход процесса показало, что повышение атомов углерода в составе радикала снижает выход продукта. Вместе с тем более длинная цепь (более 5 атомов С) негативно влияет на дальнейший процесс модификации эпоксидной смолы и в значительной степени снижает выход кремний-эпоксидноуретанового олигомера ( $C_5=56$ ,  $C_6=42\%$ ).

Модификация ЭД-20 с синтезированными модификаторами осуществлялась при температуре 60-70°C. Изучено влияние продолжительности модификации на физико-химические характеристики, адгезионную, химическую устойчивость покрытий. Были получены несколько образцов ЭС-ГУС и ЭС-КУС, которые различаются по содержанию модифицирующего компонента (табл. 1).

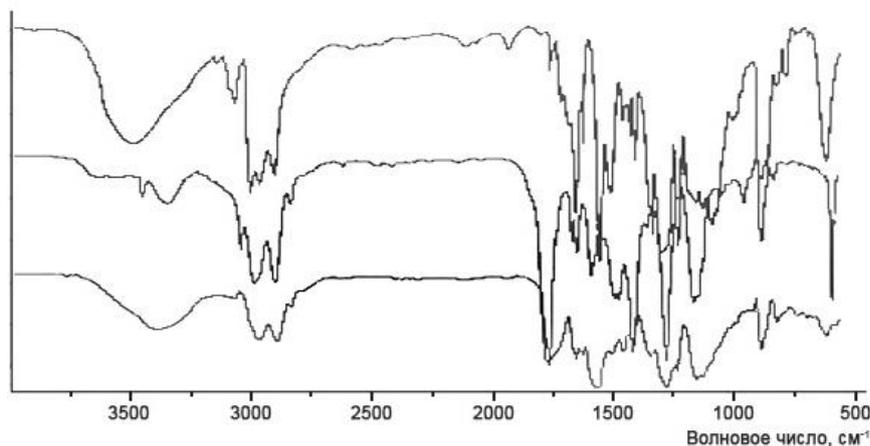


Рис. 2. ИК-спектры образцов: 1) ЭС1; 2) ЭС2; 3) ЭС3.

У образцов ЭС наблюдается образование новых пиков: сильный пик в области 1630-1510  $cm^{-1}$ , который соответствует  $-N-C=O$ . Можно увидеть повышение интенсивности широкого пика в области 3500-3300  $cm^{-1}$ , что показывает образование водородных связей. Все образцы ЭС проявляют пики при одинаковых областях, которые различаются незначительно по интенсивности.

В ИК-спектрах кремний содержащих образцов вместе с вышеотмеченными можно увидеть пики, при 1100-1000 и 600-500  $cm^{-1}$ , характерные для Si-O. Наблюдаемые пики тем интенсивнее, чем больше количества введенных модифицирующих добавок. Вместе с тем наблюдается заметное снижение пика при 908  $cm^{-1}$  и повышение интенсивности пиков при 3341  $cm^{-1}$ , что связано с реакцией разрушения оксиановой группы, образуя гидроксильную группу. Вероятно, повышение интенсивности пика в области 2800-2900  $cm^{-1}$ , связано не только с СН- связями, а образованием новых связей  $-Si-OC_2H_5$ .

В качестве металлической подложки была выбрана сталь марки С35Е, на которую была нанесена смесь модифицированной ЭД-20 и отвердителя. Для

установления количеств отвердителя были определены количества эпоксидных групп в составе модифицированной ЭД-20 (табл. 2).

Таблица 1.

Состав модифицированной эпоксидной смолы, % масс.

Компоненты	Модифицированные образцы ЭС					
	ЭУС1	ЭУС2	ЭУС3	SiЭУС1	SiЭУС2	SiЭУС3
ЭД-20	95	90	85	95	90	85
ГУС	5	10	15	-	-	-
КУС	-	-	-	5	10	15

Таблица 2.

Основные характеристики гибридных смол

Образец	Эпоксидное число, %	Эпоксидный эквивалент, г/моль	Количество отвердителя*, г/100 г смолы
ЭУС1	17,80	235,9	36,0
ЭУС2	15,61	269,0	31,6
ЭУС3	13,42	313,0	26,5
SiЭУС1	18,97	221,4	38,4
SiЭУС2	17,89	234,7	36,2
SiЭУС3	16,77	250,5	33,9

\*-изофорондиамин.

Как показывают данные таблицы при повышении количеств модификаторов эпоксидного олигомера снижается эпоксидное число (э.ч.) гибридного материала. Снижение э.ч. происходит за счет превращения оксиранового кольца в гидроксильные группы вследствие реакции с  $\text{NH}_2$  группой в составе модификатора. На основе полученных данных были рассчитаны необходимые количества отвердителя.

Для изучения адгезионной прочности олигомеры наносились на поверхность образца стали, отверждались при температуре 110-150°C в течение 30-120 мин, затем при комнатной температуре в течение 24 часов. Были изучены влияния температуры и продолжительности отверждения на адгезионную прочность гибридных покрытий.

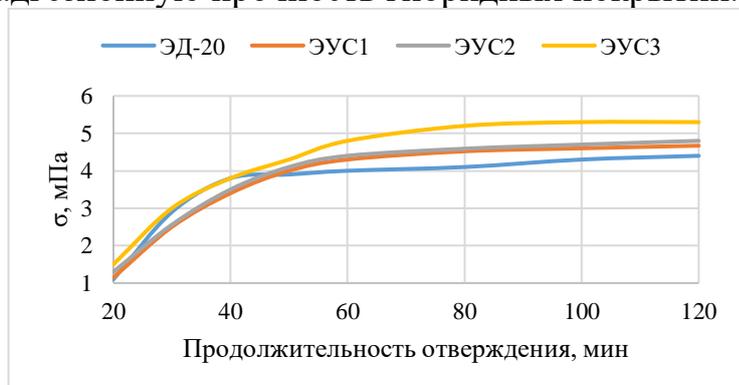


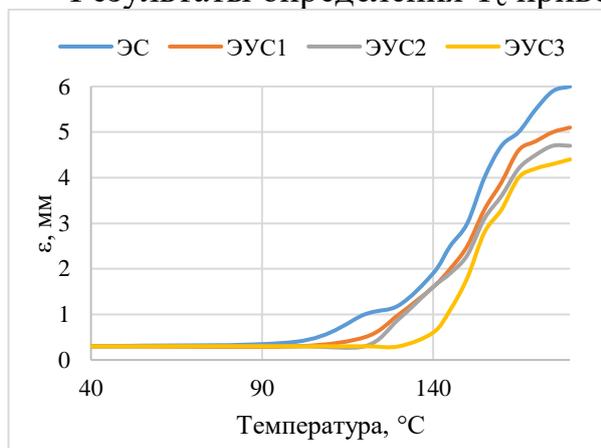
Рис. 3. Зависимость адгезионной прочности покрытий (ЭУС) от продолжительности отверждения при температуре 120°C.

Как показывают кривые диаграммы, при наличии ГУС (5%) в составе эпоксидного олигомера (ЭУС1) в начальный момент отверждения наблюдается снижение адгезионной прочности. Вероятно, при таких концентрациях уретановых соединений не образуются достаточных количеств химических связей для дополнительной сетчатой структуры. Повышение соотношения КУС:ЭД-20 до 15:85 вызывает повышение адгезионной

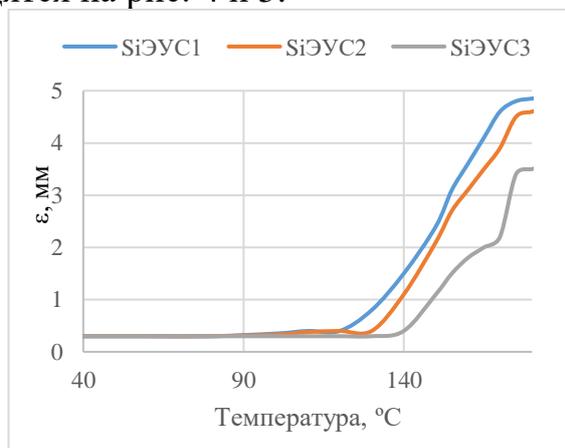
прочности еще на 20%. Полученные результаты дают предположить, что при повышении доли уретановых связей повышается адгезионная прочность эпоксидной матрицы. Однако, дальнейшее повышение количества модифицирующей добавки ГУС до 30% заметно снижает прочность, что связано с недостаточностью эпоксидных групп для образования сетчатой структуры при отверждении. Э.ч. данного гибридного олигомера составляет 6,84%, а значение эпоксидного эквивалента 617,3 г/моль. При этом, необходимое количество отвердителя снижается до 13,7 г/100г. Система данной гибридной смолы отвердевает довольно долго (более 2 часов) и адгезионная прочность снижается более чем в 2 раза по сравнению с образцом ЭУС3. Вероятно, снижение адгезионной прочности в основном связано со снижением молекулярной массы отверждаемого покрытия, так как другие факторы, как число ОН групп в составе гибридного композита имеет большие значения по сравнению с образцом ЭУС3.

Прочность образцов SiЭУС во всех температурных интервалах отверждения и продолжительности имеет практически одинаковые значения с образцами ЭУС. Однако повышение концентрации КУС в реакционной системе до 30% не вызывает значительного снижения адгезионной прочности как в случае с ГУС. Вероятно, что связано с участием Si-O связей при формировании сетчатой структуры гибридного покрытия.

Результаты определения  $T_c$  приводятся на рис. 4 и 5.



**Рис. 4. Зависимость высокоэластичной деформации от температуры нагревания образцов ЭУС.**



**Рис. 5. Зависимость высокоэластичной деформации от температуры нагревания образцов SiЭУС.**

Как видно из рис. 5 введение ГУС в исходную эпоксидную смолу в количестве 5% повышает температуры стеклования от 103 до 109°C, в то время как точно такое количество КУС увеличивает  $T_c$  до 117°C. Плотность сшивки, рассчитанные по значениям  $\Delta\varepsilon$  и  $T_c$  для образцов ЭУС1, ЭУС2 и ЭУС3 составляет  $3,41 \cdot 10^{-3}$ ;  $4,13 \cdot 10^{-3}$  и  $4,25 \cdot 10^{-3}$ . Значения плотности сшивки для образцов SiЭУС значительно выше по сравнению с образцами ЭУС, что связано не только с повышением модуля упругости и снижением молекулярной массы, но и повышением плотности отвержденных образцов за счет уменьшения пористости. Результаты определения значений модуля упругости и плотности сшивки приводятся в табл. 3.

**Таблица 3.**

### Термомеханические свойства модифицированных эпоксидных олигомеров

Образец	T <sub>c</sub> , °C	E <sub>y</sub> , кгс/см <sup>2</sup>	N <sub>c</sub> , моль/см <sup>3</sup>
ЭД-20	103	0,0352	1,96*10 <sup>-3</sup>
ЭУС1	109	0,0371	3,41*10 <sup>-3</sup>
ЭУС2	122	0,0368	4,13*10 <sup>-3</sup>
ЭУС3	134	0,0408	4,25*10 <sup>-3</sup>
SiЭУС1	117	0,0444	6,11*10 <sup>-3</sup>
SiЭУС2	130	0,0469	8,96*10 <sup>-3</sup>
SiЭУС3	145	0,0510	1,01**10 <sup>-2</sup>

Для установления степени кристалличности был проведен рентгенофазовый анализ отвержденных образцов. Значения кристалличности, рассчитанные по дифрактограмме образцов, приводятся в табл. 4.

Таблица 4.

### Степень кристалличности покрытий, %

Образцы	ЭД-20	ЭУС1	ЭУС2	ЭУС3	SiЭУС1	SiЭУС2	SiЭУС3
K, %	1,86	2,36	2,48	2,78	2,61	3,58	3,41

Из значений степени кристалличности можно сделать вывод, что введение в состав ЭД-20 кремний содержащего фрагмента способствует повышению регулярности системы. Все отвержденные модифицированные эпоксиды показывают сравнительно большие значения кристалличности. Следовательно, в модифицированных системах наблюдается иная природа межмолекулярного взаимодействия, что влияет на число и характер данных взаимодействий.

Пористость одна из главных критериев покрытий, повышенные значения которой отрицательно влияет на устойчивость покрытий. Именно эти поры, за счет резкого изменения формы вызывает увеличение в этих зонах концентрации напряжения, что резко снижает прочность материала. Измеренные значения открытой пористости (%) приводятся в табл. 5.

Таблица 5.

### Значения открытой пористости для изучаемых покрытий, %

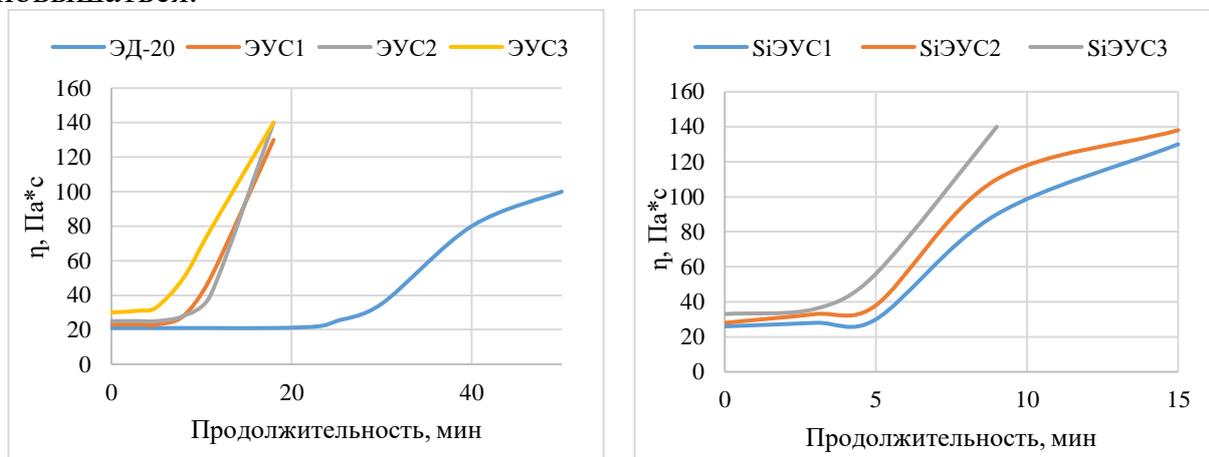
ЭД-20	ЭУС1	ЭУС2	ЭУС3	SiЭУС1	SiЭУС2	SiЭУС3
1,31	1,39	1,46	1,48	1,34	1,26	1,08

Как можно увидеть из табл. 5 модификация эпоксидного олигомера с ГУС приводит к незначительному повышению степени открытой пористости. Данные изменения показывают, что при отверждении данных образцов олигомеров образуются агломераты за счет активных функциональных групп, которые повышают удельную поверхность по отношению к молекулам полярной воды. Частичное снижение пористости в образцах SiЭУС, вероятно, результат большей гидрофобизации поверхности за счет кремний органического звенья, чем больше данные модификаторы в составе, тем больше снижение пористости.

Стойкость к истиранию является характерным свойством уретановых покрытий и, как ожидалась модификация ЭС с уретановыми соединениями привела к более высоким значениям данного показателя. Наивысшую стойкость к истиранию продемонстрировало покрытие SiЭУС3, потерявшее всего 2,9 мг веса после 100 циклов истирания. Исходный образец ЭД-20,

обработанный амином, показал наименьшую стойкость за счет более высокой потеря веса независимо от количества вводимого амина – отвердителя.

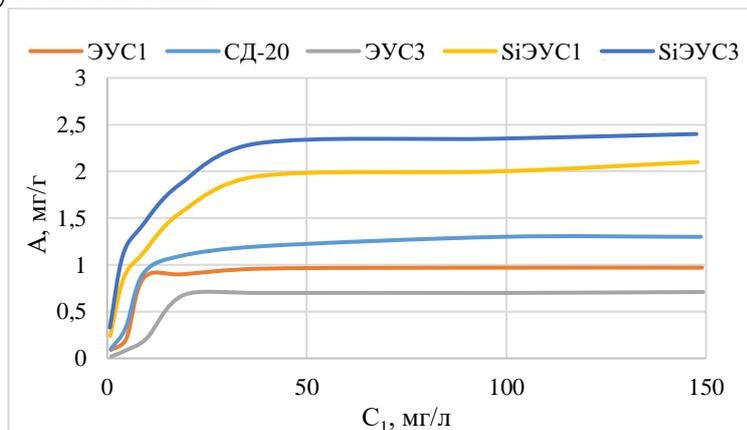
Главным критерием структурообразования в системе является изменение вязкости системы. Данные образцы также различаются по продолжительности протекания их отверждения, при которых значения их вязкости начинают повышаться.



**Рис. 6. Зависимость вязкости исходного и модифицированных эпоксидных олигомеров от продолжительности процесса отверждения.**

Жизнеспособность исходного ЭД-20 составляет около 30 мин при данной температуре отверждения, а для SiЭУС1; SiЭУС2 и SiЭУС3 составляет, соответственно 6; 5 и 3,8 мин. Продолжительность процесса до гелеобразования составляет 68,0; 22,4; 24,2 и 20,6 мин, соответственно для образцов ЭС; ЭУС1; ЭУС2 и ЭУС3, а также 16,8; 16,7 и 12,0 мин, соответственно для образцов SiЭУС1; SiЭУС2 и SiЭУС3. Следовательно, введение в состав эпоксидных композиции кремнийсодержащего уретана значительно снижает время гелеобразования.

В четвертой главе «Исследование влияния модифицирующих добавок на технологические характеристики эпоксиуретановых олигомеров» приводятся результаты исследования влияния ZnO наполнителя, растворителя и состава гибридных покрытий на их физико-механические характеристики и устойчивость.



**Рис. 7. Изотермы адсорбции олигомеров на поверхности наполнителя (ZnO).**

По полученным данным адсорбции олигомерных веществ на поверхности наполнителя построены графики зависимости количества адсорбции от концентрации ЭС и его модифицированных форм, которые

приводятся на рис. 7. Как показывают кривые диаграммы все изотермы характеризуются L-формой по систематике ИЮПАК, которые относятся к изотермам Ленгмюра, т.е. процессам адсорбции, которые можно охарактеризовать с помощью уравнения Ленгмюра.

Обработка полученных изотерм линейным уравнением Ленгмюра способствовала получению следующих данных (табл. 6).

Таблица 6.

Параметры уравнения Ленгмюра

Образец в качестве адсорбата	$R^2$	$A_0$ , мг/г	$K$ , г/г
ЭД-20	0,9999	1,342	0,238
ЭУС1	1,0000	0,980	0,182
ЭУС3	0,9788	0,774	0,091
SiЭУС1	0,9990	2,195	0,133
SiЭУС3	0,9994	2,498	0,172

Из данных  $K$  следует вывод о слабом сродстве молекул всех адсорбатов и поверхности наполнителя. Количество адсорбата на поверхностном монослое снижается при модификации ЭС с ГУС и незначительно повышается в случае КУС. Вероятно, при формировании монослоя также участвуют молекулы растворителя, они также могут конкурировать за связь с активными центрами наполнителя, что также снижает общую адсорбционную активность по отношению к изучаемым адсорбатам.

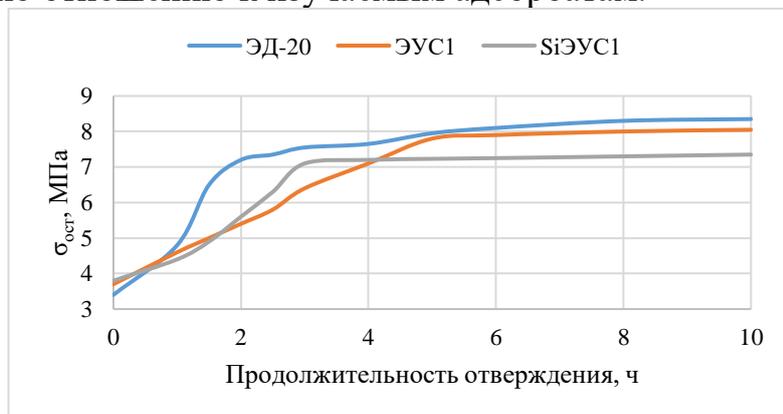


Рис. 8. Изменение внутреннего напряжения в системе модифицированных олигомеров в зависимости от продолжительности отверждения при температуре 80°C. Количество ZnO составляет 5%.

Дальнейшее повышение содержания наполнителя приводит к неполному смачиванию поверхности агрегатов ZnO. Поэтому на границе раздела фаз образуется значительное остаточное напряжение, которое является источником трещин и дефектов. Скорость изменения значений остаточного напряжения повышается в ряду ЭД-20>SiЭУС1>ЭУС1 и составляет 3,65; 2,37 и 1,56 МПа/ч. Несмотря на более высокие значения скорости изменения  $\sigma_{ост}$  в системе SiЭУС1+наполнитель в начальный момент общее изменение меньше по сравнению с системой ЭУС1+наполнитель. Следовательно, следует ожидать практически одинаковые трещины в данных системах, что влияет на их пористость.

При низких концентрациях ZnO снижает пористость всех отвержденных покрытий, что особенно заметно для систем SiЭУС. Для исходной смолы можно повысить содержание наполнителя до 2%, при этом степень пористости составляет не менее 1%, в то время как для образцов ЭУС1; ЭУС2; SiЭУС1 и

SiЭУС3 составляет около 0,8; 0,72; 0,66 и 0,55%, соответственно. Следовательно, без заметного повышения пористости можно повысить содержание наполнителя до 2,5% для ЭУС3; SiЭУС1 и SiЭУС3.

Введение наполнителя меняет степень гидрофобности, что зависит от природы наполнителя и размера его частиц, т.е. от дисперсности. Также, как и ранее изученные показатели наиболее предпочтительные значения концентрации наполнителя составляет 2-2,5%, при которых достигается наибольшее повышение угла смачивания. Дальнейшее повышение количества наполнителя до 3% незначительно меняет угол смачивания воды на образце SiЭУС3 (от 119-121 до 106-109°), в то время как для исходного ЭД-20 снижает значение угла смачивания от 89 до 60°. Снижение гидрофобности при повышении содержания ZnO вероятно, обусловлено агломерацией частиц за счет повышения свободной поверхностной энергии.

Для следующих исследований были выбраны наиболее оптимальные составы, которые приводятся в табл. 7.

**Таблица 7.**

**Разработанные составы антикоррозионных покрытий**

Состав	1	2	3
Основа и её концентрация	ЭД-20, 60,0	ЭУС3, 56,7	SiЭУС3, 59,0
Наполнитель	2,5	2,5	3
Пигмент	1	1	1
Отвердитель, г/100 г матрицы/% в системе	40/24,0	38/24,3	34/20,0
Пластификатор	5	7	8
Пенегаситель	1,5	1,5	1
Растворитель	6	7	8

С помощью термогравиметрического анализа устанавливалась термическая стабильность созданных составов. Для всех отвержденных покрытий характерна практически одноступенчатая потеря массы и данный процесс начинается примерно при температуре 230-250°C. Повышение температуры способствует плавному снижению кривых изменения массы до полного удаления летучих веществ и в результате чего происходит карбонизация системы. Вместе с тем образец на основе SiЭУС3 продемонстрировал самую высокую температуру разложения и у этого образца наибольшее количество остатка после прокаливании, что связано с большим количеством нелетучих оксидов Si и Zn.

Полученные образцы покрытий показали следующие физико-механические характеристики (табл. 8).

**Таблица 8.**

**Физико-механические свойства покрытий**

Характеристики	Образец покрытий		
	1	2	3
Адгезия, МПа	2,4	2,7	3
$V_y$ , кДж/м <sup>2</sup>	6,3	6,2	8,1
$\sigma_{сж}$ , МПа	86	113	141
$\sigma_{изг}$ , МПа	33	41	50

Т <sub>c</sub> , °С	144	172	196
Твердость	4Н	5Н	7Н
Остаточное напряжение	4,3	3,6	3,1

*V<sub>y</sub> – ударная вязкость,  $\sigma_{сж}$  и  $\sigma_{изг}$  - прочностии при сжатии и изгибе.*

Наибольшей деформационной теплостойкостью, прочностью при сжатии и изгибе обладает гибридное покрытие №3 на основе SiЭУС3, отверждаемое амином в количестве 34 %. Увеличение количества отвердителя еще на 7-9 м.ч. повышает данные характеристики, особенно ударную вязкость еще на 10-20 %. Как оказалось наименьшей ударной вязкостью обладает состав №2.



**Рис. 9. Внешний вид покрытий после испытания на гидролитическую устойчивость.**

Стойкость покрытий к кислотам и щелочам оценивалась путем погружения покрытых стальных панелей в 5% растворы кислоты (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) и щелочи (NaOH) в течение 24±1 часов. Оказалось, образцы покрытых обеими гибридными полимерами (состав 2 и 3) показывают отличную химическую устойчивость. За данное время контакта систем не наблюдались никаких влияний данных агрессивных сред. Вместе с тем, данные покрытия показывают превосходную гидролитическую способность, особенно это относится к покрытиям на основе SiЭУС и на данных покрытиях после погружения в кипящую воду в течение 3 часов не обнаруживаются дефекты поверхностной пленки (рис. 9).

Для количественной оценки диффузии частиц из растворов определялись количества массопоглощения (%). При хранении в водной среде (массовое соотношение покрытие:вода равно 0,01) для всех покрытий характерен процесс набухания. Проведенные исследования показали, что наиболее агрессивной средой является вода, затем растворы кислот и щелочей. Как и следовало ожидать наиболее устойчивым оказался образец покрытия на основе №3 состава.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. Установлены оптимальные условия синтеза модификаторов для улучшения характеристик эпоксидной смолы. Состав модифицированной эпоксидной смолы устанавливался на основе ИК и ЯМР спектроскопических анализов и показано, что в результате модифицирования наблюдается образование новых связей в составе исходной ЭД-20: -N-C=O и Si-O.

2. Исследовано влияние модифицирующей добавки на характер отверждения и адгезионные свойства ЭД-20. Показано, что повышение

количеств ГУС до 30% увеличивает адгезионную прочность, а более 30% заметно её снижает, что связано с недостаточностью эпоксидных групп для образования сетчатой структуры при отверждении. Прочность образцов SiЭУС во всех температурных интервалах отверждения имеет практически одинаковые значения с образцами ЭУС. Однако, повышение концентрации КУС в реакционной системе до 30% не вызывает значительного снижения адгезионной прочности, что связано с участием Si-O связей при формировании сетчатой структуры гибридного покрытия.

3. Проанализированы возможные механизмы взаимодействия наполнителя ZnO и олигомерной матрицы. Из данных константы Ленгмюра следует вывод о слабом сродстве молекул всех адсорбатов и поверхности наполнителя. Количество адсорбата на поверхностном монослое снижается при модификации ЭС с ГУС и повышается в случае КУС. Повышение показателей адсорбции на наполнителе связано с повышением схожести природы взаимодействующих компонентов и незначительным повышением удельной поверхности.

4. При низких концентрациях ZnO снижается пористость всех отвержденных покрытий, что особенно заметно для систем SiЭУС. Для исходной смолы при наполнении можно повысить содержание наполнителя до 2%, при этом степень пористости составляет более 1%, в то время как для образцов ЭУС1; ЭУС2; SiЭУС1 и SiЭУС3 составляют около 0,8; 0,72; 0,66 и 0,55%, соответственно. Следовательно, без заметного повышения пористости можно повысить содержание наполнителя до 2,5% для ЭУС3; SiЭУС1 и SiЭУС3.

5. Созданные покрытия показывают превосходную гидrolитическую устойчивость, особенно это относится к покрытиям на основе SiЭУС и на данных покрытиях после погружения в кипящую воду в течение 3 часов не обнаруживаются дефекты поверхностной пленки.

6. Разработаны составы антикоррозионных покрытий. Установлено влияние количеств модификатора, пластификатора, пигмента, растворителя на химическую устойчивость антикоррозионных покрытий. Разработанные составы и технология получения покрытий прошли испытания на АО «Алмалыкский ГМК» и «Навоийский ГМК». Результаты испытаний свидетельствуют, что разработанные модификаторы эпоксидной смолы и составы антикоррозионных покрытий могут быть использованы в качестве защиты трубопроводов сточных вод и теплообменников.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING OF SCIENTIFIC DEGREE  
PhD.03/30.12.2019.K/T.66.02 AT THE NAMANGAN INSTITUTE OF  
ENGINEERING AND TECHNOLOGY**

---

**NATIONAL UNIVERSITY OF UZBEKISTAN**

**ABSOATOV YUSUF KADIROVICH**

**ANTI-CORROSION COATINGS BASED ON MODIFIED EPOXY  
OLIGOMERS AND THEIR COLLOID-CHEMICAL CHARACTERISTICS**

**02.00.11 – Colloid and membrane chemistry**

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

**Namangan – 2022**

The theme of dissertation doctor of philosophy (PhD) was registered in the Supreme Attestation Commission of the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under registration number B2022.2.PhD/K459.

The dissertation has been carried out at the National University of Uzbekistan.

The abstract of dissertation in three languages (uzbek, russian, english (resume)) is available online ([www.nammti.uz](http://www.nammti.uz)) Scientific Council and on the website "ZiyoNet" information-educational portal ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

<b>Research Supervisor:</b>	<b>Kholikov Abduvali Jonizakovich</b> doctor of chemical sciences, professor
<b>Official opponents:</b>	<b>Abdikamalova Aziza Baxtiyarovna</b> doctor of chemical sciences
	<b>Xoshimov Farhod Fayzullaevich</b> doctor of philosophy in technical sciences, docent
<b>Leading organization:</b>	<b>Tashkent Chemical-Technological Institute</b>

The defense of the dissertation will take place on «13» August, 2022 at «14<sup>00</sup>» at the meeting of Scientific council PhD.03/30.12.2019.K/T.66.02 at the Namangan institute of engineering and technology and Research Center at the following address: 7, Kosonsoy Street, Namangan District, 160115, Namangan, Tel.: (+99 869) 228-76-75, fax: (+99 869) 228-76-71, e-mail: [niei\\_info@edu.uz](mailto:niei_info@edu.uz)

The dissertation has been registered at the Information-resource Centre of the Namangan institute of engineering and technology (registration number № 463). (Address 7, Kosonsoy Street 160115, Namangan, Tel.: (+99869) 228-76-75, fax: (+99869) 228-76-71).

Abstract of the dissertation sent out on «30» July 2022 year.  
(mailing report № 8 on «30» July, 2022 year)



**O.K. Ergashev**  
Member of the scientific council awarding scientific degree, Doctor of chemistry science, prof.

**D.Sh. Sherkuziev**  
Scientific secretary of the scientific council awarding scientific degree, candidate of technical sciences, prof.

**A.S. Boymirzaev**  
Chairman of the scientific seminar at the scientific council for the award of a scientific degree, Doctor of chemical sciences, prof.

## INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

**aim of the study** is the creation and establishing of colloid-chemical systems of anti-corrosion coatings based on modified epoxy oligomers.

**objects of study** are epoxy resin ED-20, modifiers based on 1,2-propylene carbonate and 1,3-propylenediamine, as well as composite coatings.

### **the scientific novelty of the research is as follows:**

hydroxylurethane (HUS) and silicon diurethane (SDS) compounds were successfully synthesized based on the reaction of 1,2-propylene carbonate and 1,3-propylenediamine, which were confirmed by chemical and spectroscopic analysis methods;

the cross-link density calculated from the values of  $\varepsilon$  and  $T_g$  for the EUS1, EUS2 and EUS3 samples is  $3.41 \cdot 10^{-3}$ ;  $4.13 \cdot 10^{-3}$  and  $4.25 \cdot 10^{-3}$ , while for SiEUS samples this indicator has relatively large values, which is associated not only with an increase in the elastic modulus and a decrease in molecular weight, but also with an increase in the density of the cured samples for by reducing porosity;

it was found that the water absorption of the EUS1/amine system is significantly higher than that of the SiEUS1 systems, and with a further increase in HUS, the values of porosity and water absorption increase, while for the SDS modifier, an increase in concentration of more than 12-13% reduces the values of these indicators;

the introduction of silicon-containing urethane into the composition of epoxy compositions significantly reduces the duration of gelation and is 16.8; 16.7 and 12.0 min, respectively, for SiEUS1 samples; SiEUS2 and SiEUS3 versus 68.0; 22.4; 24.2 and 20.6 min, respectively, for SE samples; EUS1; EUS2 and EUS3;

it was found that the introduction at low concentrations of the filler reduces the values of internal stress, and a further increase in concentration to 2.5-2.7% causes a sharp increase in the stress of all cast systems, which shows the same effect of the filler on the structure of the original and modified epoxy oligomers;

the highest deformation heat resistance, compressive and bending strength is exhibited by the hybrid coating №3 improves these characteristics, especially impact strength by another 10-20%.

**Implementation of the research results.** Based on scientific results on the preparation of anti-corrosion coatings based on epoxy resin:

obtaining methods of epoxy resin modifiers based on propylene carbonate and propylenediamine, as well as protective coatings for wastewater pipelines and heat exchangers based on modified oligomers are included “in the list of promising developments for implementation in 2023-2024” in practice by Almalik Mining and Metallurgical Plant JSC (Reference of Almalik Mining and Metallurgical Plant JSC № AA-4870 dated June 30, 2022 y.). As a result, the use of modifiers in the amount of 15% by weight of the epoxy resin increases its adhesive strength by 1.3-1.4 times;

application methods of anti-corrosion coatings based on modified epoxy resins was introduced into practice at JSC «Navai Mining and Metallurgical Plant» (Reference of JSC " Navai Mining and Metallurgical Plant " № 23.01-01-07/435 dated June 27, 2022 y.). As a result, the possibility of increasing the anti-corrosion

resistance of the surface of pipelines against the impact of aggressive environments is shown.

**The structure and scope of the dissertation.** The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and an appendix. The volume of the dissertation is 108 pages.

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

**I бўлим (I часть; part I)**

1. Absoatov Yu., Khalikov A., Akbarov X. Anti-corrosion Composite Polymer coatings // Karakalpak Scientific Journal. – 2021. Vol. 2. – Pp. 52-59 (02.00.00. №16).
2. Y.Absoatov, A.Khalikov, X.Akbarov. Synthesis of hybrid epoxyurethane coatings and their physicochemical characteristics // Scientific and Technical Journal of NamIET. – 2021. №1. – Pp. 116-122 (05.00.00., №33).
3. Абсоатов Ю.К., Жуманазарова З.Г., Очилов А.М., Холиков А.Ж., Эшметов И.Д. Зависимость адгезионной прочности эпоксидного покрытия на поверхности стали от количества уретанового покрытия // Universum: химия и биология: электрон. науч. журн. 2022. 6(96). URL: <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/13752> (02.00.00. №2).
4. Yu.K.Absoatov, A.J.Holiqov, Z.G.Jumanazarova, A.M.Ochilov Investigation of Adhesive Strength and Thermomechanical Characteristics of Epoxy Coatings and Their Modified Forms // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology Vol. 9, Issue 4 , April 2022. – Pp. 19280-19286. (05.00.00. №8).
5. Абсоатов Ю.К., Холиков А.Ж., Очилов А.М., Эшметов И.Д. Физико-химические характеристики модифицированных эпоксидных полимеров // Qo‘qon Davlat pedagogika instituti Ilmiy xabarlar. – 2022. №2. 7-13 b. (ОАК Rayosatining 2021- yil 31-martdagi qarori bilan kiritilgan).

**II бўлим (II часть; part II)**

6. Absoatov Yu., Khalikov A., Akbarov X. Synthesis of hybrid epoxyurethane coatings and their physicochemical characteristics // Scientific journal of mechanics and technology. 2021. №3. – С. 87-92.
7. Абсоатов Ю.К., Холиков А.Ж. Эпоксиуретановые покрытия повышенными технологическими характеристиками // «Kimyo, oziq-ovqat hamda kimyoviy texnologiya mahsulotlarini qayta ishlashdagi dolzarb muammolarni yechishda innovatsion texnologiyalarning ahamiyati» mavzusidagi Xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya materiallari to‘plami. 2021 yil, 23-24 noyabr. Namangan. 998-1000 b.
8. Абсоатов Ю.К., Холиков А.Ж., Акбаров Х.И. Антикоррозионные полимерные покрытия повышенной химической стойкости для защиты нефтегазовых трубопроводов // Материалы международной конференции «Инновационные подходы к развитию образовательно производственного кластера в нефтегазовой отрасли» Тошкент 2022. – С. 305-306.
9. З.Жуманазарова, Ю.Абсоатов, А.Очилов, А.Халиков. Адгезионная прочность модифицированного эпоксидного олигомера // Сборник материалов Республиканской научно-практической конференции «Инновационные

технологии переработки минерального и техногенного сырья химической, металлургической, нефтехимической отраслей и производства строительных материалов» Ташкент 12-14 май 2022 года. – С. 805-806.

10. Ю.Абсоатов, З.Жуманазарова, А.Очилов, А.Халиков. Изменение физико-химических характеристик отвержденных эпоксидных олигомеров // Сборник материалов Республиканской научно-практической конференции «Инновационные технологии переработки минерального и техногенного сырья химической, металлургической, нефтехимической отраслей и производства строительных материалов» Ташкент 12-14 май 2022 года. – С. 806-807.

11. Абсоатов Ю.К., Жуманазарова З.Г., Очилов А.М., Холиков А.Ж. Изменение физико-химических характеристик отвержденных эпоксидных олигомеров // «Комплекс бирикмалар кимёси ва аналитик кимё фанларининг долзарб муоммалари» Республика илмий-амалий конференцияси. 2022 й. 19-21 май. Термез. – С. 368-369.

12. Жуманазарова З.Г., Абсоатов Ю.К., Очилов А.М., Холиков А.Ж. Адгезионная прочность модифицированного эпоксидного олигомера // «Комплекс бирикмалар кимёси ва аналитик кимё фанларининг долзарб муоммалари» Республика илмий-амалий конференцияси. 2022 й. 19-21 май. Термез. – С. 213-214.

13. Absoatov Yu.K. Solvents as the main factor of regulation of viscosity and foaming in epoxy oligomers system // International scientific review of problems and prospects of modern science and education / Collection of scientific articles. International correspondence scientific and practical conference (Boston, USA, May 30-31, 2022). Boston. 2022. Pp. 11-14.

14. Абсоатов Ю.К., Холиков А.Ж., Жуманазарова З.Г., Очилов А.М., Эшметов И.Д. Исследование характеристик модифицированного эпоксидного олигомера // Conference on innovation in the modern education system. Washington, USA. 2022. -Pp. 302-309.

Автореферат «Наманган мухандислик-технология институти Илмий-техник»  
журнали тахририятида тахрирдан ўтказилиб, ўзбек, рус ва инглиз  
тилларидаги матнлар ўзаро мувофиқлаштирилди.