

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc 02/30.12.2019.К/Т.35.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ

ХУРСАНДОВ БОБОМУРОД ШУХРАТОВИЧ

**ОЛТИНГУГУРТ АСОСИДА ИМПОРТ ЎРНИНИ БОСУВЧИ
МАХСУЛОТ ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

02.00.11 – Коллоид ва мембрана кимёси

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

Тошкент–2025

Фалсафа доктори (PhD) диссертациясининг автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)

Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)

Хурсандов Бобомурод Шухратович

Олтингугурт асосида импорт ўрнини босувчи маҳсулот олиш

технологиясини ишлаб чиқиш.....3

Хурсандов Бобомурод Шухратович

Разработка технологии получения импортозамещающей продукции на основе

серы21

Khursandov Bobomurod Shukhratovich

Development of technology for obtaining import-substituting products based on

sulfur39

Эълон қилинган илмий ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works..... 43

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc 02/30.12.2019.К/Т.35.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ

ХУРСАНДОВ БОБОМУРОД ШУХРАТОВИЧ

**ОЛТИНГУГУРТ АСОСИДА ИМПОРТ ЎРНИНИ БОСУВЧИ
МАХСУЛОТ ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

02.00.11 – Коллоид ва мембрана кимёси

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

Тошкент–2025

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Олий таълим, фан ва инновациялар вазирлиги хузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2025.3.PhD/Т5805 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация иши ЎзР ФА Умумий ва ноорганик кимё институтида бажарилган.
Диссертация автореферати уч тилда (Ўзбек, рус ва инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифаси www.ionx.uz ва "ZiyoNet" ахборот таълим порталига (www.ziyo.net) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Юсупов Фарход Маҳкамovich

техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Абдикамалова Азиза Бахтиёровна
кимё фанлари доктори, профессор

Қодиров Ҳасан Эргашевич

техника фанлари доктори, профессор

Етакчи ташкилот:

Фаргона давлат техника университети

Диссертация химояси Умумий ва ноорганик кимё институти хузуридаги илмий даражалар берувчи DSc 02/30.12.2019.К/Т.35.01 рақамли Илмий кенгашнинг "10" октябрь 2025 йил соат 10⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади (Манзил: 100170, Тошкент ш., Мирзо Улугбек кўчаси 77-а Тел.: (+99871) 262-56-60, факс: (+99871) 262-76-90, e-mail: ionxanruz@mail.ru).

Диссертация билан Умумий ва ноорганик кимё институти Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (14-рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100170, Тошкент ш., Мирзо Улугбек кўчаси 77-а Тел.: (+99871) 262-56-60, факс: (+99871) 262-76-90.

Dissertatsiya avtoreferati 2025 yil «26» sentyabr kuni tarqatiladi.
(2025 йил «26» сентябрдаги № 14 реестр баённомаси)



Б.С.Закиров

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш раиси, к.ф.д., проф.

Д.С.Салиханова

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш котиби, т.ф.д., проф.

И.Д.Эшметов

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси т.ф.д., проф.

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертация аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Дунёда автойўл, кўприклар, курилиш, машинасозлик, нефт-газ ва энергетика каби соҳаларда боғловчи, гидроизоляция мембраналари, мастика, коррозияга қарши қопламалар сифатида битум ҳамда турли полимер-битум композициялар кенг қўлланилмоқда. Шу билан бирга полимер-битум композицияларнинг кимёвий ва механик таъсирларга чидамлилигини, физик, кимёвий, коллоид, технологик хоссаларини ошириш ва хизмат қилиш муддатини узайтириш мақсадида, махсус хоссаларга эга композициялар олиш технологияларини ишлаб чиқиш ҳамда самарали модификаторлар яратиш катта аҳамиятга эга.

Дунёда турли модификаторлар, айниқса техник олтингугурт каби чиқинди махсулотлар иштирокида янги, арзон ва сифатли полимер олтингугуртли битум композициялар олиш бўйича илмий изланишлар олиб борилмоқда. Бу борада, самарали ва унумдор технологияларини ишлаб чиқиш, ушбу композицияларнинг физик-кимёвий, коллоид ва технологик хоссаларига таъсир қилувчи омилларни аниқлаш ва уларни бошқариш йўллари топиш, полимер олтингугурт олишнинг инновацион йўллари топиш, унинг кимёвий ва механик бардошлилигини ошириш йўллари аниқлаш, молекуляр массаси, қовушқоқлиги каби хоссаларининг асфальтобетон композицияларнинг физик-механик хусусиятларига таъсирини аниқлашга алоҳида эътибор берилмоқда.

Республикамизда маҳаллий хомашёлардан олинадиган иккиламчи ва кўшимча моддалардан самарали фойдаланган ҳолда, саноатнинг турли соҳаларида қўллаш учун полимер олтингугурт ҳамда полимер олтингугурт-битумли боғловчи материаллар яратиш, уларнинг физик-механик хоссаларини яхшилаш ва ишлаб чиқариш жараёнларини такомиллаштириш борасида илмий ва амалий натижаларга эришилмоқда. Янги Ўзбекистон тараққиёт стратегиясида «мавжуд имкониятларни тўлиқ ишга солган ҳолда маҳаллий саноат тармоқлари салоҳиятини янада ривожлантириш, ташқи бозор ва халқаро талабларга жавоб берадиган стандартларни жорий этиш»¹ бўйича муҳим вазифалар белгилаб берилган. Бу борада, жумладан маҳаллий иккиламчи хомашёлар асосида полимер олтингугуртни синтез қилиб битумга қўшиш орқали йўл асфалтида ишлатиладиган олтингугурт-битумли боғловчиларни олиш алоҳида эътибор берилмоқда.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2023 йил 11-сентябрдаги «Ўзбекистон-2030» стратегияси тўғрисидаги ПФ-158-сон, 2022 йил 28-январдаги «2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида»ги ПФ-60-сон, 2023 йил 12-октябрдаги «Саноат ва унинг базавий тармоқларини жадал ривожлантириш бўйича кўшимча чора-тадбирлари тўғрисида»ги ПФ-169-сон Фармонлари ва 2019

¹Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60 «2022-2026 йилларга мўлжалланган янги Ўзбекистон тараққиёт стратегияси тўғрисида» фармони

йил 4-октябрдаги «2019-2030 йиллар даврида Ўзбекистон Республикасининг «Яшил» иқтисодийга ўтиш стратегиясини тасдиқлаш тўғрисида»ги ПҚ-4477-сон, шунингдек, мазкур фаолиятга тегишли меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни бажаришга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг асосий устувор йўналишларига боғлиқлиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг VII «Кимё технологиялари ва нанотехнологиялар» устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Фан-техникага оид маълумот манбаларида полимер олтингугурт ва полисульфидлар олиш жараёни, модификаторларининг олиниши, қўлланилиши, физик-кимёвий, механик хоссалари, термодинамик ва кинетик хусусиятлари бўйича дунёда Воробьев А.Е., Тчаро Х., Воробьев К.А., Капустин В.М., Рудин М.Г., Кукес С.Г. ва бошқа олимлар ушбу йўналишда илмий тадқиқотлар олиб боришган. Ушбу тадқиқот ишларида нефт шламларини қайта ишлаш ва утилизация қилиш жараёнини такомиллаштиришнинг назарий масалаларини ўрганиш соҳасидаги фундаментал тадқиқотлар ҳамда улардан сифатли маҳсулотларини олишда, техник олтингугурт ва бошқа ароматик модификаторлардан оқилона фойдаланишга тавсиялар берилган ва битум композициялари соҳасида муҳим илмий-амалий ютуқларга эришилган.

Ўзбекистонда ушбу соҳада Ахмедов К.С., Юсупов Ф.М., Аманова Н.Д., Тураев Х.Х., Бекназаров Х.С., Негматов С.С., Хамидов Б.Н., Адизов Б.З., Сайдахмедов Ш.М., Алимов А.А., Нарметова Г.Р., Жумаев Қ.К., Фозилов С.Ф. каби олимларимиз ўзларининг илмий тадқиқотларини олиб боришган. Республикамиз олимлари томонидан маҳаллий хомашёлар асосида полимер олтингугурт олиш, ушбу жараён учун мақбул модификаторлар танлаш, техник олтингугурт ва соапсток модификаторларидан оқилона фойдаланишга тавсиялар берилган ва битум композициялари соҳасида муҳим илмий-амалий тадқиқотлар олиб борилган.

Бундан ташқари, элементар техник олтингугуртни қайта ишлаш технологиясини ишлаб чиқиш, жараённинг мақбул режимларини назарий ва амалий асослаш ҳамда олинган полимер олтингугурт асосида олтингугуртли битум боғловчилар ишлаб чиқиш ва уни қурилиш ва йўл битуми сифатида қўллаш бўйича илмий ва амалий ишлар муҳим ҳисобланади.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Умумий ва ноорганик кимё институти илмий тадқиқот ишларига мувофиқ № КТ/1-21 “Олтингугуртли битум ва олтингугуртли бетон олиш технологиясини ишлаб чиқиш” хўжалик шартномаси доирасида амалга оширилган.

Тадқиқотнинг мақсади техник олтингугурт асосида полимер олтингугурт ва полимер олтингугуртли-битумли боғловчи олиш технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

элементар олтингугуртни модификациялаш орқали полимер олтингугурт олиш мақсадида турли хил модификаторларнинг таъсирини ўрганиш;

танланган модификатор иштирокида полимер олтингугурт синтези жараёнида модификатор миқдори, ҳарорат ва реакция давомийлиги каби омилларнинг таъсирини ўрганиш ҳамда жараённинг оптимал шароитларини тадқиқ қилиш.

синтез қилинган полимер олтингугурт намуналарининг физик-кимёвий ҳамда механик хоссаларини тадқиқ қилиш;

синтез қилинган полимер олтингугурт асосида олтингугуртли битум олиш технологиясини ишлаб чиқиш ва технологик жараёнга таъсир этувчи асосий омилларни ўрганиш;

яратиладиган боғловчи асосида асфальтобетон қоришмасини тайёрлаш ва унинг физик-механик хоссаларини ўрганиш;

олинган натижалар асосида тажриба-синов ишларини амалга ошириш, шу жумладан, полимер олтингугуртни саноат миқёсида ишлаб чиқариш учун илмий-техник ҳужжат (технологик регламент) ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида Муборак ГҚИЗ да ишлаб чиқарилган элементар олтингугурт, анилин, пропантриол, фенол, пиразин, қуйи молекулар полиэтилен, дикумил пероксид ҳамда полигум ПБВ 40, БНД 60/90 ва БНД 90/130 маркали битум намуналари олинган.

Тадқиқотнинг предмети Муборак ГҚИЗ да ишлаб чиқарилган элементар олтингугурт ва модификатор асосида полимер олтингугурт олиш ва у асосида олтигугурт-битумли боғловчи олиш технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертация ишида физик-кимёвий (термогравиметрия, ИҚ спектроскопия, масс спектроскопия, электрон микроскоп) ҳамда тажриба маълумотларини статистик қайта ишлаш усулларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгиллиги қуйидагилардан иборат:

олтингугурт, глицерин, ҚМПЭ ва дикумил пероксид аралашмасидан 100:3:1,5:0,1 масса нисбатда, 158-160°C ҳароратда ва 75 айл/дақиқа тезликда 150 дақиқа давомида аралаштириш орқали полимер олтингугурт олиниб, бунда дикумил пероксид таъсирида ҳосил бўлган фаол радикаллар глицерин дегидратланиши натижасида вужудга келган акролеин молекулалари ва олтингугурт ўртасидаги боғланишни фаоллаштириши ҳисобига реакция унуми 60% гача ошиши аниқланган;

БНД 60/90 маркали битумга 30% гача синтез қилинган полимер олтингугурт қўшилганда полимер олтингугуртнинг битум матрицасида тармоқланиб, термик жиҳатдан барқарор ва ковалент боғланган структура

ҳосил қилиши ҳисобига шар бўйича юмшаш ҳарорати 48°C дан 69°C гача кўтарилиши исботланган;

асфалтобетон қоришмасини тайёрлашда қўшиладиган полимер олтингугуртли битум миқдорини 6% дан 5,30% гача камайтирилганда, асфальтобетоннинг механик мустаҳкамлиги 0°C да 15,2 МПа, 20°C да 7 МПа, 50°C да 2,5 МПа гача кўтарилганлиги аниқланган;

полимер олтингугуртли битум боғловчиси гранит шағал минерал материални қоплаб олиш кўрсаткичи 74% дан 92% гача ошгани ва шиша тагликдаги ҳўлланишнинг чегаравий бурчаги 84 градусдан 61 градусга камайгани исботланган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

полимер олтингугуртли битум боғловчисини олиш технологияси яратилган;

элементар олтингугурт ва танланган модификатор иштирокида полимер олтингугурт олиш усули ишлаб чиқилган;

полимер олтингугуртли битум боғловчисини олиш технологияси бўйича технологик регламент ишлаб чиқилган;

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Кимёвий ва физик-кимёвий тадқиқотлар натижалари ишлаб чиқилган технологияларни sanoat ишлаб чиқариши шароитидаги қурилмаларда синовдан ўтказилганлиги билан тасдиқланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти унинг мамлакат иқтисоди учун муҳим бўлган маҳсулотлар - ишлатилган олтингугурт, анилин, пропантриол, фенол, пиразин, қуйи молекулар полиэтилен, дикумил пероксид ҳамда полигум ПБВ 40, БНД 60/90 ва БНД 90/130 маркали битум намуналаридан фойдаланиб полимер олтингугурт ва полимер олтингугуртли битум олиш учун илмий асос яратганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти Муборак ГҚИЗ да ишлаб чиқарилган элементар олтингугурт ва модификатор асосида полимер олтингугурт олиш ҳамда унинг иштирокида полимер олтингугурт битумли боғловчи олишнинг самарали технологиясини ишлаб чиқилганлиги, ишлаб чиқарилган технологиялар асосида тажриба намуналарини яратиш орқали sanoat ишлаб чиқаришга асос бўлиб ҳизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Муборак ГҚИЗ да ишлаб чиқарилган элементар олтингугурт асосида полимер олтингугуртли битум олиш технологиясини яратиш аниқлаш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

олтингугурт, глицерин, ҚМПЭ ва дикумил пероксид асосида олтингугурт-битумли полимер боғловчи олиш технологияси Муборак газни қайта ишлаш заводининг “2025-2026 йиллар амалиётга жорий этиш бўйича истиқболли ишланмалар рўйхати”га киритилган («Ўзбекнефтегаз» АЖнинг 2025 йил 30 майдаги 1-10/8-809-сонли маълумотномаси). Натижада, синтез

қилиб олинган полимер олтингугурт асосида импорт ўрнини босувчи маҳсулот олиш технологиясини ишлаб чиқиш имконини беради;

олинган полимер боғловчи асосида тайёрланган асфальт Яккабоғ тумани қарашли 4Н 274 йўлида 4-5 км масофага ётказилиб, амалиётга жорий этилган («Ўзбекнефтегаз» АЖнинг 2025 йил 30 майдаги 1-10/8-809-сонли маълумотномаси). Натижада, юқори мустаҳкамликка ва чидамлилиқка эга асфальт олиш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари 3 та халқаро ва 15 та республика илмий-амалий анжуманларда муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзусида умумий 23 та илмий иш нашр этилган, шулардан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациянинг асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 5 та мақола, жумладан 2 та хорижий ва 3 та республика илмий журналларда чоп этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш қисми, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ҳамда иловалардан иборат. Умумий ҳажми эса 113 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида ўтказилган тадқиқотларнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари, объекти ва предметлари тавсифланган, республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган. Тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиқ берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиш, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

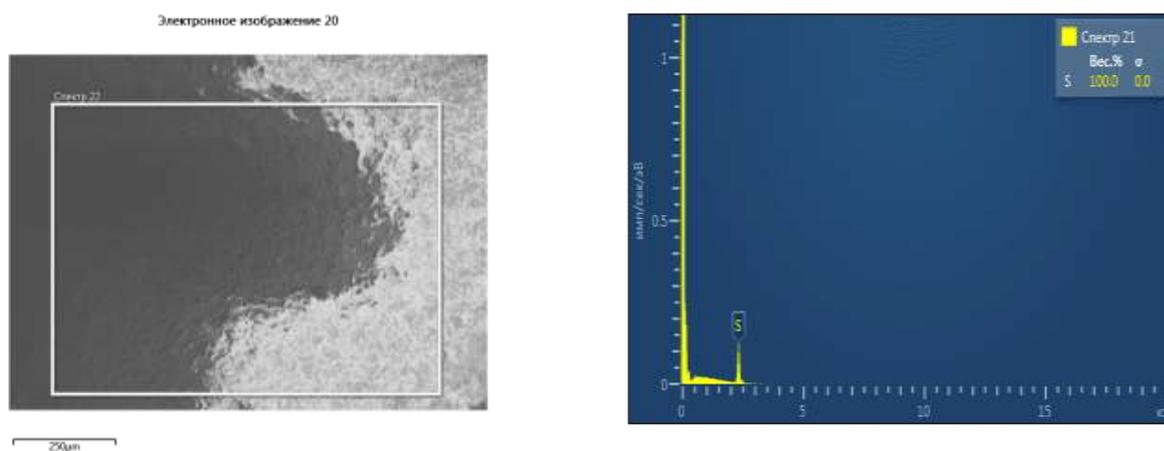
Диссертациянинг **«Техник олтингугурт, унинг хоссалари ва sanoatнинг турли соҳаларида қўлланилиши»** деб номланган биринчи бобида, олтингугуртнинг олиниши, хоссалари ва уни қурилишда қўлланиладиган соҳалари, полимер олтингугурт олишнинг кенг тарқалган усуллари, битумни модификациялашда қўлланиладиган полимерлар, олтингугуртнинг битум билан таъсирлашиш механизмлари, йўл битумларнинг адгезион ва когезион хусусиятлари, битум ва минерал материал ўртасидаги ҳўлланиш ҳодисаси ва сирт таранглик ҳақида батафсил ёритиб берилган. Адабиётлардаги маълумотларни таҳлил қилиш натижасида мазкур тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари ифодаланган.

Диссертациянинг **«Полимер олтингугуртли битум боғловчини олишда ишлатилган материаллар ва методлар»** деб номланган иккинчи бобида хомашёларнинг физик-кимёвий хусусиятлари, полимер олтингугурт олиш усули ва унинг хоссаларини аниқлаш, олтингугуртли битум олиш ва

унинг физик-кимёвий хоссаларини аниқлаш усуллари, олтингугурт-асфальтобетон олиш ва унинг хоссаларини тадқиқ қилиш, йўл битумнинг минерал материаллар билан боғловчилик мустаҳкамлигини аниқлаш методи бўйича маълумотлар, шунингдек, қўлланилган моддалар ва реактивларнинг тавсифи келтирилган.

Диссертациянинг «Маҳаллий хомашёлар асосида полимер олтингугурт олиш ва уни йўл битумига таъсирини тадқиқ қилиш» деб номланган учинчи бобида полимер олтингугурт олиш, полимер олтингугуртнинг хоссаларини тадқиқ қилиш, олтингугурт-битумли боғловчи олиш, мрамар, гранит ва шағал материалларга битумнинг адгезион хусусияти бўйича тадқиқотлар олиб борилган, полимер олтингугуртли боғловчининг адгезион хусусиятларини тадқиқ қилишда ҳўлланишнинг чегаравий бурчаги аниқланган, БНД 60/90 йўл битумига полимер олтингугуртни қўшиш натижасида олинган битум боғловчининг ИК-спектр таҳлиллари келтирилган.

Муборак газни қайта ишлаш заводи чиқиндиси ҳисобланган техник олтингугуртнинг тозалик даражасини аниқлаш мақсадида сканерловчи электрон микроскопда элемент анализи 1-расмда келтирилган.



1-расм. Олтингугуртнинг СЭМ натижалари

СЭМ натижаларига кўра Муборак газни қайта ишлаш заводининг техник олтингугурти тоза элементар олтингугуртдан иборат ҳамда полимер олтингугурт олишда қўллашга ярокли.

Полимер олтингугурт олишда термик усул ва модификаторлар таъсиридан фойдаланилди. Термик усулда полимер олтингугурт олиш учун техник олтингугурт 135 °С гача қизитилиб, суяқ ҳолатга келтирилади ва сўнг хона ҳароратидаги сувга солиб тезда совитиш жараёни амалга оширилади. Бу усулда олинган полимер олтингугурт узок вақт барқарор ҳолатда турмаганлиги сабабли полимерланиш жараёнига модификаторларнинг таъсирини ўрганилди. Дастлаб олтингугуртни анилин билан таъсири ўрганилди. Олтингугурт ва анилин ўртасидаги реакцияда моддалар 100:1,5 масса нисбатда олинди ва аралаштириб турган ҳолатда ҳарорат аста-секин 130 °С гача кўтарилди ҳамда ушбу шароитда 60 дақиқа

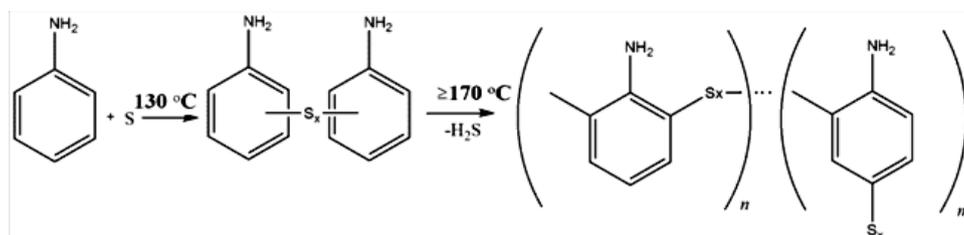
давомида реакция олиб борилди. Ушбу босқичда олтингугурт анилин молекуласи билан реакцияга киришиб, сульфид кўприклар орқали боғланган оралиқ маҳсулотлар ҳосил қилади. Иккинчи босқичда ҳарорат 170 °С гача кўтарилди ва реакция 60 дақиқа давомида давом эттирилди. Бу шароитда конденсатланиш реакцияси содир бўлиб, водород сулфида (H_2S) ажралади, бу эса полисульфид боғларининг шаклланишига олиб келади. Реакциядан сўнг система хона ҳароратигача совитилди. Анилин асосида олинган полимер олтингугуртнинг вақт ва ҳароратнинг таъсири қуйидаги 1-жадвалда келтирилган.

1-жадвал

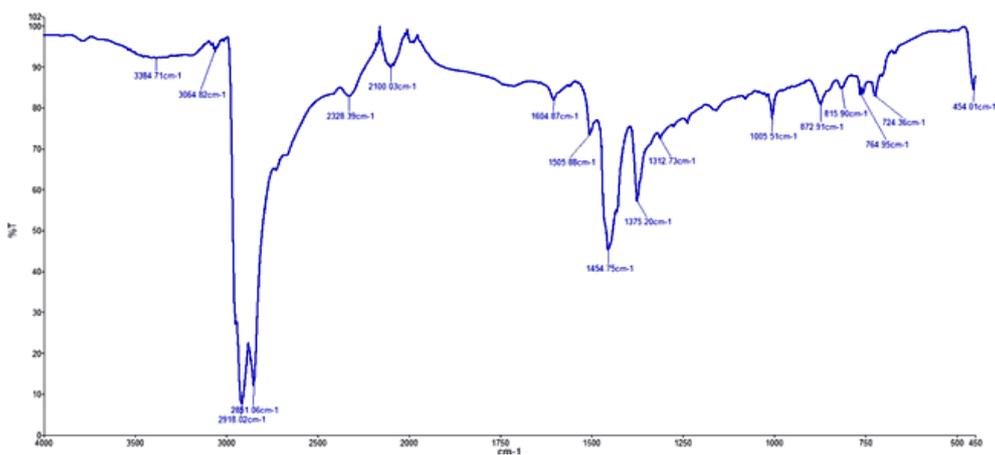
Полимер олтингугурт хоссаларига реакция вақти ва ҳароратининг таъсирини ўрганиш (модификатор-анилин)

Олтингугурт ва анилин (масса нисбат)	Вақт (мин)	Ҳарорат ($^{\circ}C$)	Реакция унуми
100:1,5	60	130	9
	90	150	11
	120	170	17
	180	180	15,9

Олтингугурт ва анилиннинг юқори ҳароратдаги реакциясини қуйидаги схема билан тушунтириш мумкин:



Олинган полимер олтингугуртнинг хоссалари физик-кимёвий тадқиқотлар ёрдамида ўрганилди. Олтингугурт ва анилиннинг ўзаро таъсири ИҚ спектроскопик усул ёрдамида ўрганилганда N-H гуруҳи (V_{\max} , cm^{-1} : 3384-3064) соҳаларда сезиларли ўзгаришлар кузатилди. Анилиннинг C-H чўзилиш пики (V_{\max} , cm^{-1} : 2918-2851), ароматик ҳалқанинг C=C боғлари (V_{\max} , cm^{-1} : 1604-1505), паст частотали пиклар 454.01 cm^{-1} : S-S боғларига мос келади. Қуйида келтирилган спектрдаги 454.01 cm^{-1} пик кўрсаткичи полимер олтингугуртнинг асосий характеристик пики сифатида хизмат қилади. Бу реакцияда S-S боғланишлар ҳосил бўлганлигини исботлайди. Бу пиклар 3384 cm^{-1} ва бошқа юқори частотали пиклар ароматик ҳалқа ва N-H гуруҳларининг сақланиб қолганлигини кўрсатади. Келтирилган спекторда 1505.88 cm^{-1} ва 1604.87 cm^{-1} ароматик ҳалқа сақланганлигини тасдиқлайди. Синтез қилинган полимер олтингугуртнинг ИҚ спектори 2-расмда кўрсатилган.



2-расм. Анилин асосида олинган полимер олтингугуртнинг ИҚ спектри

Олиб борилган изланишлар натижасида полимер олтингугурт ишлаб чиқаришда модификатор сифатида ҚМПЭ ва пропантриол танланган. Реакция техник олтингугурт ва инициатор (дикумил пероксид) ни 125-130 °С хароратда қиздириш билан бошланади ва 30 дақиқадан кейин ҚМПЭ ҳамда пропантриол солиб аралаштирилади. Система харорати аралаштиришни тўхтатмаган ҳолатда 160°С гача кўтарилади ва шу хароратни ўзгартирмасдан 120 дақиқа давомида аралаштирилади. Ҳарорат кўтарилгандан кейин бир неча дақиқа ичида сарикдан тўқ сарик-қизил ранга ўзгарди. Юқори хароратларда глицерин бир молекула сув ажратиб чиқариб акролеинни ҳосил қилади. Акролеин олтингугурт билан сополимерланиш реакциясига киришади. Полимерланиш жараёни давом этар экан, аралашма қизил, қовушқоқлиги юқори бўлган гомоген ҳолатга келади.

Олтингугуртни полимерлаш жараёни радикал механизм асосида боради бунда инициатор сифатида dikuмил пероксидидан фойдаланилди. Реакция қуйидаги кетма-кетликда боради:

1) Дикумил пероксидининг радикал ҳосил қилиш босқичи

Дикумил пероксиди 160 °С да икки молекула кумил радикалини ҳосил қилади:



Кейин бу радикал яна углерод-кислород боғини узиб, кумил радикали $C_6H_5C(CH_3)_2^*$ ва кислород радикали (*OR) ҳосил қилади. Ҳосил бўлган кумил радикали олтингугуртнинг циклик молекуласига ҳужм қилади.

2) Занжирни бошлаш босқичи



Бу реакцияда S_8 молекуласининг ҳалқаси очилиб, янги олтингугурт радикали ҳосил бўлади.

$C_6H_5C(CH_3)_2^* + CH_2=CH-CHO \rightarrow C_6H_5C(CH_3)_2-CH_2-CH^*-CHO$ (3) янги радикал ҳосил бўлиб занжирни давом эттиради.



4) Занжирнинг тугаш босқичи



Тажриба шароитида синтез қилинган полимер олтингугуртни миқдорий баҳолаш мақсадида олиб борилган таҳлиллар натижасига кўра, полимерланиш унуми 60% ни ташкил этгани аниқланди. Маълумки, ҳар қандай реакциянинг унуми реагентларнинг контакт юзасига ҳам боғлиқ бўлади. Демак, реакция унумига модификаторни реакция аралашма бўйлаб тенг тақсимланиши ҳам таъсир ўтказади. Шунинг учун реакция аралашмага модификаторларни қўшиш усули ҳам ўрганилди. Модификаторларни реакция аралашмага қўшишнинг уч хил усули кўриб чиқилди:

- модификаторларни қаттиқ олтингугурт билан аралаштириш ва ундан кейин реакция аралашмани 160°C гача қиздириб реакцияни бошлаш;

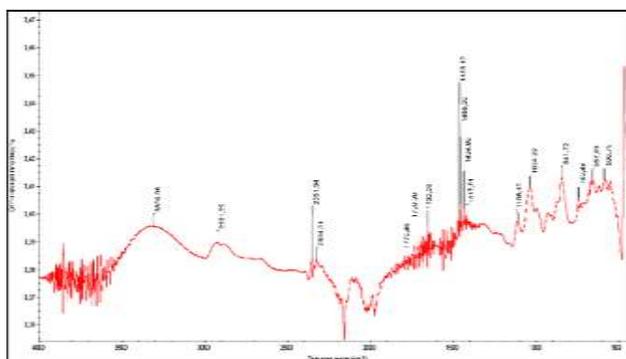
- элементар олтингугуртни 130°C га қиздириб суюқ ҳолатга келтириш ва қиздирилган аралашмага модификаторларни қўшиш ҳамда гомоген система ҳосил бўлгунга қадар аралаштириш. Гомоген система ҳосил бўлгач реакция аралашмани 160°C га қиздириш;

- Элементар олтингугуртни 160°C га қиздириш ва ундан кейин модификаторларни қўшиш.

Биринчи усулда модификаторларнинг реакция аралашмада тенг тарқалишини таъминлаш иккинчи усулга қараганда қийинроқ. Шунинг учун иккинчи усулда реакция унуми юқориқлигини кўриш мумкин. Учинчи усулда реакция унумининг камайиши, асосан, юқори ҳароратда модификаторларнинг бир қисми полимерланиш жараёнига тўлиқ киришмай, реакция аралашмадан чиқиб кетиши билан изоҳланади.

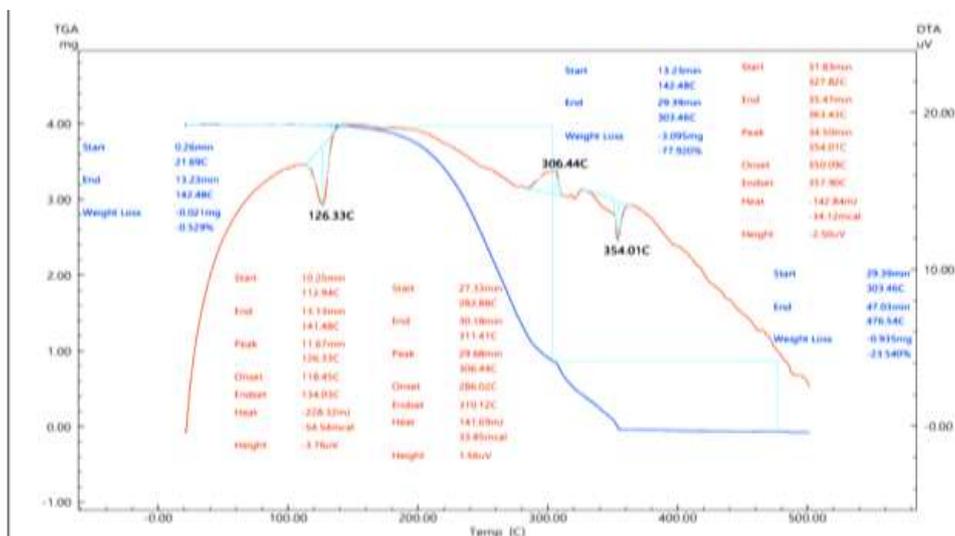
Олинган полимер олтингугуртнинг сифат таркибини аниқлаш мақсадида олтингугурт кукунининг ИҚ-спектрлари 3-расмда келтирилган.

Олинган инфрақизил спектрда ν_{ac} 900 cm^{-1} , ν_c 800 cm^{-1} , δ_{ac} 700-600 cm^{-1} и δ_c 500 cm^{-1} соҳалардаги ютилиш С-С боғлари борлигини билдиради. ν_{ac} 2351 cm^{-1} ν_c 2324 cm^{-1} δ_{ac} 1108 cm^{-1} δ_c 1034 cm^{-1} соҳалардаги ютилиш С-С боғларига ҳамда ν_{ac} 2351 cm^{-1} ν_c 2324 cm^{-1} δ_{ac} 1108 cm^{-1} δ_c 1034 cm^{-1} соҳалардаги ютилиш карбонил (C=O) гуруҳларига хос.



3-расм. Полимер олтингугуртнинг ИҚ-спектри

6-расмда олинган сополимернинг дериватограммаси тасвирланган бўлиб, у икки эгри чизикдан ташкил топган. Термогравиметрик таҳлил (ТГА, кўк рангли эгри чизик) учта асосий парчаланиш ҳарорати оралиғида ўтказилган: биринчи парчаланиш 21.69-142.48 °С, иккинчи парчаланиш 142.48-303.46 °С ва учинчи парчаланиш 303.46-476.54 °С ҳароратлар оралиғига тўғри келади.



6-расм полимер олтингуғуртнинг HD OT₂O маркали импорт аналоги Айтилишича, иккинчи парчаланиш оралиғида энг юқори парчаланиш тезлиги кузатилган ва шу даврда модданинг бошланғич массаси 77,92%га камайган.

2-жадвал

Синтез қилинган полимер олтингуғурт ва HDOT20 полимер олтингуғуртнинг физик-механик хусусиятлари

Синов кўрсаткичлар	Ўлчов бирлиги	Текшириш усули	Кўрсаткичлар номи		ISO 8332, ISO 8332, ASTM D4569, ISO 8332 кўрсаткичларига мослиги
			HDOT20	Полимер олтингуғурт	
Кислотага барқарорлик H ₂ SO ₄	%	ASTM D4569	≤0.05	0,024	Мос келди
Иссиққа барқарорлик 110°C	%	ISO 8332	≥72.00	83	Мос келди
Куллик даражаси	%	ASTM D4574	≤0.30	0,10	Мос келди

ҚМПЭ ва пропантриол иштирокида олинган полимер олтингуғуртнинг битум хоссаларига таъсирини ўрганиш мақсадида турли маркали ва сифат кўрсаткичлари бир-бирдан фарқ қиладиган битум намуналарига турли миқдорда полимер олтингуғурт қўшилди ҳамда уларнинг физик-кимёвий хоссалари тадқиқ қилинди.

3-жадвал

БНД 60/90 маркали (паст сифатли) битум асосида олинган олтингугурт-битумли боғловчи ва Полигум намуналарининг хоссалари

№	Кўрсаткичлар	Меёрий хужжат	“Полигум” ПБВ 40	Боғловчи таркибидаги олтингугурт миқдори, %				
				0	10	20	30	40
1	Шар бўйича юмшаш ҳарорати, 25°C	ASTM D6927	65	45	49	56	65	74
2	Чўзилувчан лик, см 25 °C	ASTM D4015 ASTM D36	20	60	52	47	41	32
3	Нинанинг ботиш чуқурлиги, 0,1 мм, 25 °C да	ASTM D1037 ASTM D36	40	65	60	53	42	28
4	Мўртлашиш ҳарорати, °C	ASTM D70 AASHTO T283	-18	-16	-16	-17	-18	-18

Ушбу битум айрим кўрсаткичлари бўйича ASTM D1074 талабига шар бўйича юмшаш ҳарорати кўрсаткичи жавоб бермаслиги кўриниб турибди (3-жадвал). Битумга полимер олтингугурт қўшилиши одатда унинг мустаҳкамлигини оширади. 3-жадвалдан кўришимиз мумкинки, олтингугурт миқдори ортиши билан олтингугуртли битумнинг юмшаш ҳарорати ортиб бормоқда. Мўртлашиш ҳарорати ҳам олтингугурт миқдори 30 % га етгунга қадар яхшиланиб борди, олтингугурт миқдори янада оширилиши эса аксинча таъсир қилганини кўриш мумкин. Битумнинг чўзилувчанлик 30 % олтингугурт қўшилганда сезиларли даражада ортди, лекин олтингугурт миқдори 30 % дан ошиши билан кескин туша бошлади. Умуман олганда ушбу битум учун олтингугуртнинг оптимал миқдорини 30 % деб ҳисоблаш мумкин.

4-жадвал

БНД 60/90 маркали (сифатли) битум асосида олинган олтингугурт-битумли боғловчи ва Полигум намуналарининг хоссалари

№	Кўрсаткичлар	Синов усули	“Поли-гум” ПБВ 40	Боғловчи таркибидаги олтингугурт миқдори, %				
				0	10	20	30	40
1	Шар бўйича юмшаш ҳарорати, 25°C	ASTM D6927	65	48	54	60	69	77
2	Чўзилувчан лик, см 25 °C	ASTM D4015 ASTM D36	20	80	67	53	45	34
3	Нинанинг ботиш чуқурлиги, 0,1 мм, 25 °C да	ASTM D1037 ASTM D36	40	82	73	65	49	30
4	Мўртлашиш ҳарорати, °C	ASTM D70 AASHTO T283	-18	-17	-17	-18	-18	-19

Сифатли битумга олтингугурт қўшилганда ҳам битум хоссалари юқоридаги каби ўзгарди: мўртлашиш ҳарорати дастлаб ўзгармади кейин ортди, юмшаш ҳарорати ортиб борди, чўзилувчанлик ва нинанинг ботиш чуқурлиги камайиб борди. Аммо ушбу битумга 30 % гача олтингугурт

қўшиш унинг хоссаларини “Полигум” ПБВ 40 талаби даражасида сақлаб қолиш учун етарли эканлигини 4-жадвалда кўриш мумкин.

5-жадвал

БНД 90/130 маркали битум асосида олинган олтингурут-битумли боғловчи ва Полигум намунасининг хоссалари

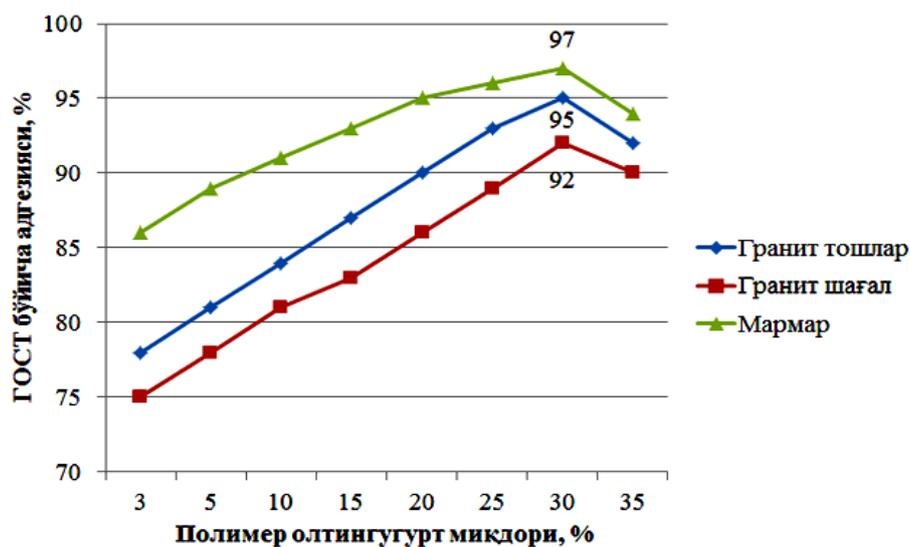
№	Кўрсаткичлар	Синов усули	“Полигум” ПБВ 40	Боғловчи таркибидаги олтингурут миқдори, %				
				0	10	20	30	40
1	Шар бўйича юмшаш ҳарорати, 25°C	ASTM D6927	65	44	48	57	64	73
2	Чўзилувчанлик, см 25 °C	ASTM D4015 ASTM D36	20	68	63	52	41	33
3	Нинанинг ботиш чуқурлиги, 0,1 мм, 25 °C да	ASTM D1037 ASTM D36	40	114	103	87	70	59
4	Мўртлашиш ҳарорати, °C	ASTM D70 AASHTO T283	-18	-17	-17	-17	-18	-18

Олинган полимер олтингурутли битумнинг экологик хавфсизлигини баҳолаш мақсадида, у қиздирилганда атмосферага ажралиб чиқадиган зарарли газлар - водород сульфид (H_2S) ва олтингурут диоксиди (SO_2) концентрациялари ўрганилди. Газлар концентрациясини аниқлаш учун махсус лаборатория шароитида полимер олтингурутли битум қиздирилди ва чиқарилаётган газлар ҳаво намунасида газанализатор орқали таҳлил қилинди. Тадқиқот натижаларига кўра, водород сульфиднинг ҳаводаги концентрацияси 0,008 ppm ни ташкил қилди, бу эса мавжуд давлат санитар нормалари (ДСТ) бўйича белгиланган 0,008 ppm меъёрига тўғри келади. Шунингдек, олтингурут диоксиди концентрацияси 0,1 ppm эканлиги аниқланиб, ДСТ бўйича белгиланган 0,5 ppm чегарадан сезиларли даражада кам эканлиги кузатилди. Ушбу натижалар полимер олтингурутли битум ишлаб чиқариш ва унинг қўлланилиши жараёнида қиздириш натижасида чиқадиган зарарли газлар миқдори давлат талаблари доирасида эканлигини кўрсатмоқда ва унинг экологик хавфсизлиги жиҳатдан мақбул эканлигини тасдиқлайди.

БНД 90/130 маркали битумга полимер олтингурут қўшилиши мўртлашиш ҳарорати, чўзилувчанлик каби хоссаларнинг яхшиланишига, нинанинг ботиш чуқурлиги, шар бўйича юмшаш ҳарорати кўрсаткичлари каби хоссаларнинг пасайганлига кузатилди. 5-жадвалдаги натижаларга асосан БНД 90/130 маркали битумга 40 % гача полимер олтингурут қўшиш фойдали деб ҳисоблаш мумкин.

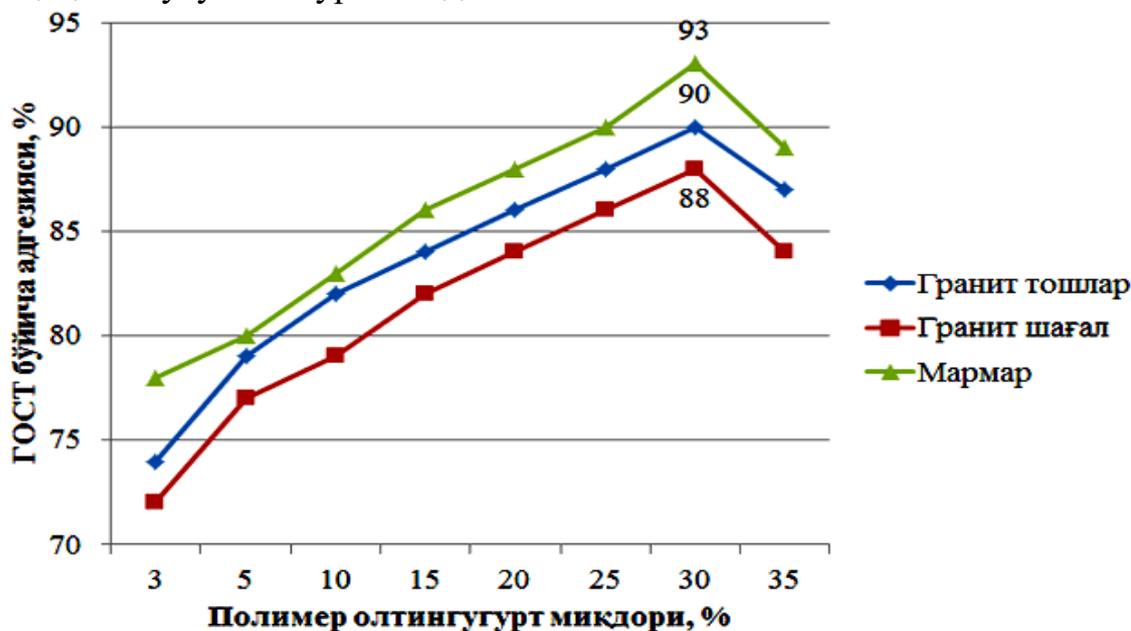
Минерал материалларга БНД-60/90 битумнинг ва полимер олтингурут асосида олинган боғловчиларнинг ёпишқоқлик хусусиятини ўрганилди. БНД 60/90 маркали битумга полимер олтингурут қўшилганда унинг адгезион хусусияти ўзгариши 7-расмда акс эттирилган. Қуйидаги натижалар кузатилган: Полимер олтингурут миқдори 3 % дан бошлаб 30 % гача оширилганда, ASTM D946 стандарти бўйича БНД 60/90 битумининг адгезион қиймати 74 % дан 92 % га ошган. Бу ҳолат полимер олтингурут битумнинг

ёпишқоқлик хусусиятини яхшилаиди, қатрон ва асфальтен моддаларнинг миқдори кўпайгани билан изоҳланади.



7-расм. БНД 60/90 йўл битуми таркибига полимер олтингурутнинг 3, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 % миқдорларда қўшиш натижасида минерал материаллар билан адгезияси

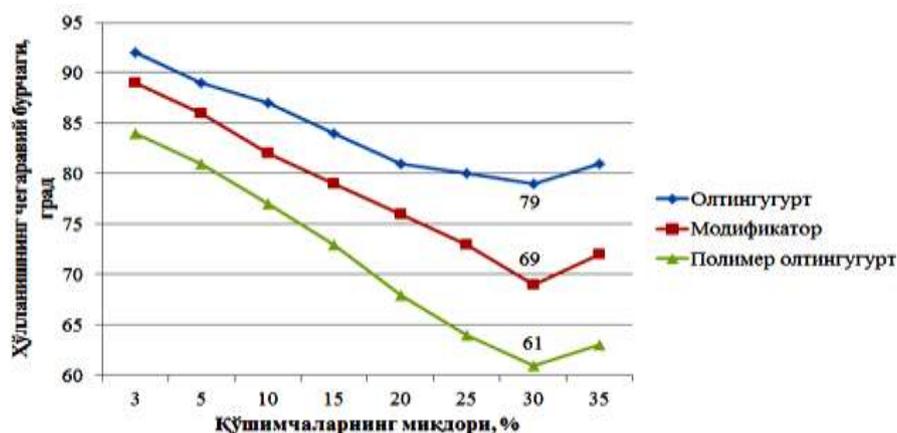
Бироқ, БНД 60/90 битум таркибига 35% полимер олтингурут қўшилганда қовушқоқлик даражаси ошиши натижасида битумда икки хил дисперс қатлам ҳосил бўлган ва шу сабабли унинг ASTM D946 бўйича адгезион хусусияти пасайган. Минерал материалларга БНД-90/130 битумнинг ва полимер олтингурут асосида олинган боғловчиларнинг ёпишқоқлик хусусияти ўрганилди.



8-расм. БНД 90/130 йўл битуми таркибига полимер олтингурутнинг 3, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 % миқдорларда қўшиш натижасида минерал материаллар билан адгезияси

БНД 90/130 маркали битум таркибига полимер олтингурут қўшилганда унинг адгезион хусусияти ўзгариб кетишини 8-расмда кўриш мумкин. Шунда

3% дан бошлаб 30% гача полимер олтингугуртни қўшганда ASTM D946 бўйича адгезияси ошиб кетиши кузатилди. Ушбу жараённинг боришига асосий сабаби шундаки БНД 90/130 маркали битумнинг таркибидаги мой, қатрон ва асфальтенларнинг миқдори ўзгариб боради, яъни кимёвий жараёнга таянган ҳолда полимер олтингугуртни ушбу битумга 30% гача қўшганда унинг таркибидаги қатрон ва асфальтенларнинг миқдори ошиб кетиши кузатилган, аммо 35% полимер олтингугуртни қўшганда реакцияга киришмаган қаттиқ қуйқа ҳосил бўлган ва у ўз навбатда адгезион хусусиятга салбий таъсир қилиши кузатилган.

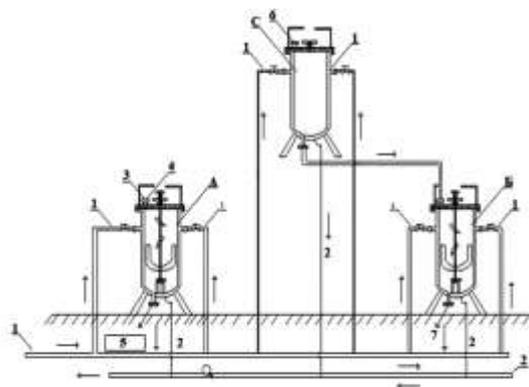


9-расм. Олтингугурт, модификаторлар ва полимер олтингугурт таъсирида шиша юзасида БНД 60/90 битумининг ҳўлланиш чегаравий бурчаги ўзгариши.

Махсус оптик асбоби ёрдамида шиша тагликларда синтез қилиб олинган полимер олтингугурт билан модификацияланган стандарт БНД 60/90 йўл битумининг ҳўлланишнинг чегаравий бурчаги аниқланди. Шиша таглик юзаси сиртида 40-60°C ҳароратда 2-2,5 мм диаметри модификацияланган йўл битум томчиси томизилгандан сўнг, компьютер ёрдамида экранда катталаштирилади ва транспортёр ёрдамида чегаравий бурчаги аниқланади.

9-расмда келтирилган график боғлиқликлардан кўринганидек ва ҳўлланиш назариясига таянган ҳолда сирт фаол моддалар сифатида олинган полимер олтингугурт тайёр БНД 60/90 битумга 3% дан 30% гача қўшиш натижасида ҳўлланиш хусусиятларининг яхшиланишига, яъни бурчагининг пасайишига олиб келиши кузатилди. Шунда шиша тагликда полимер олтингугуртли битум боғловчисининг ҳўлланишнинг чегаравий бурчаги 84 градусдан 61 градусга камайгани аниқланди. Аммо тайёр БНД 60/90 битумга 35% полимер олтингугурт қўшганда эса ҳўлланишнинг чегаравий бурчагини катталанишига олиб келиши кузатилди. Бундай ҳолатни бўлишига сабаб полимер олтингугуртли битум боғловчининг гидрофиллик хусусияти пасайиб бориши кузатилди.

Синтез қилинган полимер олтингугурт ва БНД 60/90, БНД 90/130 битумлари асосида модификацияланган битумлар олинди (10-расм).



10-расм. Полимер олтингугуртли битум олиш технологик схемаси: А- полимер олтингугурт ишлаб чиқариш, Б – олтингугуртли битум реактори, С-битум 1-буғ кириши, 2-буғ чиқиши, 3-техник олтингугурт, 4 – модификатор, 5-совутиш ваннаси, 6 - битум, 7-олтингугуртли битум.

Полимер олтингугурт ҳамда олтингугурт-битумли боғловчи намуналари юқоридаги схема асосида қурилган ярим-саноат ускунасида кичик миқдорларда ишлаб чиқарилди, намуналарнинг физик-механик таҳлиллари олиб борилди ҳамда тадқиқот ишлари давом эттирилди.

ХУЛОСА

1. БНД 90/130 маркали битум таркибига 30% миқдорда синтез қилиб олинган полимер олтингугуртни қўшиш натижасида битум боғловчининг қаттиқ сирт юзада ҳосил қилган хўлланишнинг чегаравий бурчаги 89 градусдан 65 градусга камайгани аниқланди.;

2. БНД 90/130 маркали битумига 30% миқдорда синтез қилиб олинган полимер олтингугуртни қўшиш натижасида олинган битум боғловчиси минерал материалларнинг юза сирти билан адгезион хусусиятини баҳолаганда гранит тошчани қоплаш олиш бўйича 69% дан 90% гача ошгани, гранит шағал бўйича 67% дан 88% гача ошгани ва мрамар бўйича 70% дан 93% гача ошгани аниқланди.

3. БНД 60/90 маркали битумига 30% миқдорда синтез қилиб олинган полимер олтингугуртни қўшиш натижасида олинган битум боғловчиси минерал материалларнинг юза сирти билан адгезион хусусиятини баҳолаганда гранит тошчани қоплаб олиш бўйича 76% дан 95% гача ошгани, гранит шағал бўйича 74% дан 92% гача ошгани ва мрамар бўйича 78% дан 97% гача ошгани аниқланди.

4. Синтез қилинган полимер олтингугурт ва HDOT20 полимер олтингугурт намуналари ўртасидаги физик-механик хусусиятлар таҳлил қилинди ва таққосланди;

5. Олтингугуртли битум қиздирилганда, унинг таркибидан олтингугурт (IV) - оксиди (SO_2) ва водород сулфиди (H_2S) газлари ажралиши кузатилди. Ушбу газларнинг битумни қиздириш жараёнида ҳавога тарқалиши натижасида уларнинг ҳаводаги концентрацияси аниқланди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc 02/30.12.2019.К/Т.35.01 ПРИ ИНСТИТУТЕ
ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ**

ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

ХУРСАНДОВ БОБОМУРОД ШУХРАТОВИЧ

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ
ИМПОРТОЗАМЕЩАЮЩЕЙ ПРОДУКЦИИ НА ОСНОВЕ СЕРЫ**

02.00.11 – Коллоидная и мембранная химия

АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)

Ташкент–2025

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за номером B2025.3.PhD/T5805.

Докторская диссертация выполнена в Институте общей и неорганической химии. Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещён на веб-странице по адресу www.iopx.uz и Информационно-образовательном портале «Ziyouet» по адресу www.ziyouet.uz

Научный руководитель

Юсупов Фарход Махкамович
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Абдикамалова Азиза Бахтиёрвна
доктор химических наук, профессор

Қодиров Ҳасан Эргашевич
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация:

Ферганский государственный технический университет

Защита диссертации состоится «10» октября 2025 года в 10⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.02/30.12.2019.K/T.35.01 при Институте общей и неорганической химии (Адрес: 100170, Ташкент, Мирзо Улугбек, 77-а тел.: (+99871) 262-56-60, факс: (+99871) 262-76-90, e-mail: iopxanguz@nuu.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Института общей и неорганической химии (Зарегистрировано №14). Адрес: 100170, Ташкент, ул. Мирзо - Улугбека, 77-а тел.: (+99871) 262-56-60, факс: (+99871) 262-76-90.

Автореферат диссертации разослан «26» сентября 2025 года.
(реестр протокола рассылки №14 от «26» сентября 2025 года.



Б.С. Закиров
Председатель научного совета
по присуждению ученых степеней, д.х.н., проф.

Д.С. Салиханова
Ученый секретарь научного совета по
присуждению ученых степеней, д.т.н., проф.

И.Д. Эшметов
Председатель Научного семинара
при научном совете по присуждению
ученых степеней, д.т.н., проф.

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации (PhD) доктора философии)

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире в таких отраслях, как автодорожное строительство, мостостроение, строительство, машиностроение, нефтегазовая и энергетическая промышленность, широко применяются битум и различные полимерно-битумные композиции в качестве вяжущих материалов, гидроизоляционных мембран, мастик и антикоррозионных покрытий. Вместе с тем, большое значение имеет разработка технологий получения композиций со специальными свойствами и создание эффективных модификаторов с целью повышения устойчивости полимерно-битумных композиций к химическим и механическим воздействиям, улучшения их физических, химических, коллоидных и технологических свойств, а также продления срока их службы.

В мире ведутся научные исследования по получению новых, недорогих и качественных полимер-сернистых битумных композиций с участием различных модификаторов, особенно отходов, таких как техническая сера. В этом направлении особое внимание уделяется разработке эффективных и продуктивных технологий, выявлению факторов, влияющих на физико-химические, коллоидные и технологические свойства данных композиций, а также поиску способов управления этими факторами. Кроме того, исследуются инновационные пути получения полимерной серы, определяются способы повышения её химической и механической стойкости, а также влияние таких свойств, как молекулярная масса и вязкость, на физико-механические характеристики асфальтобетонных композиций.

В Республике достигнуты научные и практические результаты по созданию полимерной серы и полимерно-серно-битумных вяжущих материалов для применения в различных отраслях промышленности за счёт эффективного использования вторичных и добавочных компонентов, получаемых из местного сырья, а также по улучшению их физико-механических свойств и совершенствованию технологических процессов их производства. В Стратегии развития Нового Узбекистана определены важные задачи по «дальнейшему развитию потенциала отечественных отраслей промышленности с полным использованием имеющихся возможностей, внедрению стандартов, отвечающих требованиям внешнего рынка и международным нормам». В связи с этим особое внимание уделяется получению серобитумных вяжущих, используемых в дорожном асфальте, путем синтеза полимерной серы на основе местного вторичного сырья и ее добавления в битум.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указах Президента Республики Узбекистан № УП-158 от 11 сентября 2023 года «О стратегии Узбекистан-2030», № УП-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы», № УП-169 от 12 октября 2023 года «О дополнительных мерах по ускоренному развитию промышленности и ее базовых отраслей», № ПП-4477 от 4 октября 2019 года «Об утверждении Стратегии перехода Республики Узбекистан к «зеленой» экономике на

период 2019-2030 годов», а также в других нормативно-правовых документах, относящихся к данной сфере деятельности.

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

Степень изученности проблемы. В научно-технических источниках процесс получения полимерной серы и полисульфидов, получение модификаторов, их применение, физико-химические, механические свойства, термодинамические и кинетические характеристики изучались в мире такими учеными, как Воробьев А.Е., Тчаро Х., Воробьев К.А., Капустин В.М., Рудин М.Г., Кукес С.Г. и другими. В этих исследовательских работах даны рекомендации по фундаментальным исследованиям в области изучения теоретических вопросов совершенствования процесса переработки и утилизации нефтяных шламов, а также рациональному использованию технической серы и других ароматических модификаторов при получении из них качественных продуктов, и достигнуты важные научно-практические результаты в области битумных композиций.

В Узбекистане в данной области проводили свои научные исследования такие ученые, как Ахмедов К.С., Юсупов Ф.М., Аманова Н.Д., Тураев Х.Х., Бекназаров Х.С., Негматов С.С., Хамидов Б.Н., Адизов Б.З., Сайдахмедов Ш.М., Алимов А.А., Нарметова Г.Р., Жумаев К.К., Фозилов С.Ф. Учеными нашей республики были даны рекомендации по получению полимерной серы на основе местного сырья, выбору оптимальных модификаторов для этого процесса, рациональному использованию модификаторов технической серы и соапстока, а также проведены важные научно-практические исследования в области битумных композиций.

Кроме того, важными считаются научные и практические работы по разработке технологии переработки элементарной технической серы, теоретическому и практическому обоснованию оптимальных режимов процесса, а также разработке серных битумных вяжущих на основе полученной полимерной серы и их применению в качестве строительного и дорожного битума.

Связь диссертационного исследования с тематическим планом научно-исследовательских работ. Диссертационное исследование выполнено в соответствии с научно-исследовательскими работами Института общей и неорганической химии в рамках хозяйственного договора No КТ/1-21 "Разработка технологии получения серосодержащего битума и серобетона."

Целью исследования является разработка технологии получения полимерной серы и полимерного серно-битумного вяжущего на основе технической серы.

Задачи исследования:

изучение влияния различных модификаторов с целью получения полимерной серы путем модификации элементарной серы;

исследование влияния таких факторов, как количество модификатора, температура и продолжительность реакции в процессе синтеза полимерной серы в присутствии выбранного модификатора, а также определение оптимальных условий процесса;

исследование физико-химических и механических свойств синтезированных образцов полимерной серы;

разработка технологии получения серосодержащего битума на основе синтезированной полимерной серы и изучение основных факторов, влияющих на технологический процесс;

приготовление асфальтобетонной смеси на основе разрабатываемого вяжущего и изучение ее физико-механических свойств;

проведение на основе полученных результатов опытно-экспериментальных работ, в том числе разработка научно-технической документации (технологического регламента) для промышленного производства полимерной серы.

Объектом исследования являются образцы элементарной серы, анилина, пропантриола, фенола, пиразина, низкомолекулярного полиэтилена, пероксида дикумила, а также битума полигуа марок PBV 40, BND 60/90 и BND 90/130 производства Мубарекского ГПЗ.

Предметом исследования является получение полимерной серы на основе элементарной серы и модификатора, производимых на Мубарекском ГПЗ, и разработка технологии получения серно-битумного вяжущего на ее основе.

Методы исследования. В диссертационной работе использованы физико-химические методы (термогравиметрия, ИК-спектроскопия, масс-спектроскопия, электронная микроскопия), а также методы статистической обработки экспериментальных данных.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

Получена полимерная сера путем смешивания смеси серы, глицерина, НМПЭ и пероксида дикумила в массовом соотношении 100:3:1,5:0,1, при температуре 158-160°C и скорости 75 об/мин в течение 150 минут, при этом установлено, что выход реакции увеличивается до 60% за счет активации связи между молекулами акролеина, образующимися в результате дегидратации глицерина, и серой под действием активных радикалов, образующихся под влиянием пероксида дикумила;

Доказано, что при добавлении до 30% синтезированной полимерной серы к битуму марки БНД 60/90 температура размягчения по шару повышается с 48°C до 69°C за счет разветвления полимерной серы в битумной матрице и образования термически стабильной и ковалентно связанной структуры;

Установлено, что при снижении количества полимерного серосодержащего битума, добавляемого при приготовлении асфальтобетонной смеси, с 6% до 5,30%, механическая прочность асфальтобетона увеличивается до 15,2 МПа при 0°С, 7 МПа при 20°С и 2,5 МПа при 50°С;

доказано, что показатель покрытия гранитного щебня полимерным серобитумным вяжущим увеличился с 74% до 92%, а предельный угол смачивания на стеклянной подложке уменьшился с 84 градусов до 61 градуса.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

Разработана технология получения полимерсерного битумного вяжущего;

Разработан способ получения полимерной серы с использованием элементарной серы и выбранного модификатора;

Разработан технологический регламент по технологии получения полимерсерного битумного вяжущего;

Достоверность результатов исследования. Результаты химических и физико-химических исследований подтверждаются испытаниями разработанных технологий на установках в условиях промышленного производства.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования объясняется тем, что оно создало научную основу для получения полимерной серы и полимерного сернистого битума с использованием важных для экономики страны продуктов - отработанной серы, анилина, пропантриола, фенола, пиразина, низкомолекулярного полиэтилена, пероксида дикумила и образцов битума марок полигум PBV 40, BND 60/90 и BND 90/130.

Практическая значимость результатов исследования заключается в разработке эффективной технологии получения полимерной серы на основе элементарной серы и модификатора, произведенных на Мубарекском ГПЗ, а также получения полимерного сернистого битумного вяжущего с её участием, что служит основой для промышленного производства путем создания опытных образцов на базе разработанных технологий.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных научных результатов по разработке технологии получения полимерного серосодержащего битума на основе элементарной серы, произведенной на Мубарекском ГПЗ:

технология получения серобитумного полимерного вяжущего на основе серы, глицерина, НМПЭ и пероксида дикумила включена в перечень перспективных разработок, которые будут внедрены на Мубарекском газоперерабатывающем заводе в 2025-2026 гг. (справка АО «Узбекнефтегаз» No 1-10/8-809 от 30 мая 2025 г.). В результате это позволило разработать

технологии получения импортозамещающей продукции на основе синтезированной полимерной серы.

Асфальт, приготовленный на основе полученного полимерного вяжущего, был уложен на участке протяженностью 4-5 км дороги 4Н 274, относящейся к Яккабагскому району, и внедрен в практику. (Согласно справке АО «Узбекнефтегаз» No 1-10/8-809 от 30 мая 2025 г.). В результате удалось получить асфальтовое покрытие с высокой прочностью и долговечностью.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования были обсуждены на 3 международных и 15 республиканских научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликовано всего 23 научные работы, из них 5 статей в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций, в том числе 2 в зарубежных и 3 в республиканских научных журналах.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Общий объем составляет 116 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и необходимость проведенного исследования, охарактеризованы цель и задачи, объект и предмет исследования, показано соответствие приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Изложены научная новизна и практические результаты исследования, раскрыта научная и практическая значимость полученных результатов, приведены сведения о внедрении результатов исследования в практику, опубликованных работах и структуре диссертации.

В первой главе диссертации, озаглавленной "**Техническая сера, ее свойства и применение в различных отраслях промышленности**", подробно освещены вопросы получения серы, ее свойства и области применения в строительстве, распространенные методы получения полимерной серы, полимеры, используемые для модификации битума, механизмы взаимодействия серы с битумом, адгезионные и когезионные свойства дорожных битумов, явление смачивания между битумом и минеральным материалом, а также поверхностное натяжение. На основе анализа литературных данных сформулированы цель и задачи данного исследования.

Во второй главе диссертации, озаглавленной "**Материалы и методы, использованные при получении полимерного серосодержащего битумного вяжущего**", приведены сведения о физико-химических свойствах сырья, способе получения полимерной серы и определении ее характеристик, методах получения серосодержащего битума и определения

его физико-химических свойств, получении серо-асфальтобетона и исследовании его свойств, методике определения прочности сцепления дорожного битума с минеральными материалами, а также дано описание использованных веществ и реактивов.

В третьей главе диссертации "**Получение полимерной серы на основе местного сырья и исследование ее влияния на дорожный битум**" проведены исследования по получению полимерной серы, изучению свойств полимерной серы, получению серобитумного вяжущего, адгезионным свойствам битума к мрамору, граниту и гравийным материалам. При исследовании адгезионных свойств полимерного серного вяжущего определен краевой угол смачивания. Представлены результаты ИК-спектроскопического анализа битумного вяжущего, полученного путем добавления полимерной серы в дорожный битум марки БНД 60/90.

Элементный анализ на сканирующем электронном микроскопе для определения степени чистоты технической серы, являющейся отходом Мубарекского газоперерабатывающего завода, приведен на рисунке 1.

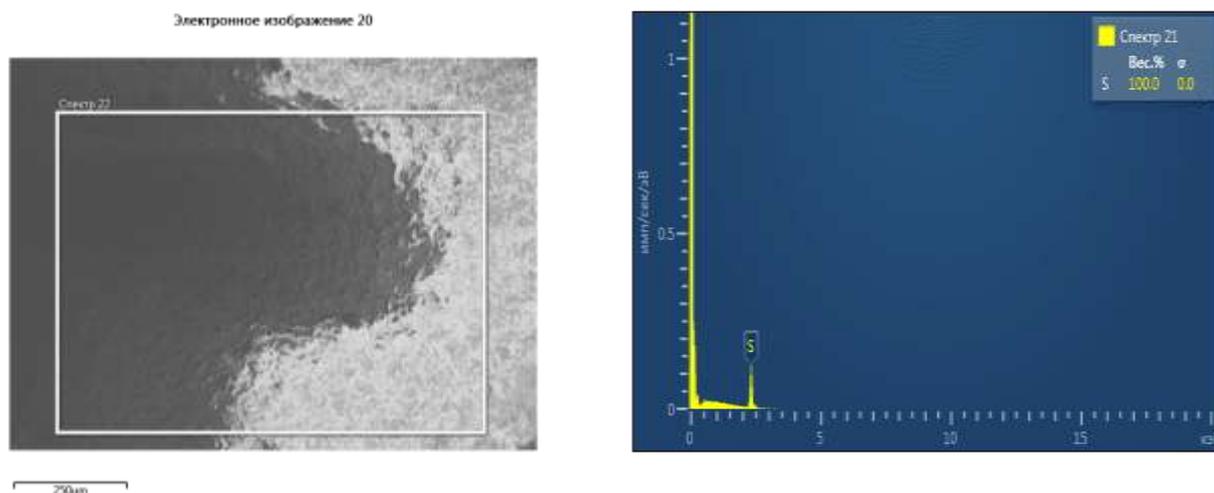


Рисунок 1. Результаты SEM серы

Согласно результатам, СЭМ, техническая сера Мубарекского газоперерабатывающего завода состоит из чистой элементарной серы и пригодна для использования в производстве полимерной серы.

При получении полимерной серы использовались термический метод и воздействие модификаторов. Для получения полимерной серы термическим методом техническую серу нагревают до 135°C, переводят в жидкое состояние, а затем быстро охлаждают в воде комнатной температуры. Поскольку полимерная сера, полученная этим методом, не сохраняла стабильное состояние длительное время, было изучено влияние модификаторов на процесс полимеризации. Сначала исследовалось взаимодействие серы с анилином. В реакции между серой и анилином вещества брались в массовом соотношении 100:1,5, и при перемешивании температура постепенно повышалась до 130°C, реакция проводилась в этих условиях в течение 60 минут. На этой стадии сера реагирует с молекулой анилина, образуя промежуточные продукты, связанные сульфидными

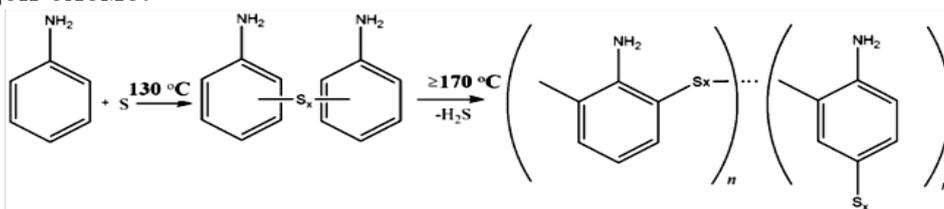
мостиками. На втором этапе температуру повышали до 170°C, и реакция продолжалась 60 минут. В этих условиях происходит реакция конденсации с выделением сероводорода (H₂S), что приводит к образованию полисульфидных связей. После реакции систему охлаждали до комнатной температуры. Влияние времени и температуры на полимерную серу, полученную на основе анилина, представлено в таблице 1 ниже.

Таблица 1

Исследование влияния времени реакции и температуры на свойства полимерной серы (модификатор - анилин)

Серa и анилин (массовое соотношение)	Время (мин)	Температура (°C)	Выход реакции
100:1,5	60	130	9
	90	150	11
	120	170	17
	180	180	15,9

Высокотемпературную реакцию серы и анилина можно объяснить по следующей схеме:



Свойства полученной полимерной серы были изучены с помощью физико-химических исследований. При изучении взаимодействия серы и анилина методом ИК-спектроскопии наблюдались значительные изменения в областях группы N-H (V_{max} , см⁻¹: 3384-3064).

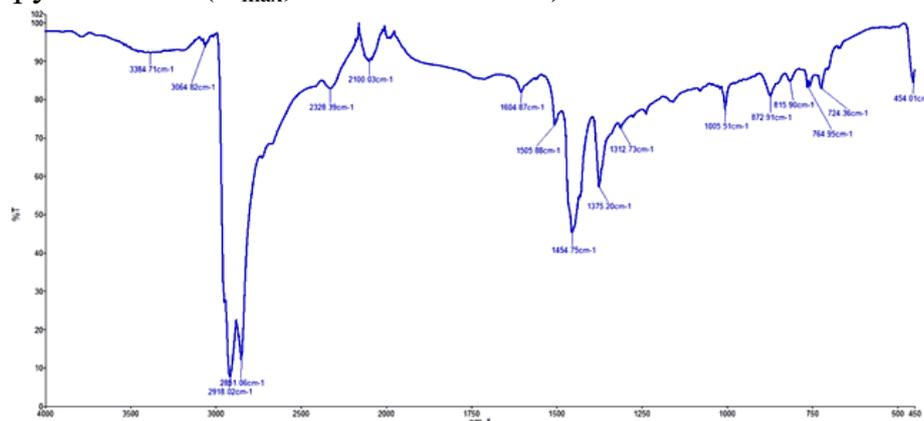


Рисунок 2. ИК-спектр полимерной серы на основе анилина

Пик растяжения C-H анилина (V_{max} , см⁻¹: 2918-2851), связи C=C ароматического кольца (V_{max} , см⁻¹: 1604-1505), низкочастотные пики 454.01 см⁻¹ соответствуют связям S-S. В приведенном ниже спектре пик 454.01 см⁻¹ служит основным характеристическим пиком полимерной серы. Это доказывает образование S-S связей в реакции. Пики 3384 см⁻¹ и другие высокочастотные пики указывают на сохранение ароматического кольца и N-H групп. В приведенном спектре пики 1505,88 см⁻¹ и 1604,87 см⁻¹

подтверждают сохранение ароматического кольца. ИК-спектр синтезированной полимерной серы представлен на рис. 2.

В результате проведенных исследований в качестве модификаторов при производстве полимерной серы были выбраны НМПЭ и пропантриол. Реакцию начинают нагреванием технической серы и инициатора (пероксид дикумила) при температуре 125-130°C, и через 30 минут добавляют НМПЭ и пропантриол, после чего перемешивают. Температура системы поднимается до 160°C при непрерывном перемешивании, и процесс продолжается в течение 120 минут без изменения этой температуры. После повышения температуры цвет смеси изменился с желтого на темно-оранжево-красный в течение нескольких минут. При высоких температурах глицерин выделяет одну молекулу воды, образуя акролеин. Акролеин вступает в реакцию сополимеризации с серой. По мере протекания процесса полимеризации смесь приобретает гомогенное состояние красного цвета с высокой вязкостью.

Процесс полимеризации серы протекает по радикальному механизму, при этом в качестве инициатора использовался пероксид дикумила. Реакция протекает в следующей последовательности:

1) Стадия образования радикалов пероксида дикумила

Пероксид дикумила при 160 °C образует две молекулы кумильного радикала: $(C_6H_5C(CH_3)_2O)_2 \rightarrow 2C_6H_5C(CH_3)_2O^*$ (1)

Затем этот радикал снова разрывает углерод-кислородную связь, образуя кумильный радикал $C_6H_5C(CH_3)_2$ и кислородный радикал (OR). Образовавшийся кумильный радикал атакует циклическую молекулу серы.

2) Стадия инициирования цепи



В этой реакции кольцо молекулы S_8 раскрывается, образуя новый радикал серы. $C_6H_5C(CH_3)_2 + CH_2=CH-CHO=C_6H_5C(CH_3)_2-CH_2-CH-CHO$ (3) образуется новый радикал, который продолжает цепь.

3) Стадия роста цепи $R-S + S_8 = R-S-S + S_7$ (4)

4) Завершающая стадия цепи



По результатам анализа, проведенного с целью количественной оценки полимерной серы, синтезированной в экспериментальных условиях, было установлено, что выход полимеризации составил 60%. Известно, что выход любой реакции также зависит от площади контактной поверхности реагентов. Следовательно, равномерное распределение модификатора по реакционной смеси также влияет на выход реакции. Поэтому был изучен способ добавления модификаторов в реакционную смесь. Были рассмотрены три метода добавления модификаторов в реакционную смесь:

- смешивание модификаторов с твердой серой и последующий нагрев реакционной смеси до 160 °C для начала реакции;

- нагревание элементарной серы до 130°C до жидкого состояния, добавление модификаторов в нагретую смесь и перемешивание до образования гомогенной системы. После образования гомогенной системы нагревание реакционной смеси до 160°C;

- Нагревание элементарной серы до 160 °C с последующим добавлением модификаторов.

При первом методе обеспечить равномерное распределение модификаторов в реакционной смеси сложнее, чем при втором методе. Поэтому при втором способе наблюдается более высокий выход реакции. При третьем методе снижение выхода реакции объясняется, главным образом, тем, что при высокой температуре часть модификаторов не полностью вступает в процесс полимеризации и выходит из реакционной смеси.

ИК-спектры порошка серы, приведенные на рисунке 3, используются для определения качественного состава полученной полимерной серы.

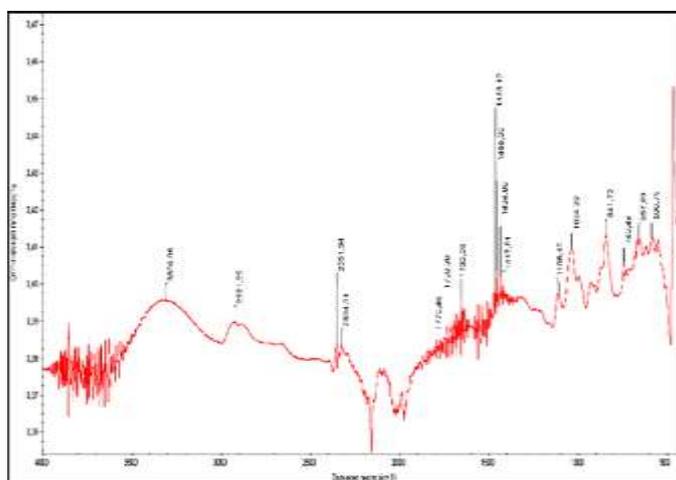


Рисунок 3. ИК-спектр полимерной серы

В полученном инфракрасном спектре поглощение в областях ν_{ac} 900 cm^{-1} , ν_s 800 cm^{-1} , δ_{ac} 700-600 cm^{-1} и δ_s 500 cm^{-1} указывает на наличие S-S связей. Поглощение в областях ν_{as} 2351 cm^{-1} , ν_s 2324 cm^{-1} , δ_{as} 1108 cm^{-1} , δ_s 1034 cm^{-1} характерно для C-S связей, а также для карбонильных (S=O) групп.

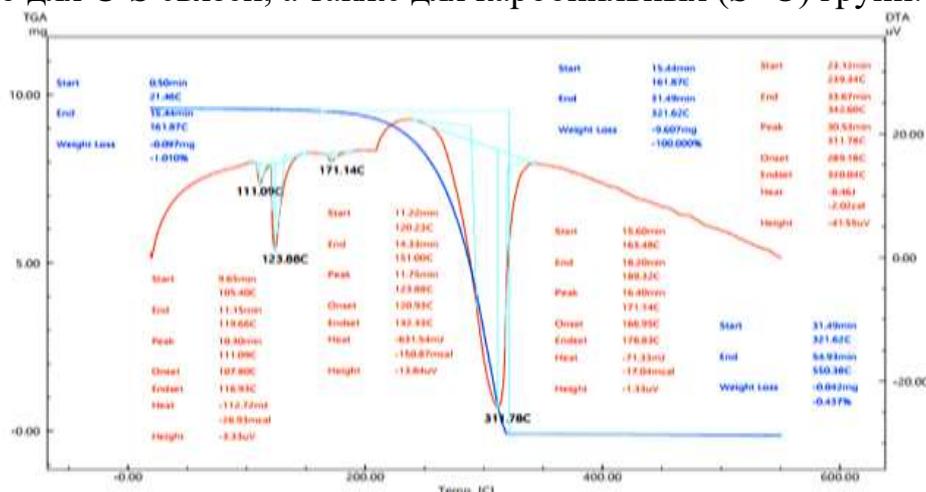


Рисунок 4. Дериватограмма образца серы

На рис. 4 представлена дериватограмма образца серы, которая состоит из двух кривых. Термогравиметрический анализ (ТГА, синяя кривая) проводился в диапазоне 3 основных температур разложения. Первое разложение наблюдалось в интервале 21,46-161,87 °С, второе разложение - 161,87-321,62 °С, а третье разложение - 321,62-550,38 °С. Известно, что наибольшая интенсивность разложения наблюдалась во втором интервале. В это время начальная масса вещества значительно уменьшилась от 100%.

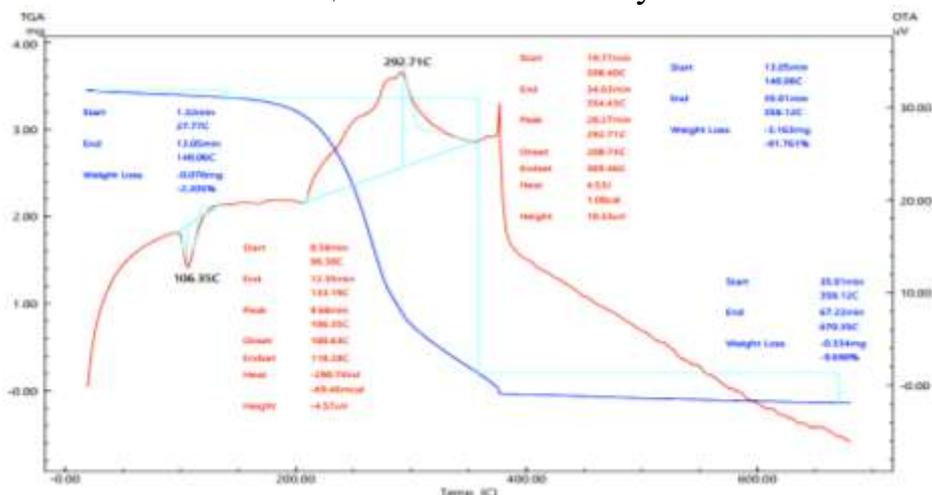


Рисунок 5. Дериватограмма модифицированного образца серы.

На рис. 5 представлена дериватограмма полученного сополимера, которая состоит из двух кривых. Термогравиметрический анализ (ТГА, синяя кривая) проводился в трех основных диапазонах температур разложения: первое разложение соответствует температурам в диапазоне 27,77-140,06 °С, второе разложение - 140,06-358,12 °С и третье разложение - 358,12-670,35 °С. Согласно анализу, наибольшая скорость разложения наблюдалась во втором интервале разложения, и в это время начальная масса вещества уменьшилась на 91,76%.

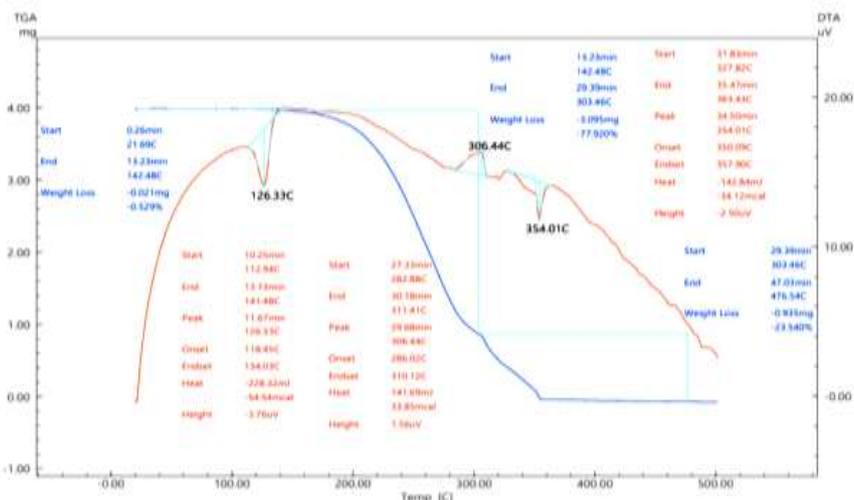


Рисунок 6. Дериватограмма модифицированного образца серы

На рис. 6 представлена дериватограмма полученного сополимера, которая состоит из двух кривых. Термогравиметрический анализ (ТГА, синяя кривая) проводился в трех основных температурных интервалах разложения: первое разложение соответствует интервалу температур 21,69-142,48°С,

второе разложение - 142,48-303,46°C и третье разложение - 303,46-476,54°C. Отмечается, что наибольшая скорость разложения наблюдалась во втором интервале разложения, и за этот период начальная масса вещества уменьшилась на 77,92%.

Таблица 2

Физико-механические свойства синтезированной полимерной серы и полимерной серы HDOT₂O

Тестовые показатели	Единица измерения	Нормативный документ	Наименование показателей		Соответствие показателям ISO 8332, ISO 8332, ASTM D4569, ISO 8332
			HDOT ₂ O	Полимерная сера	
Кислотостойкость H ₂ SO ₄	%	ASTM D4569	≤0.05	0,024	Совпадает
Термостойкость 110°C	%	ISO 8332	≥72.00	83	Совпадает
Степень золы	%	ASTM D4574	≤0.30	0,10	Совпадает

С целью изучения влияния полимерной серы, полученной в присутствии НМПЭ и пропантриола, на свойства битума, к образцам битума различных марок и качественных показателей добавляли разное количество полимерной серы и исследовали их физико-химические свойства.

Таблица 3

Свойства серно-битумного вяжущего и образцов Полигума, полученных на основе битума марки БНД 60/90 (низкого качества)

№	Показатели	Метод тестирования	“Полигум” ПБВ 40	Содержание серы в связующем, %				
				0	10	20	30	40
1	Температура размягчения по шару, 25°C	ASTM D6927	65	45	49	56	65	74
2	Растяжимость, см 25 °C	ASTM D4015 ASTM D36	20	60	52	47	41	32
3	Глубина проникновения иглы, 0,1 мм, при 25 °C	ASTM D1037 ASTM D36	40	65	60	53	42	28
4	Температура хрупкости, °C	ASTM D70 AASHTO T283	-18	-16	-16	-17	-18	-18

Видно, что данный битум по некоторым показателям не соответствует требованиям ASTM D1074, в частности по показателю температуры размягчения по шару (таблица 3). Добавление полимерной серы в битум обычно повышает его прочность. Как видно из таблицы 3, с увеличением

содержания серы температура размягчения серосодержащего битума повышается. Температура хрупкости также улучшалась до тех пор, пока содержание серы не достигло 30%, а дальнейшее увеличение содержания серы оказало противоположное влияние. Растяжимость битума значительно увеличилась при добавлении 30% серы, но резко снизилась при содержании серы более 30%. В целом оптимальное содержание серы для данного битума можно считать равным 30%.

Таблица 4

Свойства серно-битумного вяжущего и образцов Полигума, полученных на основе битума марки БНД 60/90 (качественного)

№	Показатели	Метод тестирования	“Поли-гум” ПБВ 40	Содержание серы в связующем, %				
				0	10	20	30	40
1	Температура размягчения по шару, 25°C	ASTM D6927	65	48	54	60	69	77
2	Растяжимость, см 25 °С	ASTM D4015 ASTM D36	20	80	67	53	45	34
3	Глубина проникновения иглы, 0,1 мм, при 25 °С	ASTM D1037 ASTM D36	40	82	73	65	49	30
4	Температура хрупкости, °С	ASTM D70 AASHTO T283	-18	-17	-17	-18	-18	-19

При добавлении серы к качественному битуму свойства битума изменились аналогичным образом: температура хрупкости первоначально не изменилась, затем увеличилась, температура размягчения повысилась, растяжимость и глубина проникновения иглы уменьшились. Однако, как видно из таблицы 4, добавление до 30% серы в этот битум достаточно для сохранения его свойств на уровне требований ПБВ 40 “Полигум”.

С целью оценки экологической безопасности полученного полимерного серосодержащего битума были изучены концентрации вредных газов - сероводорода (H_2S) и диоксида серы (SO_2), выделяющихся в атмосферу при его нагревании. Для определения концентрации газов полимерный серосодержащий битум нагревали в специальных лабораторных условиях, а выделяемые газы анализировали из пробы воздуха с помощью газоанализатора. Согласно результатам исследования, концентрация сероводорода в воздухе составила 0,008 ppm, что соответствует норме 0,008 ppm, установленной действующими государственными санитарными нормами (ГСН). Также было установлено, что концентрация диоксида серы составляет 0,1 ppm, что значительно ниже предела 0,5 ppm, установленного ГСН. Эти результаты показывают, что количество вредных газов, выделяющихся в результате нагрева в процессе производства и применения полимерного серосодержащего битума, находится в пределах государственных требований, что подтверждает его экологическую безопасность.

При добавлении полимерной серы в битум марки БНД 90/130 наблюдалось улучшение таких свойств, как температура хрупкости и растяжимость, а также снижение показателей глубины проникновения иглы и температуры размягчения по шару.

Таблица 5

Свойства серно-битумного вяжущего и образца Полигум, полученных на основе битума марки БНД 90/130

№	Показатели	Метод тестирования	“Полигум” ПБВ 40	Содержание серы в связующем, %				
				0	10	20	30	40
1	Температура размягчения по шару, 25°С	ASTM D6927	65	44	48	57	64	73
2	Растяжимость, см 25 °С	ASTM D4015 ASTM D36	20	68	63	52	41	33
3	Глубина проникновения иглы, 0,1 мм, при 25 °С	ASTM D1037 ASTM D36	40	114	103	87	70	59
4	Температура хрупкости, °С	ASTM D70 AASHTO T283	-18	-17	-17	-17	-18	-18

На основании результатов таблицы 5 можно считать целесообразным добавление до 40% полимерной серы в битум марки БНД 90/130.

Были изучены адгезионные свойства битума БНД-60/90 и вяжущих на основе полимерной серы к минеральным материалам.

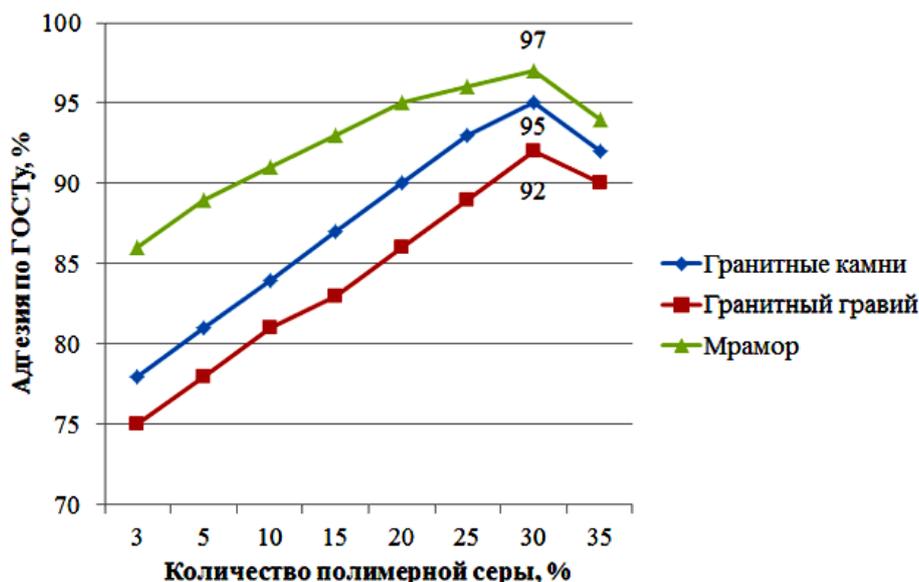


Рисунок 7. Адгезия с минеральными материалами в результате добавления полимерной серы в состав дорожного битума БНД 60/90 в количествах 3, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35%

Изменение адгезионных свойств битума марки БНД 60/90 при добавлении полимерной серы показано на рис. 7. Наблюдались следующие

результаты: при увеличении содержания полимерной серы с 3% до 30% адгезионная способность битума БНД 60/90 по стандарту ASTM D946 увеличилась с 74% до 92%. Это объясняется тем, что полимерная сера улучшает адгезионные свойства битума, а также увеличивается содержание смол и асфальтеновых веществ.

Однако при добавлении 35% полимерной серы в состав битума БНД 60/90 в результате увеличения степени вязкости в битуме образовались два различных дисперсных слоя, что привело к снижению его адгезионных свойств согласно ASTM D946. Были изучены адгезионные свойства битума БНД-90/130 и вяжущих на основе полимерной серы к минеральным материалам.

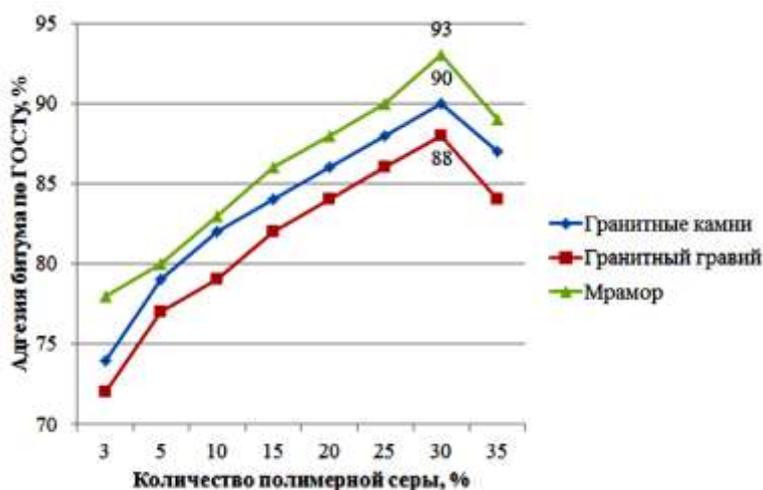


Рисунок 8. Адгезия с минеральными материалами в результате добавления в состав дорожного битума БНД 90/130 полимерной серы в количестве 3, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35%

На рисунке 8 можно наблюдать изменение адгезионных свойств битума марки БНД 90/130 при добавлении полимерной серы. При этом наблюдалось увеличение адгезии по ASTM D946 при добавлении от 3% до 30% полимерной серы. Основная причина этого процесса заключается в том, что количество масла, смолы и асфальтенов в битуме марки БНД 90/130 изменяется. То есть, при добавлении до 30% полимерной серы в этот битум, основываясь на химическом процессе, наблюдалось увеличение количества смол и асфальтенов в его составе. Однако при добавлении 35% полимерной серы образовался непрореагировавший твердый осадок, который, в свою очередь, отрицательно повлиял на адгезионные свойства.

С помощью специального оптического прибора был определён предельный угол смачивания стандартного дорожного битума БНД 60/90, модифицированного синтезированной полимерной серой, на стеклянных подложках. После нанесения капли модифицированного битума диаметром 2–2,5 мм на поверхность стеклянной подложки при температуре 40–60 °С, изображение увеличивается на экране с помощью компьютера, и с использованием транспортёра определяется предельный угол смачивания.

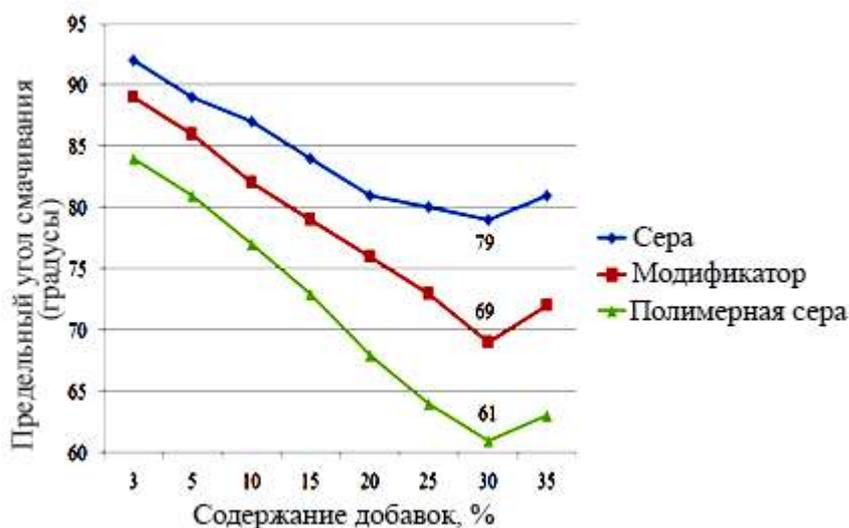


Рисунок 9. Адгезия дорожного битума БНД 90/130 с минеральными материалами при добавлении полимерной серы в количестве 3, 5, 10, 15, 20, 25, 30 и 35 %.

Как видно из зависимостей, представленных на рисунке 9, и опираясь на теорию смачивания, было установлено, что добавление к готовому битуму БНД 60/90 полимерной серы в количестве от 3 % до 30 % способствует улучшению смачивающих свойств, то есть снижению краевого угла. В частности, предельный угол смачивания битумного вяжущего с полимерной серой на стеклянной подложке уменьшился с 84° до 61°. Однако при добавлении 35 % полимерной серы в битум БНД 60/90 наблюдалось увеличение краевого угла смачивания. Это связано с тем, что при высоком содержании полимерной серы происходит снижение гидрофильности битумного вяжущего.

Получены модифицированные битумы на основе синтезированной полимерной серы и битумов БНД 60/90, БНД 90/130 (рис. 10).

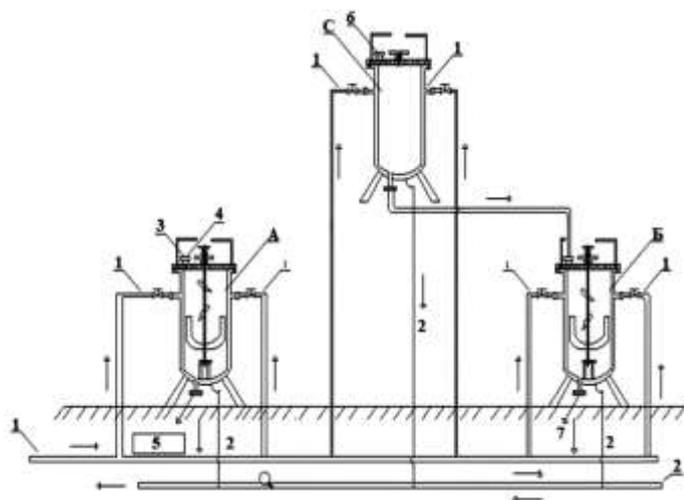


Рисунок 10. Технологическая схема получения полимерного серного битума: А - производство полимерной серы, Б - реактор серного битума, С - битум, 1 - вход пара, 2 - выход пара, 3 - техническая сера, 4 - модификатор, 5 - охлаждающая ванна, 6 - битум, 7 - серный битум.

Образцы полимерной серы и серно-битумного вяжущего были произведены в небольших количествах на полупромышленной установке, построенной по вышеуказанной схеме. Проведены физико-механические анализы образцов, и исследовательские работы были продолжены.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что в результате добавления 30% синтезированной полимерной серы в битум марки БНД 90/130 предельный угол смачивания, образуемый битумным вяжущим на твердой поверхности, уменьшился с 89 градусов до 65 градусов.

2. При оценке адгезионных свойств битумного вяжущего, полученного в результате добавления 30% синтезированной полимерной серы к битуму марки БНД 90/130, с поверхностью минеральных материалов установлено, что покрытие гранитного щебня увеличилось с 69% до 90%, гранитного гравия - с 67% до 88% и мрамора - с 70% до 93%.

3. При оценке адгезионных свойств битумного вяжущего, полученного в результате добавления 30% синтезированной полимерной серы к битуму марки БНД 60/90, с поверхностью минеральных материалов установлено, что покрытие гранитного щебня увеличилось с 76% до 95%, гранитного гравия - с 74% до 92%, а мрамора - с 78% до 97%.

4. Проанализированы и сравнены физико-механические свойства синтезированных образцов полимерной серы и полимерной серы HDOT2O.

5. При нагревании серосодержащего битума наблюдалось выделение из его состава газов диоксида серы (SO_2) и сероводорода (H_2S). В результате рассеивания этих газов в воздухе в процессе нагревания битума была определена их концентрация в воздухе.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING OF SCIENTIFIC DEGREE
DSc02/05.05.2023.K/T.35.01 AT INSTITUTE OF
GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY**

INSTITUTE OF GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY

KHURSANDOV BOBOMUROD SHUKHRATOVICH

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR OBTAINING IMPORT-
SUBSTITUTING PRODUCTS BASED ON SULFUR**

02.00.11 – Colloid and membrane chemistry

**DISSERTATION ABSTRACT FOR THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD)
TECHNICAL SCIENCES**

Tashkent–2025

The dissertation topic of the Doctor of Philosophy (PhD) is registered under the number B2025.3.PhD/T5805 in the Higher Attestation Commission under the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic Uzbekistan.

Dissertation was carried out at Fergana Polytechnic Institute.

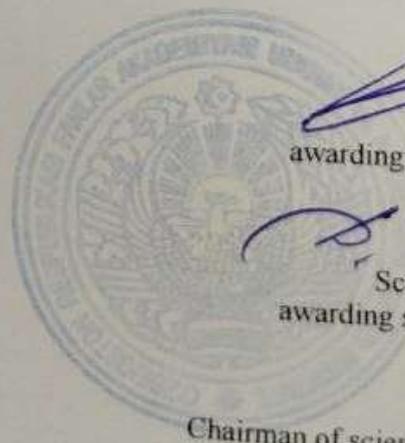
The abstract of the dissertation is posted in three languages (uzbek, russian, english (resume)) on the scientific website page of the Scientific Council www.ionx.uz and on the information of "Ziyonet" information and educational portal www.ziyonet.uz.

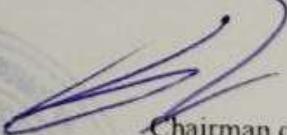
Research supervisors:	Yusupov Farkhod Makhkamovich doctor of technical sciences, professor
Official opponents:	Abdikamalova Aziza Bakhtiyarovna Doctor of chemical science, professor Kodirov Khasan Ergashevich Doctor of technical science, professor
Leading organization:	Fergana State Technical University

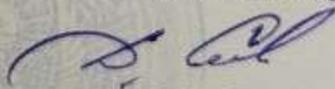
The defense will take place «10» october 2025 at 10⁰⁰ o'clock at the meeting on time scientific Council No.DSc.02/30.12.2019.K/T.35.01 at General and Inorganic Chemistry Institute (Address: 100170, Tashkent city, Mirzo Ulugbek District, Mirzo Ulugbek Street, 77-a, tel.: (99871) 262-56-60, Fax: (99871) 262-79-90, e-mail: ionxanruz@mail.ru).

The dissertation can be reviewed at the Information-resource Centre at the Institute of General and Inorganic Chemistry, (is registered under №14). (Address: 100170, Tashkent city, Mirzo Ulugbek street, 77-a, tel/fax: (99871) 262-56-60, (99871) 262-79-90).

Abstract of dissertation sent out on «26» September 2025 y.
(mailing report № 14 from «26» September, 2025 year).




B.S. Zakirov
Chairman of the scientific Council
awarding scientific degrees, doctor of chemical
sciences, professor


D.S. Salikhanova
Scientific secretary of scientific Council
awarding scientific degrees, doctor of technical
sciences, professor


I.D. Eshmetov
Chairman of scientific seminar at the scientific Council
on the award of scientific degree, doctor of technical
sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research is to develop a technology for obtaining polymer sulfur and polymer sulfur-bitumen binder based on technical sulfur.

The objects of the study include samples of elemental sulfur, aniline, propantriol, phenol, pyrazine, low molecular weight polyethylene, dicumyl peroxide, as well as polygum PBV 40, BND 60/90 and BND 90/130 grade bitumen produced at the Mubarek Gas Processing Plant.

The scientific novelty of the research consists of the following:

Polymeric sulfur was obtained by mixing a mixture of sulfur, glycerin, LDPE, and dicumyl peroxide at a mass ratio of 100:3:1.5:0.1, at a temperature of 158-160°C and a speed of 75 rpm for 150 minutes. It was found that the reaction yield increases up to 60% due to the activation of the bond between acrolein molecules (formed as a result of glycerin dehydration) and sulfur by the active radicals generated under the influence of dicumyl peroxide;

It has been demonstrated that when up to 30% of the synthesized polymeric sulfur is added to BND 60/90 grade bitumen, the softening point (as measured by the ball and ring method) increases from 48°C to 69°C. This is due to the branching of polymeric sulfur in the bitumen matrix, forming a thermally stable and covalently bonded structure.

When the amount of polymer-sulfur bitumen added in the preparation of asphalt concrete mixture was reduced from 6% to 5.30%, it was found that the mechanical strength of asphalt concrete increased to 15.2 MPa at 0°C, 7 MPa at 20°C, and 2.5 MPa at 50°C;

it has been proven that the coating indicator of polymer-sulfur bitumen binder on granite gravel mineral material increased from 74% to 92%, and the limiting wetting angle on the glass substrate decreased from 84 degrees to 61 degrees.

Implementation of the research results.

Based on the scientific results obtained in developing and determining the technology for producing polymer sulfur bitumen from elemental sulfur manufactured at the Mubarek Gas Processing Plant:

The technology for obtaining a sulfur-bitumen polymer binder based on sulfur, glycerin, HDPE, and dicumyl peroxide has been included in the «List of promising developments for implementation in 2025-2026» of the Mubarek Gas Processing Plant (reference No. 1-10/8-809 dated May 30, 2025, from JSC «Uzbekneftegaz»). As a result, this enables the development of a technology for producing import-substituting products based on the synthesized polymer sulfur;

Asphalt prepared using the obtained polymer binder has been laid for a distance of 4-5 km on the 4N 274 road in Yakkabog district and implemented in practice (reference No. 1-10/8-809 dated May 30, 2025, from JSC «Uzbekneftegaz»). Consequently, this has made it possible to produce asphalt with high strength and durability.

The structure and volume of the thesis.

The dissertation comprises an introductory section, four chapters, a conclusion, a list of references, and appendices. The total volume amounts to 113 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙЎХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Хурсандов Б.Ш., Юсупов Ф.М., Кучаров А.А. Приготовление экологически чистой серобетонной смеси на основе полимерной серы // Узбекский химический журнал . 2023, №3. С. 5-8. (02.00.00 №6)

2. Хурсандов Б.Ш., Кучаров А.А., Юсупов Ф.М. Исследование свойств сернистого битума, полученного на основе модифицированной полимерной серы // Universum: технические науки: г. Москва, 2022 г. - № спец.номер - С. 21-25. №12 (02.00.00 №1)

3. Хурсандов Б.Ш., Юсупов Ф.М., Кўчаров А.А., Байматова Г.А. Модификацияланган техник олтингугурт асосида олтингугуртли асфалт-бетон тайёрлаш // Фарғона Политехника Институту Илмий-техника журнали. 2023 г. №3. 16-21 б. (02.00.00 №17)

4. Хурсандов Б.Ш., Юсупов Ф.М., Кўчаров А.А. Сифатли ва сифатсиз битум асосида олинган олтингугуртли битум боғловчисининг физик-механик хоссаларини тадқиқ қилиш // Ўзбекистон Миллий Университети хабарлари, 2023. [3/1/1] 513-515 б. (02.00.00 №6)

5. Yusupov F.M, Yuldashov F.A, Xursandov B.Sh. The effect of polymer sulfur obtained from technical sulfur on bitumen adhesion // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences, No 1-2 ISSN 2310-5607. 2025. Pp. 58-62. (02.00.00 №2)

II бўлим (II часть; II part)

6. Yusupov F.M., Khursandov B.Sh. Working out the optimal conditions for obtaining import-substituting polymer sulfur for the oil and gas and rubber industry // Science and innovation international scientific journal. Volume 3 issue 10 October 2024. ISSN: 2181-3337 | scientists.uz Pp. 167-170.

7. Xursandov B.SH., Ko'charov A.A., Ekologik toza bitum olishda oltingugurt va bitunning maqbul nisbatlarini aniqlash texnologiyasining ilmiy tahlili // "Fan, ta'lim va ishlab chiqarish integratsiyasi asosida muhandislik-texnologiya sohasini rivojlantirish istiqbollari" mavzusidagi xalqaro talabalar anjumani noyabr, Termiz. 2022. 274-275 b.

8. Xursandov B.SH., Yusupov F.M., Ko'charov A.A., Texnik oltingugurt va akrolein monomerlarini sopolimerlanishidan olingan kompleks holatidagi polimerni termik tavsifi // "Koordinatsion birikmalar kimyosining hozirgi zamon muammolari" mavzusida xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya materiallari to'plami Buxoro. 2022. 364-365 b.

9. Хурсандов Б.Ш., Юсупов Ф.М., Бектурдиев Г.М., Халилов С.У. Обзор способов получения серобитума на основе органических полисульфидов и серы // Международная научно-техническая конференция «Инновационная деятельность в науке и образовании-ключевой фактор развития нефтегазовой отрасли». Ташкент. Ноябрь, 2022. С. 444-447.

10. Хурсандов Б.Ш., Кучаров А.А. Республикада олтингугуртли асфальтобетон қоришмасидан фойдаланишнинг долзарб муоммолари // «Орол бўйи ҳудудларида кимё ва кимёвий технология ривожланишининг ҳозирги замон тенденциялари» мавзусидаги Республика илмий-амалий конференция материаллари тўплами 2023 йил 13 март Нукус-2023 187-188 б.

11. Xursandov B.SH., Yusupov F.M., Kucharov A.A., Baymatova G.A., Achilov N. Study of changes in the physical and mechanical properties of sulfur asphalt concrete mixture based on polymer sulfur // International conference, ptlicispws-2 Scopus Web of Science indexed. May 2023. Pp. 1-11.

12. Xursandov B.SH., Yusupov F.M., Yodgorov N., Mamanazarov M.M. Polymer sulfur bitumen for industry, roads and building materials // Keynote for oral and technical presentation, recognition and appreciation of research contributions to ISCMSTIAI-2023: «2nd International Scientific Conference Modern Materials Science: Topical Issues, Achievements and Innovations» pp.1-4.

13. Xursandov B.SH., Yusupov F.M., Ko'charov A.A., Mamanazarov M.M. Results of physicochemical analysis of asphalt biton obtained using polymerized sulfur // International Scientific Symposium "DEMOCRACY AND NATIONAL UNITY" dedicated to the Martyrs of July 15th. 2023. Pp. 252-256.

14. Хурсандов Б.Ш., Юсупов Ф.М., Кучаров А.А. Олтингугуртли битум учун полимер олтингугурт боғловчиси // Республиканской научно-технической конференции «Прогрессивные технологии получения композиционных материалов на основе местного и вторичного сырья» 14-15 сентября 2023 г. С.141-143

15. Хурсандов Б.Ш., Юсупов Ф.М., Байматова Г.А. Техник олтингугурт анилин ва фенол модификаторлари асосида олинган сополимерни физик-механик хоссалари ўрганиш // «Янги Ўзбекистон фани ва таълимини ривожлантиришда ёшларнинг» мавзу доирасида «Фан ва техника келажагини шакиллантириш» 2023 йил 121-123 б.

16. Хурсандов Б.Ш., Юсупов Ф.М., Байматова Г.А. Техник олтингугурт ва ароматик модификаторлар асосида олинган полимерни физик-механик хоссаларини ўрганиш // Материалы Международной научно-технической конференции, Посвященной 90-летию со дня создания Института общей и неорганической химии Академии наук Республики Узбекистан и 80-летию со дня создания Академии наук Республики Узбекистан 16-17 ноября 2023 года С.115-117

17. Хурсандов Б.Ш., Юсупов Ф.М., Каримова З.Э., Ҳалилов С.У. Битумполисульфидные вяжущие для дорожных асфальтобетонов // «Инновационные технологии переработки минерального и техногенного сырья химической, металлургической, нефтехимической отраслей и производства строительных материалов» 12-14 мая 2022 года С.125-126

18. Хурсандов Б.Ш., Юсупов Ф.М. Сера и ее утилизация в качестве добавки в асфальтобетон // Биорганик кимё муоммолари (Академик О.С.Содиқов хотирасига бағишланган). Республика ёш кимёгарлар конференцияси материаллари. I қисм. Наманган - 2022 С.311-313

19. Xursandov B.SH., Yusupov F.M., Ko'charov A.A. Gazni qayta ishlash jarayonida chiqadigan texnik oltingugurt asosida polisulfid olish // «Mahalliyashtirishda innovatsion yondashuvlar» xalqaro konferentsiya materiallari. 2023. 138-140 b.

20. Хурсандов Б.Ш., Юсупов Ф.М., Каримова З.Э. Определение оптимального количества серы в составе серного битума // «Кимё ва кимёвий технология йўналишидаги долзарб муоммолар» мавзусидаги Республика анжуманининг материаллари тўплами. Тошкент 2021 йил 20-21 декабр. С.273-275

21. Хурсандов Б.Ш., Юсупов Ф.М., Шукуруллаев Б.А., Байматова Г.А. Олтингугурт битум олишда олтингугурт ва битумнинг оптимал масса нисбатларини аниқлаш // Кимё фанлари доктори, профессор Парпиев Нусрат Агзамович таваллудининг 90 йиллик хотирасига бағишланган «Комплекс бирикмалар кимёсининг долзарб муаммолари» мавзусидаги Республика илмий-амалий конференция материаллари тўплами 2021 йил 14-15 сентябрь С.405-407

22. Хурсандов Б.Ш., Юсупов Ф.М., Юлдашов Ф.А. Турли сохалар учун мўлжалланган юқори молекулар массали полимер олтингугурт олишни оптимал шароитини ишлаб чиқиш // Роль коллоидной химии в сфере нефтегазопереработки, химической технологии и экологии Материалы I-Международной научно-технической конференции, посвященной 110-летию со дня рождения академика К.С. Ахмедова 10-11 октября 2024 года. Ташкент. С.230-231

23. Хурсандов Б.Ш., Юсупов Ф.М., Юлдашов Ф.А. Разработка оптимальных условий получения высокомолекулярной полимерной серы, предназначенной для различных отраслей промышленности // Филиал российского государственного университета нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина в городе Ташкенте. АО «УЗБЕКНЕФТЕГАЗ» 14-15 октября Ташкент-2024. С.402-404

Автореферат «Ўзбекистон кимё журналы» таҳририятида таҳрирдан ўтказилиб, ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнлари ўзаро мувофиқлаштирилди.

Босмахона лицензияси:



9338

Бичими: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» гарнитураси.
Рақамли босма усулда босилди.
Шартли босма табағи: 2,5. Адади 100 дона. Буюртма № 29/25.

Гувоҳнома № 851684.
«Тирограф» МЧЖ босмахонасида чоп этилган.
Босмахона манзили: 100011, Тошкент ш., Беруний кўчаси, 83-уй.