

**НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР
УНИВЕРСИТЕТИ ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.17/7.06.2024.К/Т.06.03 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР
УНИВЕРСИТЕТИ**

ЖЎРАЕВ ШОҲРУХ ТЎЛҚИНОВИЧ

**РЕЗИНА САНОАТИ ВУЛКАНЛАНГАН ЧИҚИНДИЛАРИНИ ПАСТ ҲАРОРАТЛИ
ТЕРМИК ҚАЙТА ИШЛАШ АСОСИДА ИНГРЕДИЕНТЛАР ОЛИШ ВА ҚЎЛЛАШ
ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ**

02.00.14 – Органик моддалар ва улар асосидаги материаллар технологияси

**Техника фанлари доктори (DSc) диссертацияси
АВТОРЕФЕРАТИ**

Навоий -2025 йил

**Техника фанлари доктори (DSc) диссертацияси автореферати
мундарижаси**
**Оглавление автореферата диссертации доктора (DSc) по техническим
наукам**
Content of the dissertation abstract of doctor of (DSc) on technical science

Жўраев Шохрух Тўлкинович

Резина саноати вулканланган чиқиндиларини паст ҳароратли термик қайта ишлаш асосида ингредиентлар олиш ва қўллаш технологиялари.....3

Жураев Шохрух Тулкинович

Технология получения и использования ингредиентов на основе низкотемпературной термической переработки вулканизированных отходов резиновой промышленности.....27

Juraev Shohrux Tulkinovich

Technologies for the recovery and application of ingredients derived from low-temperature thermal treatment of vulcanized rubber waste.....53

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works.....57

**НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР
УНИВЕРСИТЕТИ ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.17/7.06.2024.К/Т.06.03 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР
УНИВЕРСИТЕТИ**

ЖЎРАЕВ ШОҲРУХ ТЎЛҚИНОВИЧ

**РЕЗИНА САНОАТИ ВУЛКАНЛАНГАН ЧИҚИНДИЛАРИНИ ПАСТ ҲАРОРАТЛИ
ТЕРМИК ҚАЙТА ИШЛАШ АСОСИДА ИНГРЕДИЕНТЛАР ОЛИШ ВА ҚЎЛЛАШ
ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ**

02.00.14 – Органик моддалар ва улар асосидаги материаллар технологияси

**Техника фанлари доктори (DSc) диссертацияси
АВТОРЕФЕРАТИ**

Навоий -2025 йил

Фан доктори (DSc) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Олий таълим, фан ва инновациялар вазирлиги ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида B2025.2.DSc/T934 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация иши Навоий давлат кончилик ва технологиялар университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида www.nsumt.uz ва «Ziyonet» ахборот-таълим порталида (www.ziyonet.uz) жойлаштирилган.

Илмий маслаҳатчи:

Мухиддинов Баходир Фахриддинович
кимё фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар

Амонов Мухтар Рахматович
техника фанлари доктори, профессор

Икромов Абдувахоб
техника фанлари доктори, профессор

Файзуллаев Нормурот Ибодуллаевич
техника фанлари доктори, профессор

Етакчи ташкилот:

Бухоро давлат техника университети

Диссертация ҳимояси Навоий давлат кончилик ва технологиялар университети ҳузуридаги DSc.17/7.06.2024.К/Т.06.03 рақамли Илмий кенгашнинг 2025-йил 6-сентябр соат 9:00 даги мажлисида бўлиб ўтади (Манзил:210100, Навоий шаҳри, Ғалаба шоҳ кўчаси, 76 в-уй. Навоий давлат кончилик ва технологиялар университетининг мажлислар зали. Тел.:0(436) 223-23-32; факс:0 (436) 223-49-66; (e-mail: info@nsumt.uz).

Диссертация билан Навоий давлат кончилик ва технологиялар университетининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (219 рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 210100, Навоий шаҳри, Ғалаба шоҳ кўчаси, 76в-уй. Навоий давлат кончилик ва технологиялар университетининг мажлислар зали. Тел.: 0 (436) 223-23-32; факс: 0 (436) 223-49-66; (e-mail: info@nsumt.uz).

Диссертация автореферати 2025-йил «21» август куни тарқатилди.

(2025 йил «21» августдаги 13 рақамли реестр баённомаси).



[Handwritten signature]

Нурмуродов Т.И.

Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш раиси в.в.б., т.ф.д., проф.

[Handwritten signature]

Шарипов С.Ш.

Илмий даражалар бериш бўйича
илмий кенгаш котиби, PhD, доцент

[Handwritten signature]

Ваповев Ҳ.М.

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

КИРИШ (Фан доктори диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда ишлатилган резинатехника буюмлари, автомобил шиналари ва резина саноати вулканланган чиқиндиларини қайта ишлаш технологиялари кенг қўлланилади. Шу билан бирга, уларни атроф-муҳитга зарарини камайтириш учун янги технологиялар, машина аппаратларини яратиш, олинган ингредиентларни физик-кимёвий хоссаларини ўрганиб стандартлаштириш, модификациялаш орқали уларнинг ишлатилиш жойларини ошириш, ҳар хил структурали полимерлар асосидаги композициялар технологик, реологик ва техник хоссаларига таъбири ўрганилиб ва ҳар хил шароитларда ишлатилувчи буюмлар олиш технологияларини, фаоллаштирилган кукунли ингредиентлар ёрдамида чиқинди сувларни тозалаш натижасида ҳосил бўлган сув таркиби мавжуд экологик ва санитария нормаларига мос келишини баҳолаш ва саноат чиқинди сувларини тозалаш технологиясини ишлаб чиқиш борасида илмий ишлар олиб бориш муҳим аҳамият касб этади.

Дунёда резина саноати вулканланган чиқиндилари ва эскирган буюмларини қайта ишлаш технологияларини такомиллаштириш, атроф-муҳитга чиқадиган газларнинг миқдорини камайтириш, қайта ишлаш усуллари ёрдамида олинаётган ингредиентларнинг саноатда ишлатилиш соҳаларини кенгайтириш ва чиқиндисиз технологияларни яратиш бўйича илмий изланишлар олиб борилмоқда. Бу борада, яратилган ингредиентларни синифлаш ва стандартлаштириш, ишлатилиш жойига қараб фаоллаштириш ва модификациялаш, ҳамда экологик нуқтаи-назардан афзалликларга эга бўлган углеводородли бирикмаларни ва композицияларни ишлаб чиқаришга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Республикамизда резина саноати вулканланган чиқиндиларини ва эскирган резинатехника буюмлари ва шиналарни қайта ишлашнинг оптимал вариантларини ва шу усуллар ёрдамида олинган ингредиентларнинг ишлатилиш соҳаларини аниқлаш ва кенгайтириш, натижада экологик муаммоларни яхшилаш бўйича илғор илмий асосланган чора-тадбирларни жорий қилиб, бир қатор илмий-амалий натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича “Ҳаракатлар стратегияси”да “маҳаллий хомашё ва иккиламчи ресурслардан импорт ўрнини босувчи маҳсулотлар олиш технологияларини яратиш”¹ вазифаси белгилаб берилган. Бу борада резина саноати вулканланган чиқиндилари ва эскирган буюмларини қайта ишлаш технологияларини такомиллаштириш, олинган ингредиентларни модификациялаб, улар асосида олинувчи полимер композицияларини технологик, техник ва специфик хоссаларини яхшилаш, уларни қўшиб берилган талабларга эга бўлган композиция таркибларини яратиш, кукунли углерод сақлаган материаллар асосида саноат оқова

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60- сон «2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида».

сувларини тозаловчи сорбентлар олиш бўйича илмий-тадқиқотлар олиб бориш муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60-сон “2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида”ги, 2021-йил 13-февралдаги ПҚ-4992-сон “Кимё саноати корхоналарини янада ислоҳ қилиш ва саноат корхоналарини молиявий соғломлаштиришни янада ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги, 2017 йил 11 февралдаги ПФ-2298-сон “Буюм ва материалларни маҳаллийлаштириш дастури тўғрисида”ги, 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Харакатлар стратегияси тўғрисида”ги ва 2017 йил 6 апрелдаги ПФ-4891-сон “Товарлар (ишлар, хизматлар) ҳажми ва таркибини танқидий таҳлил қилиш, импорт ўрнини босадиган ишлаб чиқаришни маҳаллийлаштиришни чуқурлаштириш тўғрисида” ги фармонлари ва 2017 йил 21 апрелдаги ПҚ-2916-сон “2017-2021 йилларда маиший чиқиндилар билан боғлиқ ишларни амалга ошириш тизимини тубдан такомиллаштириш ва ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида” ги қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа норматив-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика илм-фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мувофиқлиги. Мазкур тадқиқот Республика фан ва технологиялар ривожланишининг VII. “Кимё технологиялари ва нанотехнологиялар” устувор йўналишларига мувофиқ бажарилган.

Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотлар шарҳи.²

Резина саноати вулканланган чиқиндилари ва эскирган буюмларини қайта ишлаш технологияларини такомиллаштириш, олинган ингредиентларни модификациялаб, улар асосида олинувчи полимер композицияларини технологик, техник ва специфик хоссаларини яхшилаш, уларни қўшиб берилган талабларга эга бўлган композиция таркибларини яратиш, кукунли углерод сақлаган материаллар асосида саноат оқава сувларини тозаловчи сорбентлар олиш бўйича илмий изланишлар жаҳоннинг етакчи илмий марказлари ва олий таълим муассасаларида, жумладан: Fraunhofer Institute for Environmental Safety and Energy Technology (UMSICHT) (Германия), University of Akron (АҚШ), Loughborough University (Буюк Британия), Cinghua University (Хитой), Indian Institute of Technology (ИТ) Kharagpur (Индия), Indian Institute of Technology (ИТ) (Индия), University of New South Wales (UNSW) (Австралия), Королевский технологический институт (Швеция), Университет штата Нью-Йорк в Стони-Брук (США), Университет Цинхуа (Китай), Башкиртиястон давлат университети (Россия), Всероссийский научно-исследовательский институт кабельной промышленности (Россия),

² Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотлар шарҳи www.elsevier.com, www.issr.rssi.ru, www.cilbrary.com, www.edunews.ru, <https://scholar.google.com/>, www.fundamentalresearch.ru ва бошқа ахборот манбалар асосида тайёрланди.

Волгоградский государственный технический университет (Россия) Навоий давлат кончилиги ва технологиялар университетида, Тошкент давлат транспорт университети, Тошкент давлат техника университети, Миллий технологик тадқиқотлар университетида (Ўзбекистон) олиб борилмоқда.

Дунёда эластомер композициялари таркиби ва уларни яратиш технологиясини ишлаб чиқишга бўйича илмий тадқиқотлар олиб борилган ва қуйидаги илмий натижалар олинган, жумладан: модификацияланган, юқори структурали минерал тўлдирувчиларни олиш технологияси ишлаб чиқилган (Tokyo Institute of Technology, Япония); Сирт-фаол моддалар билан модификация қилинган тўлдирувчилардан фойдаланиш орқали эластомер композициялари таркиби ва уларни тайёрлаш жараёни такомиллаштирилган (California Institute of Technology, АҚШ); Углерод нанотрубкалари, графен ва нанокремний диоксиди қўшиш асосида эластомер композицияларининг механик мустаҳкамлиги ва чўзилишга чидамлилиги 30–40% га оширилган (Max Planck Institute for Polymer Research, Германия). Силикат ва алюмосиликат толалари асосида гибрид композициялар яратилган (Leibniz Institute for Polymer Research Dresden, Германия; University of Akron, АҚШ); Плазмали модификация ва радиацион вулканизация усули орқали эластомерлар олишнинг энергия тежамкор технологияси яратилган (Institute of Macromolecular Chemistry, Чехия); Сувда эрувчи биополимерлар билан биргаликда органик–неорганик наноқўшимчалар асосида биопарчаланувчи ва экологик хавфсиз эластомер композицияларини олиш технологияси яратилган (National Institute for Materials Science, Япония); Қайта тикланадиган органик хомашёлардан олинган “яшил эластомерлар” ишлаб чиқилган (Université de Lyon, Франция).

Дунёда резина саноати чиқиндиларини қайта ишлаш асосида қўйимча қийматли маҳсулотлар ишлаб чиқариш бўйича устовор йўналишларда қуйидаги қатор тадқиқотлар олиб борилмоқда, жумладан резина саноат чиқиндиларини қайта ишлашнинг экологик хавфсиз технологиясини яратиш, атроф-муҳитга зарарсиз экологик тоза маҳсулотлар ишлаб чиқариш, эластомер композицияларини механокимёвий фаоллаштириш, полимер композицияларни майдалаш, ишқалаш ва зарбли таъсир орқали наноқўшимчаларни бир турда тақсимланишини таъминлаб, композициянинг механик мустаҳкамлиги ва термостабиллигини ошириш, силикат ва алюмосиликатли толаларни полимер матрица билан бирлаштириб, гибрид эластомер композицияларини олиш; тиббий чиқиндилар ва чиқинди сувларни тозолаш учун турли эластомер композицияларни ишлаб чиқиш.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Резина саноати вулканланган чиқиндилари ва эскирган буюмларини қайта ишлаш, улардан олинадиган иккиламчи хом-ашёлардан унумли фойдаланиш бўйича қуйида номлари келтирилган олимлар: Х.Накамура, С.Джонс, В.Ли, Г.Кац, Ю.Краусс, А.Донцов, Б.А.Догадкин, А.А.Берлин, Ф.Ф.Кошелёв, А.Е.Корнев, А.М.Буканов, М.Л.Уральский, Б.Е.Гуль, Ю.Л.Липатов, А.М.Смирнова, Ю.С.Зуев, В.М.Гончаров, П.В.Ракова, Л.Б.Коварьская, А.Г.Шварц, Г.А.Сорокин,

Н.Д.Заҳаров, Г. А. Блок, Д. Н.Мак-Келъви, Ю.Ш.Шодиметов, С.С.Негматов, А.К.Юсупбеков, А.С.Ибадуллаев, Е.У.Тешабаева, Б.Ф.Муҳиддинов ва шу каби бошқа мутахассислар илмий тадқиқот ишларини олиб боришган.

Резина саноати вулканланган чиқиндилари ва эскирган буюмларини термик қайта ишлаш натижасида, саноатда иккиламчи маҳсулотлар учун ишлатиш мумкин бўлган хом-ашёлар ҳосил бўлади. Шундан келиб чиқиб, композицион эластомер материаллар ва улар асосида маҳсул хоссага эга бўлган резина-техника буюмлари олишда термик қайта ишлаш натижасида олинган маҳсулотларни иккиламчи хом-ашё сифатида ва юқори молекуляр бирикмалардан (резинотехника маҳсулотлари, резинотекстил, резинометалл материаллар ва шиналар) юқори мустаҳкамликка эга маҳсулотлар ишлаб чиқаришда қўллаш ўрганилган.

Резина саноати вулканланган чиқиндилари ва эскирган буюмларини термик қайта ишлаш учун яратилган чиқиндисиз ишлаб чиқариш комплексидан фойдаланиш натижасида олинган иккиламчи маҳсулотларни атроф-муҳитга чиқадиган зарарли газлар ажралиб чиқишини камайтириш ва иккиламчи резинотехника маҳсулотларидан ингредиентлар олиш ва ишлатиш соҳаларини аниқлаш истиқболли ҳисобланади.

Шу билан бирга композицион эластомер материаллар учун модификация қилинган тўлдиргичлар олиш қуйидаги босқичларни ўз ичига олади: яратилган ингредиентлар асосида модификация қилинган тўлдиргичлар олиш; маҳаллий хомашёлар асосида минерал тўлдиргичларни модификация қилиш учун модификаторлар яратиш; маҳаллий хомашёлар асосида модификаторлар олиш технологиясини яратиш; яратилган модификация қилинган тўлдиргичлар асосида маҳсул хоссага эга бўлган композиция таркиби, олиш технологиясини ва улардан буюмлар олишни тадқиқ қилиш.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Навоий давлат кончилиқ ва технологиялар университети илмий-тадқиқот ишлари режасига мувофиқ №05/2023-ПШ-сон “Чиқинди автошиналарини чиқиндисиз қайта ишлаш технологиясини яратиш” мавзусидаги хўжалиқ шартномаси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади эскирган автомобил шиналари, резинотехника буюмлари ва резина саноати иккиламчи хомашёларини паст ҳароратли қайта ишлаш пиролиз технологиясини ишлаб чиқиш ва улар асосида полимер композициялари учун ингредиентлар олишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

эскирган автомобил шиналари, резинотехника буюмлари, резина саноати иккиламчи хомашёларини қайта ишлашнинг экологик хавфсиз, ресурслар тежашни таъминлаш ва ҳозирги кунда маълум бўлган қайта ишлаш усулларида фойдаланишга тўсқинлик қилувчи асосий сабабларни аниқлаш;

паст ҳароратли пиролиз усулидан фойдаланган ҳолда автомобил шиналари, резинотехника буюмлари, резина саноати иккиламчи хомашёларини қайта ишлаш технологик жараёнининг экологик

хавфсизлигини, энергия самарадорлигини, ресурслар тежашни таъминлаш мақсадида кислородсиз муҳитда деструкция қилиш технологик жараён оптимал параметрларини аниқлаш;

олинган иккиламчи маҳсулотларнинг сифат ва миқдорий таркибларини аниқлаш, улар асосида композицион полимер материаллар таркибини берилган талабларга мувофиқ ишлаб чиқиш;

яратилган ингредиентларни ҳар хил структурали полимерлар асосидаги композициялар технологик, реологик ва техник хоссаларига таъсирини аниқлаш ва ҳар хил шароитларда ишлатилувчи буюмлар олиш технологияларини ишлаб чиқиш;

ҳар хил структурали эластомерлар асосидаги эскирган резинатехника буюмлари ва шиналарини пиролизи натижасида олинган фаоллаштирилган кукунли ингредиентлар ёрдамида чиқинди сувлардаги оғир металллар ва бошқа зарарли ифлослантувчи моддаларни ажратиш жараёнини аниқлаш;

термик парчалаш жараёнида турли ҳароратларда (600–800°C) олинган сорбентларнинг адсорбция қобилиятини таҳлил қилиш;

ҳароратнинг сорбентларнинг тузилиши ва ифлослантувчи моддаларни тозалаш самарадорлигига таъсири ўрганиш ва мақбул ҳарорат шароитлари сорбент таркибини аниқлаш;

чиқинди сувларни тозалаш натижасида ҳосил бўлган сув таркиби мавжуд экологик ва санитария нормаларига мос келишини баҳолаш ва саноат чиқинди сувларини тозалаш технологиясини ишлаб чиқиш;

Тадқиқотнинг объекти эскирган автомобил шиналари, резинатехника буюмлари ва резина саноати вулканланган иккиламчи хомашёлари ҳамда паст ҳароратли пиролиз натижасида олинган маҳсулотлар олинган.

Тадқиқотнинг предмети яратилган эскирган автомобил шиналари, резинатехника буюмлари ва резина саноати вулканланган иккиламчи хомашёлари асосидаги ингредиентлар ва уларни қўллаб олинган полимер композициялари ва буюмлар, адсорбентлар ҳисобланади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида инфракизил спектроскопия (ИКС), ЯМР спектроскопия, термогравиметрик, дифференциал-термик, термомеханик, деформацион ва стандарт таҳлил усуллари каби замонавий физик-кимёвий, технологик тадқиқот усулларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгиллиги қуйидагилардан иборат:

автомобил шиналари, резинатехника буюмлари ва резина саноати иккиламчи хомашёларини қайта ишлаш кислородсиз муҳитда паст ҳароратда деструкция қилиш пиролиз усули технологик жараёни яратилган;

олинган иккиламчи маҳсулотларнинг сифат ва миқдорий таркиблари ўрганилиб, улар асосида берилган талабларга мувофиқ композицион полимер материаллар таркиби ишлаб чиқилган;

ҳар хил структурали полимерлар асосидаги композициялар технологик, реологик ва техник хоссаларига яратилган ингредиентларни таъсири ўрганилиб ва ҳар хил шароитларда ишлатилувчи буюмлар олиш технологиялари ишлаб чиқилган;

хар хил структурали эластомерлар асосидаги эскирган резинатехника буюмлари ва шиналарини пиролизи натижасида олинган фаоллаштирилган кукунли ингредиентлар ёрдамида, чиқинди сувлардаги оғир металллар ва бошқа зарарли ифлослантирувчи моддаларни ажратиш жараёни асосланган;

пиролиз жараёнида турли ҳароратларда (600–800°C) олинган сорбентларнинг адсорбция қобилиятини аниқланиб, ҳароратнинг сорбентларнинг тузилиши ва ифлослантирувчи моддаларни тозалаш самарадорлигига таъсири ва мақбул ҳарорат шароитлари сорбент таркиби аниқланган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

хар хил структурали эластомерлар асосидаги эскирган резинатехника буюмлари ва шиналарини, паст ҳароратли пиролиз усули ёрдамида қайта ишлашнинг оптимал режимлари: ҳарорат 550 °C; чиқинди бўлақларининг ўлчами – 160 мм; вақт давомийлиги – 245 минут эканлиги аниқланган;

яратилган ингредиентлар асосидаги композициялар технологик, реологик ва техник хоссаларига яратилган ингредиентларни таъсири ўрганилиб ва ҳар хил шароитларда ишлатилувчи буюмлар олиш технологиялари ишлаб чиқилган;

хар хил структурали эластомерлар асосидаги эскирган резинатехника буюмлари ва шиналарини пиролизи натижасида олинган фаоллаштирилган кукунли ингредиентлар ёрдамида саноат чиқинди сувларини тозалаш технологияси ишлаб чиқишилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги Олинган натижаларнинг ишончлилиги замонавий физик-кимёвий таҳлил усуллари - дериватография, ИҚ спектроскопия, ғовакликни текшириш учун синов машинасидан фойдаланилган ҳолда лаборатория тадқиқотлари олиб борилганлиги, ўтказилган кўп сонли тадқиқотларнинг натижалари қониқарли даражада мутаносиблиги ва миқдорий тасдиқлаш билан асосланган.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти иккиламчи резинотехника маҳсулотлари, шиналар ва резина саноати чиқиндиларини қайта ишлаш, улардан олинган маҳсулотлар асосида полимер композициялари, сувни тозалаш адсорбентларини олиш таркиби ва технологиялари илмий асослари яратилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти эса, иккиламчи резина маҳсулотларини қайта ишлаш жараёнида ажралиб чиқаётган зарарли газлар миқдорини камайтириш ва пиролиз жараёнида ишлатиладиган табиий газлар ўрнига чиқинди газлардан фойдаланиш, олинган ингредиентлар асосида, белгиланган структура ва хусусиятларга эга бўлган полимер композициялари ва буюмлари олиш, саноат чиқинди сувларини тозалаш, технологияларини ишлаб чиқишга хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг амалиётга жорий этилиши. Резинатехника буюмлари, шина ва резина саноати чиқиндиларини қайта ишлаш асосида олинган ингредиентларни қўллаб композицион полимер материаллар ва

адсорбентлар олиш технологиясини яратиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

эскирган резинатехника буюмлари, шина ва резина саноати чиқиндиларини қайта ишлаш технологияси «Навоий кон-металлургия комбинати» АЖга қарашли, Навоий машинасозлик заводи ИЧБнинг резинатехника буюмлари ишлаб чиқариш цехида амалиётга жорий этилган («Навоий кон-металлургия комбинати» АЖнинг 2025 йил 20-июндаги 23/01-01-07/422-сонли маълумотномаси). Натижада, Ўзбекистон Республикаси ҳудудидаги эскирган резина маҳсулотларини 100 % экологик тоза қайта ишлаш имконини берган;

ишлатилган автомобиль шиналаридан олинган сорбентларни қўллаб 3-сонли ГМЗ саноат чиқинди суларини тозалаш усули «Навоий кон-металлургия комбинати» АЖнинг «2025–2026 йилларда амалиётга жорий этиш бўйича истиқболли ишланмалар рўйхати»га киритилган («Навоий кон-металлургия комбинати» АЖнинг 2025 йил 20-июндаги 23/01-01-07/422-сонли маълумотномаси). Натижада, 3-гидрометаллургия заводи саноат чиқинди суларини умумий қаттиқлигини 24,62 мг-экв/л гача камайтириш имконини берган;

ишлатилган автомобиль шиналари ва бентонит асосидаги сорбентлар ёрдамида 3-сонли ГМЗ саноат чиқинди суларини тозалаш усули «Навоий кон-металлургия комбинати» АЖнинг «2025–2026 йилларда амалиётга жорий этиш бўйича истиқболли ишланмалар рўйхати»га киритилган («Навоий кон-металлургия комбинати» АЖнинг 2025 йил 20-июндаги 23/01-01-07/422-сонли маълумотномаси). Натижада, 3-сонли ГМЗ саноат чиқинди сувлари таркибидаги оғир металлларнинг миқдорини ўртача 70–83 % гача камайтириш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари 15 та республика ва 4 та халқаро илмий-техник анжуманларда маъруза қилинди ва муҳокамадан ўтказилди.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги Диссертация мавзуси бўйича жами 29 та илмий ишлар чоп этилган бўлиб, улардан 13 таси мақола, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари (DSc) асосий илмий натижаларини чоп этишга тавсия этилган илмий нашрларда, жумладан, 9 таси республика журналларида, 4 таси хорижий журналларда чоп этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертациянинг тузилиши кириш, олтита боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловадан иборат. Диссертация ҳажми 200 бет.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида олиб борилган тадқиқотнинг долзарблиги ва унга бўлган талаб, тадқиқот мақсади ва вазифалари асосланган, тадқиқот объекти ва предмети тавсифланган, тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган,

тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларининг амалиётга қўлланилиши бўйича тавсиялар, нашр қилинган ишлар ва диссертация тузилиши келтирилган.

«Эластомер композициялар таркиби ва ишлатилиш соҳалари» деб номланган биринчи бобида ҳозирги кундаги эластомер материалларнинг таркиби, ишлатиш соҳалари мавжуд технологик жараёнининг ҳолати ва ривожланиши тенденциялари таҳлил қилинган. Резина саноатида вулканланган чиқиндилар ва эскирган буюмлардан олинган хом-ашёларни қайта ишлаш усуллари, олинган маҳсулотлардан саноатда ва ишлаб чиқаришда фойдаланиладиган давлатлар, ҳамда композицион материаллар учун юқори молекулали бирикмалар асосидаги маълум бўлган углеродли (таркибида углерод сақлаган) материалларини ва уларни композицияларини комплекс хоссаларига таъсирини ўрганиш, углерод сақлаган материал асосида сорбентлар олиш учун батафсил таҳлиллар олиб борилган.

Адабиётларнинг критик таҳлили ҳамда углерод сақлаган материални олиниш жараёнини замонавий ҳолатини ўрганиб чиқиш асосида шу нарса аниқландики, композицияларни яратишда энг мақбул йўналишларни ва маҳаллий хомашё асосида кўп функционал ингредиентлар топиш ҳамда композицион материаллар технологияларни яратилиши ва улар асосида специфик хоссали буюмлар яратиш асосланган. Шунингдек, пиролиз суюқлиги таркибидан олтингугуртни ажратиб олиш ва рангсизлантириш бўйича адабиёт манбалари ўрганилиб чиқилган

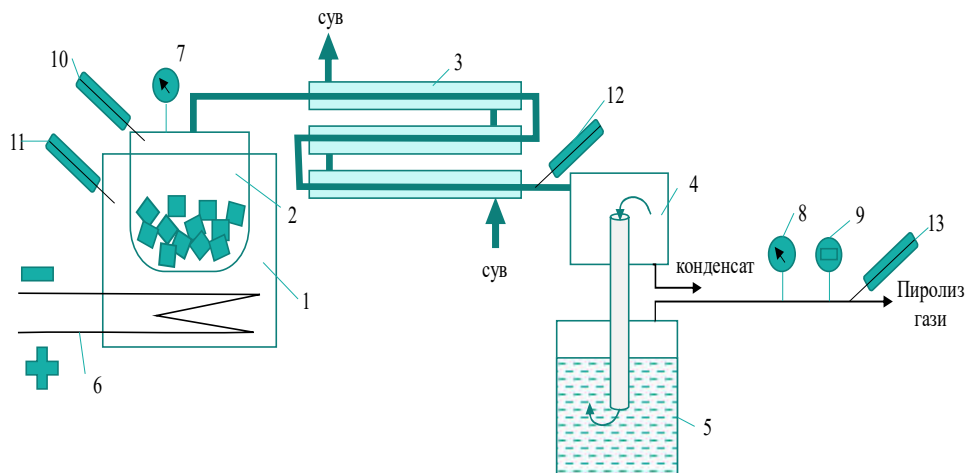
«Резина саноати вулканланган иккиламчи хомашёлари, эскирган резинатехника буюмлари ва шиналарининг хоссаларини ўрганиш» деб номланган иккинчи бобида бошланғич хом-ашёлар резина бўлакчалари, резина саноати вулканланган чиқиндилари ва эскирган резина буюмларининг физик, кимёвий ва механик хоссаларини аниқлаш усуллари ўрганилган.

Бунда, резина чиқиндиларининг паст ҳароратли термик парчалаш жараёнини ҳар томонлама ўрганиш вазифасини кўяди, бу реакцияни бошқариш ва башорат қилинадиган натижаларни олиш учун асосий далилларни топишга имкон беради.

Шу мақсадда ишлаб чиқаришда қўлланиладиган кичик реактори ишлаб чиқилди, у диаметри 400 мм ва баландлиги 600 мм бўлган цилиндрсимон қурилма бўлиб, у электр печига вертикал равишда ўрнатилади (1-расм).

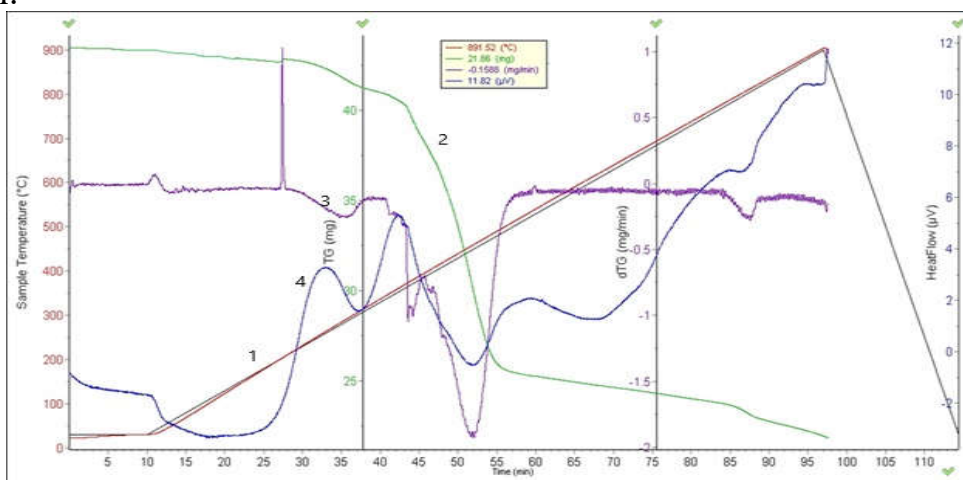
Кислород кирмаслигини таъминлаш мақсадида реактор ичига термос сифатида ёпиқ реактор ўрнатилади. Реактор ҳарорати 500-600 °С гача қиздириш билан олиб борилади. Ҳарорат хромел-алюмелли термопара ёрдамида бошқарилади. Реакторда ҳосил бўлаётган пиролиз газлари труба ичида труба иссиқлик алмашиниш қурилмаси орқали конденсат йиғичга юборилди. Иссиқлик алмашиниш қурилмаси ичида совитувчи сифатида сув ишлатилиб, у ташқи труба орқали қарама-қарши йўл билан ҳаракатланади. Труба ичида эса ҳосил бўлган газ конденсатланди. Дастлаб реакторга етарли миқдордаги резина бўлаклари жойлаштирилиб, реактор жараён борадиган

хароратгача қиздирилади. Реактор термосидаги ҳарорат 380 °С га етгандан сўнг газлар ажралиши бошланади. Жараён 90 дақиқадан 120 дақиқагача вақт оралиғида жараён тугагунига қадар доимий равишда олиб борилади. Реакция охирида электр энергияси ўчирилади ва углерод қолдиғини туширишдан олдин совутишга қўйилади.



1-расм. Резина саноати вулканланган чиқиндилари ва эскирган резина буюмлари бўлакчаларини термик парчаланнинг технологик принциплал схемаси: 1–реакторнинг иситиш учун мўлжалланган ташқи қисми; 2 – термос реактор; 3 – труба ичида трубаги иссиқлик алмашиниш қурилмаси; 4– кондендат йиғгич; 5– байпас; 6 – электр энергияси билан иситиш; 7,8 – монометр; 9 – газ ҳисоблагичи; 10,11,12,13 – термопара.

Резина бўлакчалари ҳаво кирмайдиган тигелда термогравиметрия ёрдамида шинанинг парчаланиши учун ҳарорат оралиғи аниқланди (2-расм). Термик парчаланиш 150 °С да бошланади ва намуна массасининг бир қисми йўқолади. Максимал масса йўқолиши 343-402 °С оралиғида содир бўлади ва модданинг максимал парчаланишини кўрсатади. Жараён 550 °С ҳароратда тугайди, бу қўнғир кўмир чиқиндиларининг термик парчаланиш жараёнига ўхшайди.



2-расм. Резина саноати вулканланган чиқиндилари ва эскирган резина буюмларининг бўлакларининг дериватограммаси: 1. Т-температура эгри чизиғи; 2. ДТГА эгри чизиғи; 3. ТГП-эгри чизиғи; 4-ДСК-эгри чизиғи.

Таҳлил натижаларидан хулоса қилишимиз мумкинки, термик парчаланиш жараёни 500-550 °С ҳароратлар оралиғида амалга оширилиши керак. Шундай қилиб, дериватографик таҳлил бизга резина маҳсулотларини қайта ишлаб, қўлланилиши мумкин бўлгани иккиламчи маҳсулотлар олиш имконини беради (1-жадвал).

Қуйидаги 1-жадвалда турли хил температуралар оралиғидаги пиролиз маҳсулотларининг унумдорлиги келтирилган.

1-жадвал

Турли хил қиздириш ҳароратларда резина бўлакчалари пиролиз маҳсулотларининг унуми

Пиролиз маҳсулотлари, масс.%	Температура, °С				
	375-450	450-550	550-650	650-750	750-900
Газ (г)	4,8 - 5,0	5,4 - 5,9	7,6 - 7,8	7,9 - 8,1	8,3 - 8,5
Пиролиз суюқлиги (с),	30,1-32,3	48,9 - 50,1	58,3- 60,1	59,4-61,2	61,8 - 62,9
Қаттиқ қолдиқ, (қ)	60,1-61,0	39,2 - 40,0	31 - 31,6	29.8-30,2	27.9 - 28,1
Йўқотиш	5 - 1,7	6,5 - 4,0	3,1 - 0,5	2,9 - 0,5	2,0 - 0,5

Эскирган шиналарни термик парчалаш жараёнида уч турдаги маҳсулот олинади: газ, пиролиз суюқлиги ва қаттиқ углерод сақлаган материал. Олинган натижаларнинг 1-жадвалдаги таҳлил маълумотлари шуни кўрсатадики, жараён ҳарорат ортиши билан суюқ маҳсулотлар унумининг сезиларли даражада ошиши кузатилади, ҳамда суюқлик миқдори камая бошлайди 650-750 °С дан кейин камаяди чунки суюқ углеводородлар деярли 550-650 °С гача ажралиб бўлади, углерод сақлаган модданинг чиқиши эса кескин камаяди.

2-жадвал

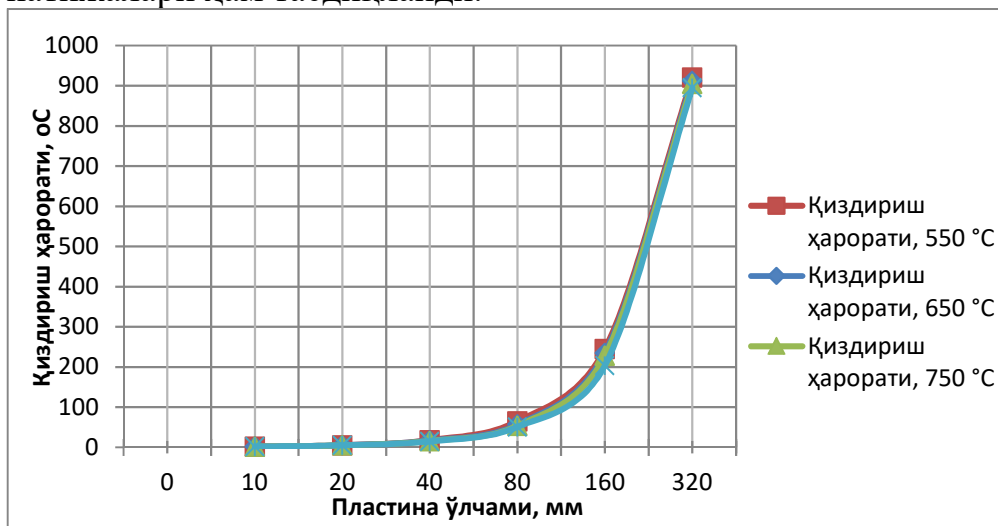
Турли ўлчамдаги эскирган резина буюмларининг термик парчаланиш жараёни вақтига ҳароратнинг таъсири

Резина бўлагининг ўлчами, мм	Қиздириш ҳарорати, °С			
	550	650	750	900
	Резина бўлакчаларининг термик пиролиз вақти			
10	2	2	2	2
20	5	5	5	5
40	18	17	16	15
80	65	57	54	51
160	245	235	228	204
320	921	912	905	895

Юқори даражадаги дисперсияга эга бўлган хомашёлардан фойдаланилганда, иссиқлик алмашинувининг максимал даражада сирт юзасида гетероген жараёнлар содир бўлади. Натижада реакциянинг бориш

вақти қисқаради ва оқибатда иссиқлик ташувчини қиздириш учун энергия сарфи камаяди. Бундан ташқари, ҳар хил катталиқдаги 12 дан 300 мм. гача бўлган шина каучуклари пиролиз жараёни бориш вақти, белгиланган оптимал ҳарорат 550°C дан ташқари учта қўшимча ҳароратлар 600, 800 ва 900°C да ҳам аниқлаб олинди (2-жадвал).

Тажриба шуни кўрсатадики, резинани термик парчаланиш вақти 2 дақиқадан 15 ярим соат оралиғида давом этади. Бу биринчи навбатда резина бўлаги қалинлигига боғлиқ бўлиб, 3-расмда аниқ кўрсатилган барча тўртта эгри чизик амалда бир-бирининг устига тушади ва буни дериватографик таҳлил натижалари ҳам тасдиқлайди.

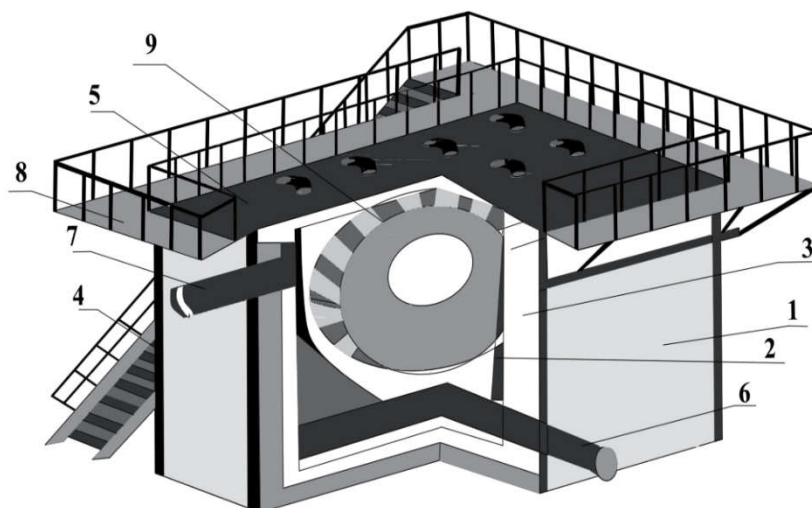


3-расм. Эскирган резина буюмлари бўлагчалари ўлчамининг термик парчаланиш жараёни вақтига боғлиқлиги: 1-525°C; 2-600°C; 3-700°C; 4-800°C

Вақт ўтиши билан резина бўлагининг марказий ўқи бўйлаб ҳарорат ўзгариши нотекис содир бўлади. Резина бўлаги сирт юзаси ва марказий ўқи ўртасидаги ҳарорат фарқи қанчалик катта бўлса, ҳароратнинг кўтарилиш тезлиги шунчалик юқори бўлади. Қайси параметрлар турли ўлчамда майдаланган хомашёни иситиш учун муҳимроқ эканлигини аниқлаш мақсадида резина бўлакларининг қалинлиги ёки ўзига хос сирт юзаси, радиуси ва бошқа хусусиятларининг таъсири ўрганилди .

«Резина саноати вулканланган чиқиндилари ва эскирган резина техника буюмлари шиналарини паст ҳароратда қайта ишлаш усулини ишлаб чиқиш» деб номланган учинчи бобида эскирган автомобил шиналарни бутунлигича термик парчалаш йўли билан узлуксиз қайта ишлаш қурилмаси схемаси, атроф-муҳитга тарқаладиган газларнинг сифат ва миқдорий кўрсаткичлари ва уларни бартараф этиш усуллари бағишланган.

Таклиф этилган қурилманинг хусусияти шундаки, қайта ишланаётган хом ашё мажбурий ҳаракатлантириш учун занжирли транспортдан фойдаланилади бу транспорт ҳаракатда бўлганида реактор камераси ўлчамига нисбатан баландликни ўзгартириш қобилиятига эга бўлган эластик скраблар 10 билан жиҳозланган.



4-расм. Эскирган автомобил шинасини бутунлигича термик парчалаш қурилмаси: 1 – футеровкали корпус; 2 – камера жойи; 3 – юқори камера; 4 – пастки камера; 5 – ёқиш жойи ; 6 – шина сақлаш жойи ; 7 – шина; 8 – йўлак ; 9 – ажратгич;

Эскирган шиналар реакторга махсус юклаш мосламаси орқали киради (4-расм). У ҳолатда реакторда кислородсиз муҳит бўлиши лозим, бу орқали 5 ҳаво қулфи бўлими 2 юқори 10 ва пастки 11 қисмлар ешиклари ёрдамида юқори 3 ва пастки 4 ҳаво блокировкаси камераларига бўлинади. Ўтказилган илмий-тадқиқотлар асосида автомобил шиналарини бутунлигича пиролиз қилиш орқали жараёни тўлиқлигича давом этишига ва олинган маҳсулотларнинг сифати яхшиланишига эришилади. Ишлаб чиқилган ва тавсия этилаётган технологиянинг иқтисодий ва экологик жиҳатларни ҳам ҳисобга олинади. Бу эса давлат учун фойдаланилмаётган автомобил шиналари каби саноат чиқиндиларини зарарсизлантириш соҳасида янги усулни жорий қилишга ёрдам беради.

Тавсия этилаётган қурилма ёрдамида олинган натижалар таҳлилига кўра, барча моддаларнинг максимал мумкин бўлган концентрациялари эмиссия манбаларига яқин масофаларда ва 5,7 м дан 32 м гача бўлган масофаларда эришилади, фақат учта модда максимал концентрациялар нуқталарида рухсат этилган максимал концентрация қийматларидан (максимал бир марталик) ошиб кетади: булар олтингугурт оксиди, ноорганик чанг ва тўйинган углеводородлардир.

Моддаларнинг суммаси таъсирини ҳисобга олган ҳолда умумий ҳавонинг ифлосланиш индексини ҳисоблаш натижалари 3-жадвалда келтирилган.

Эскирган автомобил шиналарини қайта ишлашнинг чиқиндисиз технологиясини яратиш учун илмий тадқиқотлар Зарафшон шаҳрида жойлашган Мурунтау корхонасида оҳақтош ишлаб чиқариш печини (таклиф этилаётган намуна) ўрнатишни тавсия қилиш орқали янги қурилма ишга тушурилди. Ишлаб чиқаришга жорий қилиш учун чизмалар катта юк ташиш техникаларининг ишлатилган шиналарини чиқиндисиз қайта ишлаш учун мўлжалланган ва бу технология ишлаб чиқаришга тавсия этилди.

Захарловчи манбалари рўйхати ва уларнинг ер усти ҳавоси
ифлосланишининг ҳисобланган хусусиятлари

№	Захарловчиларнинг номи	Модда коди	Максимал мумкин концентрация, См		Хавфли шамол тезлиги, м/с	Манбадан хавфли масофа, м	Масофага эришиши РЭМ, м
			мг/м ³	Улуши РЭМ			
1	Азот IV оксиди	301	0,368	4,33	1,21	15,15	83
2	Углерод IV оксиди	337	0,613	0,12	1,21	15,15	См<1 РЭМ
3	Метан	410	0,004	$0,72 \cdot 10^{-4}$	3,8	32,03	См<1 РЭМ
4	Углеводород	2754	8,36	8,36	0,5	11,4	101
5	Чанг	2909	4,05	8,1	0,5	5,7	63

«Иккиламчи ва эскирган резина маҳсулотларидан олинган ингредиентларни физик-кимёвий хоссаларини ўрганиш» деб номланган тўртинчи бобида қайта ишлаш жараёнида ҳосил бўлган газлар, суюқ ва қаттиқ ингредиентларни физик-кимёвий хоссалари пиролиз жараёнида ҳосил бўлган углерод сақлаган материалнинг рентгенофазали, ИҚ-спектроскопик, дериватографик ва сканерловчи электрон микроскопик тадқиқотларига бағишланган.

Ўтказилган тадқиқотлар экологик хавфсизлик нуқтаи назаридан юқори тоннали автомобиль шиналарининг паст ҳароратли пиролизи параметрларини аниқлашга имкон беради, бу эса суюқ реакция маҳсулотларининг энг юқори унумда керакли натижани олиш имконини беради. Шу билан бирга, ҳосил бўлган суюқ маҳсулотлардан кейинги экологик хавфсиз фойдаланиш ва унинг ҳажмида тўпланганларни хавфсиз ҳолатларда фойдаланиш бўйича тавсиялар ишлаб чиқиш, шунингдек, қаттиқ қолдиқ ва газсимон пиролиз маҳсулотларидан фойдаланиш, уларнинг кимёвий таркиби ва физик-кимёвий хоссаларини чуқур ўрганишни тақозо этади.

Эскирган шиналарнинг парчаланиши мураккаб тарзда боришини ҳисобга олган ҳолда, унинг пиролиз маҳсулотлари таркибини ўрганишнинг энг мақбул усули газ-суюқлик хроматографияси ва хроматомасс спектрометрия усули ҳисобланади. Ушбу усуллардан фойдаланиб, газсимон маҳсулотлар ва пиролиз суюқликларининг таркиби ўрганилди. 550°C ҳароратда пиролиз газларини таҳлил қилиш бўйича тадқиқотлар маълумотлари 4-жадвалда келтирилган.

Резина бўлаклари пиролизининг газсимон маҳсулотлар таркиби кўмирнинг термик парчаланиши маҳсулоти таркибидан сезиларли даражада фарқ қилади. У углерод оксидларини ўз ичига камроқ олади, уларнинг таркиби кўмир пиролизи маҳсулотларига 80% таркиб жиҳатдан ўхшаш. Углерод оксидларини бундай интенсив шаклланиши кўмир таркибига кирувчи ва

резинали бирикмалар мавжуд бўлмаган карбоксил гуруҳларини декарбонилланиш реакциялари туфайли содир бўлади.

4-жадвал

550°C эскирган резина маҳсулотларидан олинган газларнинг сифат ва миқдорий таркиби

№ т/р	Компонентлар номи	Компонентлар миқдори, масс %	№ т/р	Компонентлар номи	Компонентлар миқдори, масс %
1.	Метан	45,0	6.	Этилен	2,2
2.	Этан	14,9	7.	Бутен	1,3
3.	Пропан	5,0	8.	Водород	17,5
4.	Бутан	3,5	9.	Углерод оксиди	4,2
5.	Пропилен	1,5	10.	Углерод диоксиди	4,9

Суюқ маҳсулотлар чиқишининг майдаланган шиналар парчаланиши ҳароратига ва шиналар каучуклар деструкцияси вақтидаги пиролиз суюқ маҳсулотларининг чиқишига ўрнатилган аналитик боғлиқликлари ўрганилди.

5-жадвал

Суюқлигининг сифат ва миқдорий таркиби (550 °C)

Компонентлар номи	Миқдори, % масс.
Изопрен	0,1
Гэксен-1	0,5
Гептен-1	0,4
н-Октан	0,8
Циклогексан	0,5
Дипентен	0,2
Бензол	12,0
Толуол	12,8
Тиофен	1,2
2-Метилтиофен	0,6
3-Метилтиофен	0,5
Этилбензол	13,2
п-Ксилол	4,4
м-Ксилол	4,1
о-Ксилол	3,4
н-Пропилбензол	1,0
Изопропилбензол (кумол)	1,9
Ароматик углеводородлар C ₉ -C ₁₀	32,5
Бошқа бирикмалар	9,9

Бу эса майдаланган резина маҳсулотларини қайта ишлаш технологиясининг муҳим параметрларини аниқлаш ва ишлатилган автомобиль шиналарини пиролиз қайта ишлаш учун экологик тоза қурилмаларни лойиҳалашга асосли ёндашув учун зарур шарт-шароитларни яратиш имконини беради.

Суюқлигининг миқдорий таҳлили (5-жадвал) шуни кўрсатадики, бензол, толуол ва бензолнинг бир қатор қуйи ва юқори гомологлари кўп экан.

Углерод сақлаган материал-қора рангдаги мўрт углерод массаси ҳисобланади. Маҳсулотнинг асосий кўрсаткичлари 6-жадвалда келтирилган.

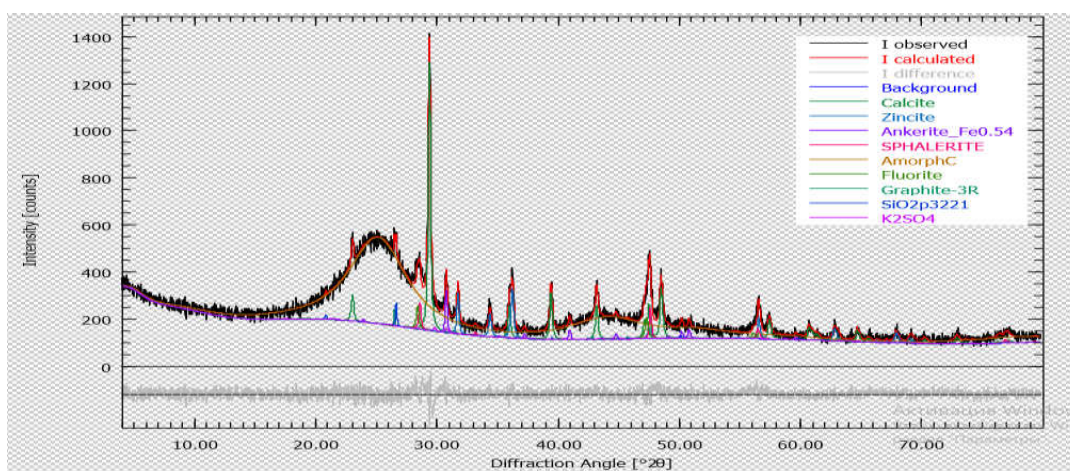
6-жадвал

Ишлатилагн автомобил шиналарини 550 °С ҳароратдаги шина пиролизидан олинган қаттиқ қолдиқнинг асосий кўрсаткичлари

Номлари	Кўрсаткичлар, масс.%
намлик, % масс.	0,35 Углерод Водород олтингугурт қолдиқ
кул, % масс.	7,70
Учувчан моддалар миқдори, % масс.	1,80
Ёниш иссиқлиги, МДж/кг	23,5
Солиштира геометрик сирт юзаси, м ² /г	43-49
Солиштира шартли сирт юзаси, м ² /г	14-18
Фено бўйича солиштира адсорбцион сирт юзаси, м ² /г	36-40
Органик массани элемент таркиби, % масс.:	
Углерод	94,9
Водород	1,89
олтингугурт	2,10
қолдиқ	1,11

Пиролиз натижасида олинган углерод сақлаган материал саноатда иккиламчи маҳсулот ҳисобланмайди. Жумладан, кунғир кўмир карбонатларига қараганда анча паст бўлган кўрсаткичлар кичик солиштира сирт юзаси ва камроқ сорбцион қобилиятга эга. Ушбу кўринишда пиролитик углеродни тижорат маҳсулоти сифатида ишлатиш мумкин эмас ва ундан тижорат қийматига эга фойдали товарларни олиш учун кўшимча технологик қайта ишлаш зарур.

Ҳосил бўлган углерод сақлаган материални таҳлил қилинганда унинг таркибидаги компонентлар техник углеродни етарлича юқори сифатда эканлигини исботлайди. Тадқиқот натижалари шуни кўрсатадики, углеродга эга материалнинг заррачалари ўлчамини камайтириш тўпланган зичлик, кислоталик, намликни оширади ва деярли кул миқдорига таъсир қилмайди.



5-расм. Автомобил шиналарини пиролизи натижасида олинган углерод сақлаган материалнинг рентгенограммаси

Кислота ва намликнинг ошиши катта солиштирма сирт майдонига ега бўлган кичик зарралар атроф-муҳитдаги кислородни осонроқ қабул қилиб, мураккаб бирикмани ҳосил қилишига боғлиқ бўлади. Углерод ўз ичига олган материаллар таркиби рентген фазаларини таҳлил қилиш йўли билан ҳам ўрганилди, олинган ва таҳлил қилинган натижалар 6-жадвалда келтирилган. Олинган дифрактограммалар мис (Cu) найча ($K_{\infty 1}=1,5406 \text{ \AA}$, $K_{\infty 2} = 1,5443 \text{ \AA}$, $K_{\infty 2} / K_{\infty 1}=0,5$.) билан жиҳозланган "Shimadzu XRD-6100" маркали қурилмада рентген дифрактограммаси олинган ва олинган ва "Profex-Open source XRD and Reitveld Refinement" дастурида таҳлиллар ўтказилган.

7-жадвал

Иккиламчи автомобил шиналарини пиролиз қилиш натижасида олинган углерод сақлаган материалнинг рентген фазали таҳлили натижалари

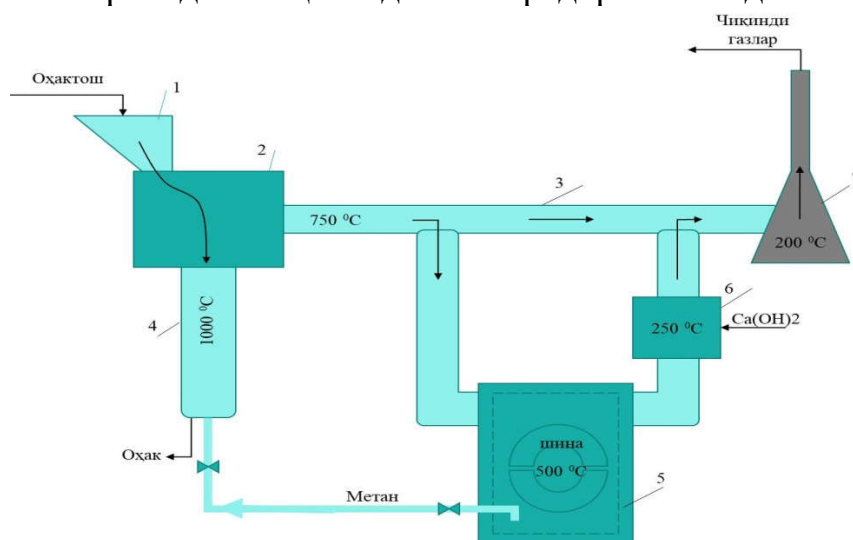
№ т/р	Углерод сақлаган модда таркиби	Миқдори, %	Ютилиш миқдори, %
1.	Кальцит	7,59	0,46
2.	ZnO	1,14	0,07
3.	Анкерит ($\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe})[\text{CO}_3]_2$)	1,21	0,1
4.	ZnS	0,39	0,04
5.	Аморфный углерод	88,24	0,71
6.	Флуорит	0,66	0,07
7.	Графит-3h (кристаллический)	0,24	0,06
8.	Кварц	0,32	0,06
9.	K_2SO_4	0,22	0,07

Тадқиқот натижаларини Риетвелд усули ёрдамида таҳлил қилиш шуни кўрсатдики, углерод сақлаган материал асосан аморф углерод (88,24 %), калцит (7,59 %), анкерит (1,21 %), рух оксиди (1,14 %) ва бошқа таркибий қисмлардан иборат. Шундай қилиб, углерод таркибидаги материалнинг тақдим этилган рентген фазали таҳлили турли қисмларни ўз ичига олган таркибини исботлайди.

«Иккиламчи ва эскирган резина маҳсулотларини паст ҳароратда термик ишлов бериш натижасида олинган ингредиентларни ишлатилиш

соҳаларини аниқлаш» деб номланган бешинчи бобда эскирган автомобил шиналарини термик парчалаш жараёнида ҳосил бўлган иккиламчи маҳсулотлар газ, суюқлик ва углерод сақлаган модданинг ишлатилиш соҳалари ва атроф муҳитга чиқадиган олтингугуртдан тозалаш натижаларига бағишланган.

Эскирган резинатехника буюмларидан олинган газ фазаларни ишлатиш соҳалари сифатида асосан, 2- гидрометаллургия заводида оҳак тайёрлаш печларидан табиий газдан фойдаланилади шунинг ўрнига, термик парчалашда ҳосил бўлган газлар таклиф этилаётган утилизатор печида (кейинги ўринларда - Утилизатор) линиясига ўрнатилиб атмосферага чиқадиган чиқинди газлар миқдори камайтиради ва иқтисодий самарадорлик ошади.



6-расм. Оҳактошни куйдириш мажмуасидан чиқадиган иссиқликдан пиролиз жараёни учун фойдаланиш технологик схемаси: 1–Оҳактош воронкаси; 2 – Оҳактош бўлмаси; 3 – газ қувури; 4 – айланма печ; 5– пиролиз реактори; 6 – тозалаш бўлмаси; 7 – минора;

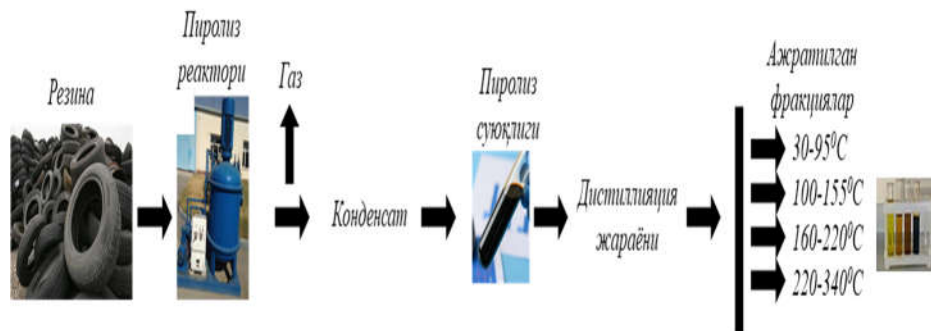
Эскирган автомобиль шиналарини қайта ишлашнинг чиқиндисиз технологиясини яратиш учун илмий тадқиқотлар Зарафшон шаҳрида жойлашган Мурунтау корхонасида оҳак ишлаб чиқариш печини (таклиф этилаётган намуна) ўрнатишни тавсия қилиш орқали янги қурилма ишга туширилди. Ишлаб чиқаришга жорий қилиш учун чизмалар катта юк ташиш техникаларининг эскирган шиналарини чиқиндисиз қайта ишлаш учун мўлжалланган ва бу технология ишлаб чиқаришга тавсия этилди (6-расм):

Суюқлик таркибидаги олтингугурт миқдорини камайтириш ва ишлатиш соҳаларини аниқлаш ишлари Зарафшон шаҳрида жойлашган Мурунтау конида олиб борилди. Ҳар хил маркадаги ишлатилган шиналар учта турли ўлчамда кесилиб, тупроқ ва ифлослантирувчи моддалардан тозаланди. Ушбу шина бўлакларини пиролиз қилиш зангламайдиган пўлатдан ясалган 70,0 см узунликдаги ва 15,0 см ички диаметрли реакторда амалга оширилди.

Ҳосил бўлган пиролиз суюқлигининг кейинги иккиламчи мақсадларда қўлланилиши учун оксидли бирикмалардан ажратиш ва рангни оқартириш учун қайта ишлаш жараёни 7-расмда тасвирланган. N,N-диметилформамид (ДМФА) пиролиз суюқлигидан оксидли бирикмаларни чиқариб олиш учун

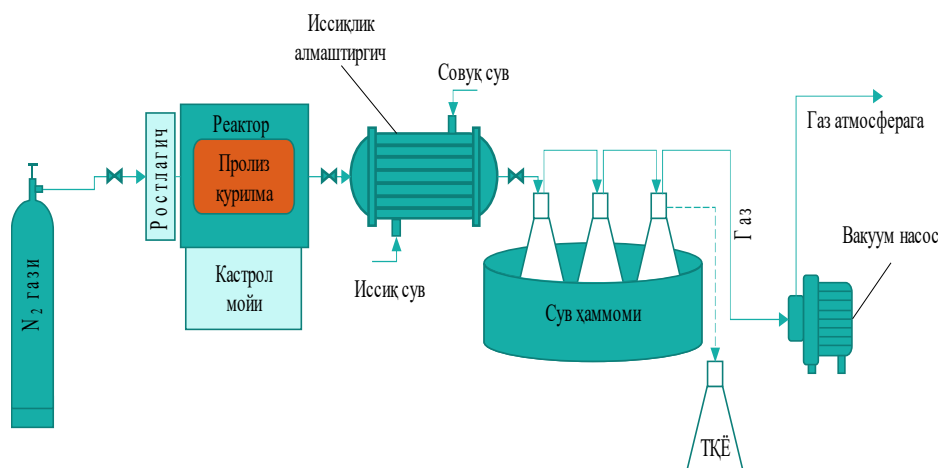
қўлланилади. Пиролиз суюқлигининг таркибидан олтингугуртни ажратишда эса водород пероксиди (H_2O_2) ва чумоли кислотаси ($HCOOH$) эритмалар аралашмаси (2:1 нисбатда) турли концентрацияларидан фойдаланилди. Оқартириш учун фаоллаштирилган бентонит кукунидан қўлланилди. Жараён 250 мл да турли пропорцияда ДМФА қўшилишини, сўнгра хона ҳароратида 2 соат давомида аралаштиришни ҳам ўз ичига олади.

Шундан сўнг $H_2O_2 + HCOOH$ эритмаси қўшилади. Ундан сўнг эса пиролиз суюқлигига хона ҳароратида термофаоллаштирилган бентонит кукуни қўшилиб, 700 айл/дақ тезликда аралаштирилади ва 10 дақиқа давомида реакция амалга оширилади.



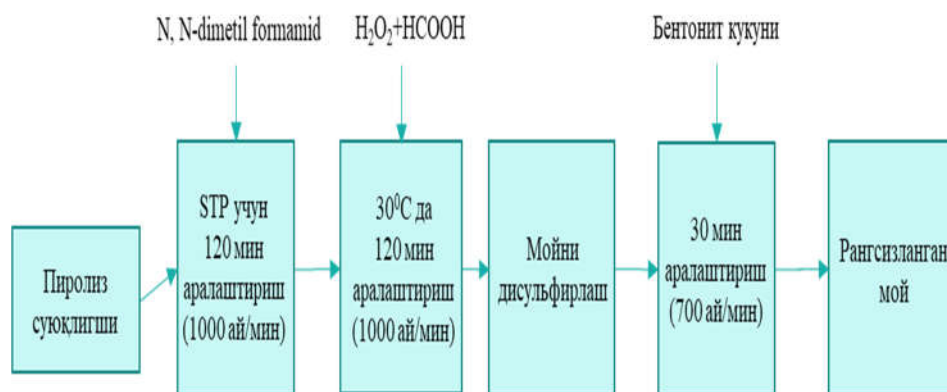
7-расм. Эскирган резина махсулотларидан олинган суюқликдан дисстилят олиш жараёнининг кетма-кетлиги

Бу жараёнда ишлатилган автомобиль шинасидан токи суюқлик олиниб уни фракцияларга ажратиш босқичлари алоҳида кўрсатилган. Биринчи навбатда шина олинади, ва пиролиз реакторига жойланади, газ ва конденсат алоҳида қилиб ажратиб олинади. Кейин эса дисстиляция жараёнига юборилиб фракцияларга ажратилади.



8-расм. Иккиламчи ва эскирган резина махсулотларини қайта ишлаш жараёнининг принципиал технологик схемаси

Бу технологик схема асосан лаборатория жараёнлари учун мўлжалланган бўлиб, унда инерт муҳитни ҳосил қилиш учун азотдан фойдаланилди. Ундан ташқари, газларни конденсатга айлантириш учун совутиш тизими ўрнатилган (8-расм).



9-расм. Иккиламчи ва эскирган резина маҳсулотлари суюқлигини олтингургуртсизлантириш ва рангсизлантириш жараёни

Пиролиз натижасида ишлатилган автомобиль шиналари таркибидан 42% гача суюқлик ажралиб чиқади, бу албатта, ҳароратга, резинанинг ўлчамига ва вақт доимийлигига ҳам боғлиқдир. Бу жараёнда ҳарорат, реакция вақти ва шина заррача ўлчамлари мос равишда 550°C , 60 дақиқа ва $5 \times 3 \times 0,7 \text{ см}^3$ ни ташкил этади (9-расм).

Паст ҳароратда ва узоқ вақт давомида пиролиз иккиламчи маҳсулотларнинг ҳосил бўлишига ёрдам беради, натижада кўпроқ кўмир ва кам суюқлик ҳосил бўлади. Юқори ҳароратда (550°C дан юқори) пиролиз учувчан моддаларининг иссиқлик ишлаб чиқариш қобилияти ошади, бу эса пиролиз суюқлигининг чиқишини камайтиради, лекин иккиламчи крекинг реакциялари мавжудлиги сабабли газ фазасининг чиқишини оширади. Шина қолдиқларининг заррача ўлчами $5 \times 3 \times 0,7 \text{ см}^3$ дан катта газ ва кўмир ишлаб чиқаришни оширади.

Марказий кон бошқармаси ҳудудида бир неча йиллардан буён йирик автомашиналарнинг яроқсиз ҳолга келган шиналаридан ҳосил бўлган чиқиндилар катта ҳудудларни банд қилиб турибди. Ушбу шиналардан ҳосил бўлган чиқиндиларни қайта ишлаб, тоғ-кон саноати ва бошқа соҳаларга керак бўладиган бир нечта маҳсулотларни олиш бўйича кўп ишлар бажарилган. Лекин бу ишларнинг самарадорлиги паст бўлганлиги, серхаражатлиги ва ишлар тизимли йўлга қўйилмаганлиги туфайли чиқиндиларни қайта ишлаш билан боғлиқ жараёнлар узоқ вақтга бормаслигига сабаб бўлмоқда. Қуйида турли маркадаги йирик автомашиналарнинг шиналарини пиролиз жараёни орқали тизимли қайта ишлаб, турли маҳсулотлар олишнинг технологиясининг иқтисодий самарадорлиги асослаб берилган.

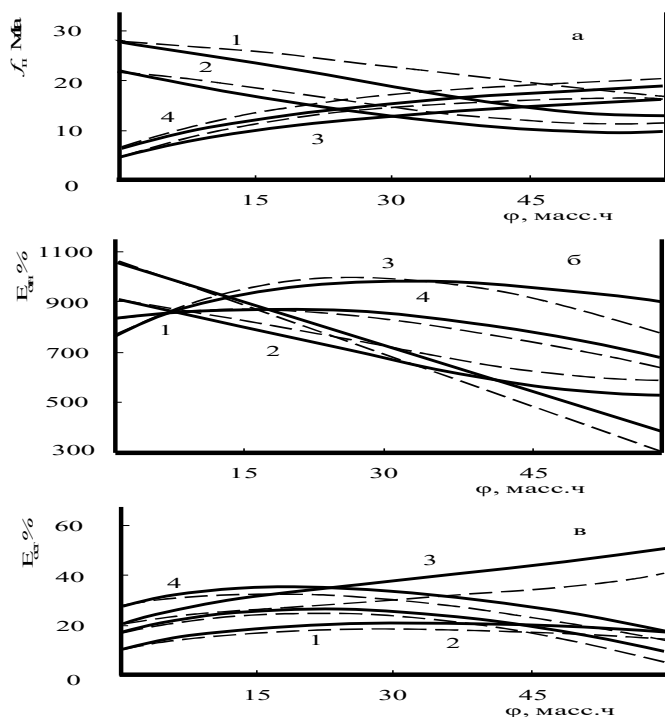
Ўрганилган тўлдирувчи композитларнинг мустаҳкамлик хоссаларига самарали таъсири иккиламчи материалларни иссиқлик билан ишлов беришдан кейин таркибий ўзгаришларга боғлиқ бўлиши мумкин.

Вулканизатларнинг қаршиликка чидамлилик даражасини аниқлаштириш (P_a) учун тўлдирувчи муҳим аҳамиятга эга. Эластомер композициялар билан тўлдирилган P_a бир қатор омиллар билан белгиланади, уларнинг асосий қисми матрица ва тўлдирувчи ўртасидаги муносабатдир (10-расм). P_a

вулканизациясининг текширилаётган тўлдирувчи моддалари миқдорига боғлиқлиги кўрсатилган.

Тўлдирувчи моддаларнинг кўшилиши каучукларнинг босимга чидамлилигини сезиларли даражада оширади ва бу таъсир айниқса модификацияланган тўлдирувчи моддаларида аниқланади

Ишлатилган шиналар пиролизи натижасида олинган фаоллаштирилган сорбентлар темир ионлари сақлаган оқава сувларни тозалашда самарали қўлланилиши мумкин.



10-расм. Тортиш кучи (F_p) -а, нисбийлик ($E_{\text{нис}}$)-б, қолдиқ узилиши ($E_{\text{к.у}}$)-с, нинг резинанинг тўлдирувчилар миқдорига боғлиқлиги: ИСК-3(1), СКН-26 (2), СБМК-30 АК-15 (3), СКН-18 (4), УСМ (---) ва техник углерод II 803 (-)

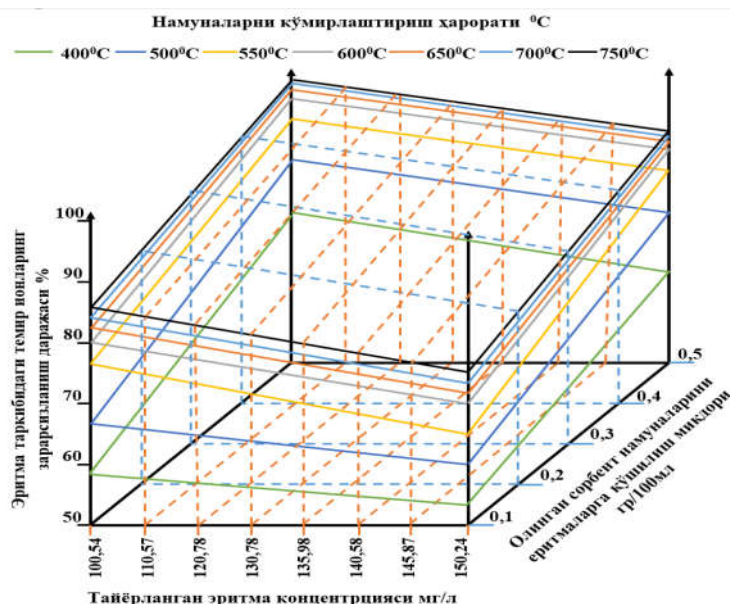
Таҳқиқотлар шуни кўрсатадики, шиналардан олинган фаоллаштирилган сорбентлар темир ионларини сувдан самарали чиқариб ташлай олади. Бу усул чиқиндиларни қайта ишлаш ва атроф-муҳитни муҳофаза қилиш нуқтаи назаридан ҳам аҳамиятлидир. Шунингдек, бундай сорбентлар иқтисодий жиҳатдан ҳам мақбул бўлиб, саноат оқава сувларини тозалашда кенг қўлланилиши мумкин.

Таҳлиллар шуни кўрсатадики, $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ эритмасидан Fe ионларини ажратиб олиш самарадорлиги ҳарорат ва сорбент миқдорига кучли боғлиқ.

Юқори ҳарорат ва катта сорбент миқдори сорбция жараёнини сезиларли яхшилайд.

Оптимал шароит – 750 °C ҳарорат ва 0,5 г сорбент миқдори бўлиб, бу ҳолатда эритмада ютилган Fe ионларининг миқдори максимал қийматга этади (98,57 %).

$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ эритмасига таъсир қилувчи сорбент миқдори (0,1 г, 0,2 г, 0,3 г, 0,4 г, 0,5 г) ва сорбентни фаоллаштириш учун қўлланилган ҳарорат (400 °C, 500 °C, 550 °C, 600 °C, 650 °C, 700 °C, 750 °C) келтирилган. Ҳар бир ҳолатда эритмада ютилган Fe ионларининг миқдори фоизларда ифодаланган (11-расм).



11-расм. Турли ҳароратда фаоллаштирилган сорбентларни турли миқдорининг темир катионлари сақлаган эритмадаги темир катионларининг ютилиш даражасига боғлиқлиги

Ишлаб чиқариш шароитида технологик жараёни ўзгартирмаган ҳолда углерод сақлаган материаллар билан тўлдирилган композицион эластомер материаллар ва улар асосида олинган буюмлар техник ҳужжатлар талабларига жавоб берди.

ХУЛОСА

1. Эскирган автомобил шиналарини паст ҳароратли пиролизига таъсир этувчи омиллар ўрганилди. Бунда жараённинг мақбул режимлари: ҳарорат 550 °С; автомобил шиналари бўлакларининг ўлчами – 160 мм; вақт давомийлиги – 245 минут эканлиги аниқланди.

2. Эскирган автомобил шиналарини паст ҳароратли пиролизига газ, суюқ ва қаттиқ фазаларда маҳсулотлар ҳосил бўлиши ва уларнинг 7,8 масс.% газ фазада, 60,1 масс.% суюқ ва 31,6 масс.% миқдорида эса қаттиқ фазадаги маҳсулотлар ҳосил бўлиши аниқланди.

3. Эскирган автомобил шиналари пиролизининг газ фазада ҳосил бўлган маҳсулотларнинг сифат ва миқдор таркиби ўрганилди. Унинг таркиби асосан метан - 45,0 масс.%, этан –14,9 масс.%, пропан – 5,0 масс.%, бутан– 3,5 масс.%, водород – 17,5 масс.%, этилен 2,2 масс.%, пропилен 1,5 масс.%, бутен -1,3 масс.% ва бошқа газлардан иборат эканлиги асосланди.

4. Рентгенографик таҳлил усулида қаттиқ углероднинг сифат ва миқдор таркиби аниқланди. Унга кўра углерод сақлаган материал асосан аморф углерод -88, 24 масс.%, кальцит -7,59 масс.%, рух оксиди -1,14 масс.%, анкерит -1,21 масс.%, флуорит -0,66 масс.%, рух сульфиди – 0,39 масс.%, кварц - 0,32 масс.% ва бошқа компонентлардан иборат эканлиги аниқланди.

5. Майдаланган углерод сақлаган материалнинг гранулометриқ таркиби ўрганилди. Унга кўра 0,63 мм ўлчамдаги фракция 62, 0 масс.%, 0,25 мм ўлчамдаги фракция 25, 0 масс.%, 0,5 мм ўлчамдаги фракция 8,0 масс.%, 0,045

мм ўлчамдаги фракция 4, 0 масс.% ва 1,0 мм ўлчамдаги фракция 2,0 масс.% эканлиги аниқланди.

6. Ишлатилган автомобил шинилари пиролизининг суяқ фазада ҳосил бўлган маҳсулотларнинг сифат ва миқдор таркиби хроматомасспектромет-рик метод ёрдамида ўрганилди. Тадқиқот натижаларига кўра у асосан арома-тик ва алифатик углеводородлар аралашмасидан, яъни арома-тик углеводородлар (C9-C10) - 32,5 масс.%, толуол -12,8 масс.%, бензол -12,0 масс.%, ксиллол изомерлари (о,-м,-п) -11,9 масс.%, этилбензол -13,2 масс.%, гексен-1,гентен-1, н-октан ва дипентенлар -2,0 масс.% дан кўппроқни ташкил этиши аниқланди.

7. Олинган пиролиз суяқлигини олтингугуртсизлантиришнинг принципиал технологик схемаси яратилди, натижада олтингугурт миқдори 2,5 мг/л дан 1,325 мг/л гача туширилди ва суяқлик таркибидан олтингугуртни ажратиб олиш технологияси тавсия этилди ҳамда ишлаб чиқаришга қўллаш учун тавсия этилди.

8. Кукунсимон органик материални каучуклар асосида олинган композицияларни физик-механик, динамик ва эксплуатацион хоссалари тадқиқ қилиниб, уларнинг композиция таркибидаги оптимал миқдорлари тавсия этилди.

9. Углерод сақлаган материалдан юқори фаол экологик тоза сорбентлар олинди ва микроғоваклар, мезоғоваклар, макроғоваклар ўлчамлари аниқланиб, уларни ўчамлари 0,25 нм, 0,05 нм ва) 0,1 нм ни ташкил этиши аниқланди.

10. Углерод сақлаган материал асосида тайёрланган сорбентлар саноат оқава сувларини тозалашда қўлланилиб, уларнинг таркибидаги металлар миқдори, хусусан алюминий, марганец, никель, мис, рух, мишьяк, қўрғошин каби металлар миқдори бир неча ўн хатто бир неча юз марта миқдорида камайиши аниқланди.

11. Углерод сақлаган материал ва бентонит асосида тайёрланган сорбент асосида тозалаш натижасида металлар миқдорини 80-95% гача камайтирган. Бунда; бериллий (Be) 82,94% гача, алюминий (Al) 85,43% гача, никель (Ni) 80,65% гача, мишьяк (As) 89,93% гача, симоб (Hg) эса 94,66% гача камайган. Бу эса саноат чиқинди сувларини экологик хавфсиз даражага етказиш имконини беради.

12. Оҳактошни куйдириш мажмуасидан чиқадиган иссиқликдан ишлатилган автомобиль шиналарини пиролиз жараёнида фойдаланиш учун технология яратилди ва бу технология амалиётга татбиқ этилди.

13. Ишлатилган автомобил шиналарини бутунлигича майдаламасдан пиролиз қилиш қурилмаси яратилди ва технология ишлаб чиқаришга жорий этилди.

14. Углерод сақлаган материал асосида сорбентлар яратишнинг техник - иқтисодий самарадорлиги аниқланди ва у 1 кг сорбент тайёрлаш учун сарфанадиган маблағ 11683 сўмни ташкил этади.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.17/7.06.2024.К/Т.06.03 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ НАВОЙСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ
ГОРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНО-
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

ЖУРАЕВ ШОХРУХ ТУЛКИНОВИЧ

**ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ИНГРЕДИЕНТОВ НА ОСНОВЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ
ТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ВУЛКАНИЗИРОВАННЫХ
ОТХОДОВ РЕЗИНОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

02.00.14 – Технология органических веществ и материалы на их основе

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации доктора технических наук (DSc)

Навои – 2025

Тема диссертации доктора наук (DSc) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования науки и инноваций Республики Узбекистан за номером B2025.2.DSc/T934.

Докторская диссертация выполнена в Навоийском государственном горно-технологическом университете.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекском, русском, английском (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета по адресу www.nsumt.uz и на информационно-образовательном портале «Зиёнет» (www.Ziyonet.uz).

Научный консультанты:

Мухиддинов Баходир Фахридинович
доктор химических наук, профессор

Официальные оппоненты :

Амонов Мухтар Рахматович
доктор технических наук, профессор

Икрамов Абдувахоб
доктор технических наук, профессор

Файзуллаев Нормурод Ибодуллаевич
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация:

Бухарский государственный технический университет

Защита диссертации состоится 6-сентября 2025 года в 9:00 часов на заседании Научного совета DSc.17/7.06.2024.К/Т.06.03. (Адрес: 210100, г. Навои, ул. Галаба шох, 76в. Зал заседаний Навоийского государственного горно-технологического университета. Тел.: 0 (436) 223-23-32; факс: 0 (436) 223-49-66; (E-mail: info@nsumt.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Навоийского государственного горно-технологического университета (зарегистрирован за № 219). Адрес: 210100, г. Навои, ул. Галаба шох, 76в. Тел.: 0 (436) 223-23-32; факс: 0 (436) 223-49-66. (E-mail: info@nsumt.uz).

Автореферат диссертации разослан 21 августа 2025 г.
(реестр протокола рассылки № 13 от 21 августа 2025г.).



[Handwritten signature]

Нормуродов Т.И.
Вр.и.о. председателя Научного совета
по присуждению ученых
степеней, д.т.н., профессор

[Handwritten signature]

Шарипов С.Ш.
Ученый секретарь Научного совета по
присуждению ученых степеней, PhD., доцент

Вапов Х.М.
Председатель Научного семинара при Научном
совете по присуждению ученых
степеней, д.т.н., профессор

[Handwritten signature]

ВВЕДЕНИЕ (аннотация к докторской (DSc) диссертации)

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире широко применяются технологии переработки изношенных резинотехнических изделий, автомобильных шин, а также вулканизированных отходов резиновой промышленности. Вместе с тем, остаётся актуальной задача разработки новых технологических решений и машинно-аппаратных комплексов, направленных на снижение негативного воздействия таких отходов на окружающую среду. Важное значение приобретают исследования, направленные на стандартизацию и модификацию получаемых ингредиентов путём детального изучения их физико-химических свойств, расширение областей их применения, а также оценку влияния на технологические, реологические и эксплуатационные характеристики композиций на основе полимеров различной структуры. Кроме того, особое внимание уделяется разработке технологий получения изделий, предназначенных для эксплуатации в различных условиях, а также созданию эффективных сорбентов на основе активированных порошкообразных ингредиентов для очистки сточных вод с приведением их состава в соответствие с действующими экологическими и санитарными нормами.

В мире ведутся активные научные исследования, направленные на совершенствование технологий переработки вулканизированных отходов резиновой промышленности и изношенных изделий, снижение выбросов вредных газов в атмосферу, расширение сфер промышленного применения ингредиентов, получаемых с использованием перерабатывающих технологий, а также на разработку безотходных технологических процессов. В этом контексте особое внимание уделяется классификация и стандартизации созданных ингредиентов, их активация и модификации в зависимости от области применения, а также разработка экологически с точки зрения безопасных углеводородных соединений и композиций с заданными эксплуатационными свойствами.

В Узбекистане проводится ряд целенаправленных исследований по оптимизации технологий переработки вулканизированных отходов резиновой промышленности, изношенных резинотехнических изделий и шин, а также по определению и расширению сфер применения получаемых ингредиентов. Реализация таких проектов способствует решению актуальных экологических задач. В «Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан» особо подчеркнута важность создания технологий получения импортозамещающей продукции на основе местного сырья и вторичных ресурсов. В данном контексте особое значение приобретают научные разработки, направленные на усовершенствование технологий переработки вулканизированных отходов и изношенных изделий, модификацию получаемых ингредиентов для улучшения технологических, технических и специфических характеристик полимерных композиций на их основе, а также создание композиций с заданными эксплуатационными параметрами. Кроме того, актуальными остаются исследования по разработке эффективных

сорбентов на основе порошкообразных углеродсодержащих материалов для очистки промышленных сточных вод.

Настоящее диссертационное исследование в определённой степени служит выполнению задач, поставленных в следующих нормативно-правовых документах: Указ Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года УП № 60 «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы», Постановление Президента Республики Узбекистан от 13 февраля 2021 года ПП № 4992 «О мерах по дальнейшему реформированию и финансовому оздоровлению предприятий химической промышленности», Указ Президента Республики Узбекистан от 11 февраля 2017 года УП №2298 «О Программе локализации производства изделий и материалов», Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года УП № 4947 «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», Указ Президента Республики Узбекистан от 6 апреля 2017 года УП № 4891 «О критическом анализе объёмов и структуры товаров (работ, услуг), углублении локализации импортозамещающего производства», а также Постановление Президента Республики Узбекистан от 21 апреля 2017 года ПП № 2916 «О мерах по кардинальному совершенствованию и развитию системы обращения с бытовыми отходами на 2017–2021 годы» и других нормативно-правовых актах, относящихся к данной сфере деятельности.

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

Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации³

Совершенствование технологий переработки вулканизированных отходов резиновой промышленности и изношенных изделий, включая их модификацию для получения функциональных ингредиентов, направлено на расширение спектра полимерных композиций с заданными технологическими, техническими и специфическими свойствами. Наряду с этим ведётся разработка рецептур композиций с требуемыми характеристиками, а также исследуются возможности получения сорбентов для очистки промышленных сточных вод на основе порошкообразных углеродсодержащих материалов. Актуальность данных исследований обусловлена как возрастающими требованиями к экологической безопасности технологических процессов, так и необходимостью повышения эффективности использования вторичных ресурсов. Ведущие научные центры и высшие учебные заведения мира осуществляют интенсивные фундаментальные и прикладные исследования в данной области, среди них: Fraunhofer Institute for Environmental Safety and Energy Technology (UMSICHT) (Германия), University of Akron (США), Loughborough University

³ Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации подготовлен на основе сайтов www.elsevier.com, www.isscr.rssi.ru, www.cilbrary.com, www.edunews.ru, <https://scholar.google.com/>, www.fundamentalresearch.ru и других источников.

(Великобритания), Cinghua University (*Kитай*), Indian Institute of Technology (ИТ) Kharagpur и ИТ (Индия), University of New South Wales (UNSW) (Австралия), Королевский технологический институт (Швеция), Государственный университет Нью-Йорка в Стони-Брук (США), Башкирский государственный университет (Россия), Всероссийский научно-исследовательский институт кабельной промышленности (Россия), Волгоградский государственный технический университет (Россия), а также в ряде ведущих вузов Республики Узбекистан, в том числе: Навоийском государственном горно-технологическом университете, Ташкентском государственном транспортном университете, Ташкентском государственном техническом университете и Национальном университете науки и технологий.

Мировой опыт свидетельствует о широком интересе научного сообщества к разработке новых технологий переработки вулканизированных резиновых отходов и изношенных изделий. Особое внимание уделяется снижению выбросов загрязняющих веществ, созданию безотходных технологий, а также расширению сфер применения получаемых ингредиентов в различных отраслях промышленности. Важнейшие научные достижения в этой области включают разработку технологий получения модифицированных высоко структурных минеральных наполнителей (Токуо Institute of Technology, Япония), оптимизацию процессов получения эластомерных композиций с использованием наполнителей, модифицированных поверхностно-активными веществами (California Institute of Technology, США), а также создание композиционных материалов на основе сочетания различных типов каучуков и волокнистых наполнителей, обладающих уникальными физико-механическими свойствами.

Результаты данных исследований демонстрируют высокую эффективность технологий вторичной переработки, позволяющих получать продукцию с улучшенными характеристиками и пониженной себестоимостью. Разработанные решения способствуют не только рациональному использованию вторичных ресурсов и снижению экологической нагрузки, но и открывают новые перспективы для развития конкурентоспособных продуктов на их основе. В частности, в сфере переработки автомобильных шин наблюдается динамичное развитие энергоэффективных, безопасных и экологически чистых комплексных технологических систем. Научные разработки, осуществляемые в этом направлении, способствуют расширению спектра применения продуктов переработки шин, повышению их рыночной конкурентоспособности, а также решению глобальных экологических задач, связанных с безопасной утилизацией резинотехнических изделий. Таким образом, накопленный международный опыт и результаты проводимых исследований формируют научно-технический фундамент для дальнейшего совершенствования процессов переработки резиновых отходов и создания на их основе инновационных материалов и технологий, соответствующих современным требованиям устойчивого развития.

Степень изученности проблемы. По переработке вулканизированных отходов резиновой промышленности и изношенных изделий, а также по эффективному использованию вторичного сырья, получаемого из них, значительный вклад внесли следующие ученые: Х. Накамура, С. Джонс, В. Ли, Г. Кац, Ю. Краусс, А. Донцов, Б. А. Догадкин, А. А. Берлин, Ф. Ф. Кошелев, А. Е. Корнев, А. М. Буканов, М. Л. Уральский, Б. Е. Гуль, Ю. Л. Липатов, А. М. Смирнова, Ю. С. Зуев, В. М. Гончаров, П. В. Раков, Л. Б. Коварская, А. Г. Шварц, Г. А. Сорокин, Н. Д. Захаров, Г. А. Блок, Д. Н. Мак-Келви, С. С., Ю. Ш. Шадиметов, Негматов, А. К. Юсупбеков, А. С. Ибадуллаев, Е. У. Тешабаева, Б. Ф. Мухиддинов и ряд других специалистов, которые проводили научные исследования в данной области.

В результате термической переработки вулканизированных отходов резиновой промышленности и изношенных изделий образуются вторичные продукты, которые могут быть использованы в качестве сырья для различных промышленных применений. На основе данных разработок проведены исследования по использованию продуктов термической переработки в качестве вторичного сырья при производстве композиционных эластомерных материалов и специальных резинотехнических изделий с заданными свойствами. Кроме того, изучены возможности применения данных продуктов переработки при изготовлении высокопрочных изделий на основе полимерных композиций, содержащих резинотехнические изделия, резинотекстильные и резинометаллические материалы, а также шины. Применение безотходных комплексных технологий переработки вулканизированных отходов и изношенных изделий резиновой промышленности позволяет не только снизить выбросы вредных газов в окружающую среду, но и расширить области применения вторичных продуктов переработки, включая получение функциональных ингредиентов для резинотехнических изделий.

При этом процесс получения модифицированных наполнителей для композиционных эластомерных материалов включает в себя следующие этапы: получение модифицированных наполнителей на основе созданных ингредиентов; разработка технологии получения модификаторов для модификации минеральных наполнителей с использованием местного сырья; создание технологии получения модификаторов на основе местного сырья; разработка рецептур композиционных материалов с особыми свойствами на основе модифицированных наполнителей, а также исследование технологии получения изделий на их основе.

Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.

Диссертационное исследование выполнено в рамках хозяйственного договора в соответствии с планом научно-исследовательских работ Навоийского государственного горно-технологического университета ПШ №05/2023 по теме «Разработка технологии безотходной переработки автомобильных шин».

Целью исследования является разработка технологии низкотемпературного пиролиза для переработки изношенных автомобильных шин, резинотехнических изделий и вторичного сырья резиновой промышленности с целью получения ингредиентов для полимерных композитов.

Задачи исследования:

выявление основных причин, препятствующих применению известных на сегодняшний день методов переработки изношенных автомобильных шин, резинотехнических изделий и вторичного сырья резиновой промышленности, а также разработка экологически безопасных, ресурсосберегающих технологий их переработки.

определение оптимальных технологических параметров процесса термической деструкции во вторичном сырье резиновой промышленности, изношенных автомобильных шин и резинотехнических изделий в бескислородной среде с использованием метода низкотемпературного пиролиза с целью обеспечения экологической безопасности, повышения энергоэффективности и ресурсосбережения.

анализ качественного и количественного состава получаемых вторичных продуктов переработки и разработка на их основе рецептур композиционных полимерных материалов, соответствующих заданным требованиям.

определение влияния полученных модифицированных ингредиентов на технологические, реологические и технические свойства композиций на основе полимеров различной структуры, а также разработка технологий получения изделий, предназначенных для эксплуатации в различных условиях.

изучение процессов удаления тяжёлых металлов и других вредных загрязняющих веществ из сточных вод с использованием активированных порошкообразных ингредиентов, полученных пиролизом изношенных резинотехнических изделий и шин на основе эластомеров различной структуры.

анализ адсорбционной способности сорбентов, полученных при различных температурах термического разложения (600–800 °С).

изучения влияния температуры на структуру сорбентов и эффективность их применения для очистки загрязнённых сточных вод, определение оптимальных температурных условий синтеза сорбентов.

оценка соответствия состава очищенной воды действующим экологическим и санитарным нормам, а также разработка технологий очистки промышленных сточных вод с использованием полученных сорбентов.

Объектом исследования являются изношенные автомобильные шины, резинотехнические изделия и вулканизованные вторичные сырьевые материалы резиновой промышленности, а также продукты, полученные в результате низкотемпературного пиролиза.

Предметом исследования являются ингредиенты, полученные на основе изношенных автомобильных шин, резинотехнических изделий и

вулканизованных вторичных сырьевых материалов резиновой промышленности, а также полимерные композиции и изделия, изготовленные с их использованием, рассматриваются в качестве сорбентов.

Методы исследования. В рамках исследования применялись современные физико-химические и технологические методы анализа, включая инфракрасную спектроскопию (ИКС), ядерный магнитный резонанс (ЯМР) спектроскопию, термогравиметрический анализ, дифференциальный термический анализ, термомеханический анализ, деформационные испытания, а также стандартные методы испытаний, что обеспечило комплексное исследование свойств образцов.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

создан технологический процесс пиролиза с деструкцией при низкой температуре в бескислородной среде для переработки автомобильных шин, резинотехнических изделий и вторичного сырья резиновой промышленности.

изучены качественный и количественный состав полученных вторичных продуктов, на основе которых разработан состав композиционных полимерных материалов, соответствующий предъявляемым требованиям.

изучено влияние созданных ингредиентов на технологические, реологические и технические свойства композиций на основе полимеров различной структуры, а также разработаны технологии получения изделий, применяемых в различных условиях.

обоснован процесс удаления тяжелых металлов и других вредных загрязнителей из сточных вод с использованием активированных порошкообразных ингредиентов, полученных в результате пиролиза, в изношенных резинотехнических изделиях и шинах на основе эластомеров различной структуры.

определена адсорбционная способность сорбентов, полученных при различных температурах (600–800°C) пиролиза, изучено влияние температуры на структуру сорбентов и эффективность очистки загрязняющих веществ, а также установлены оптимальные температурные условия и состав сорбентов.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

определены оптимальные режимы переработки изношенных резинотехнических изделий и шин на основе эластомеров различной структуры методом низкой температуры пиролиза: температура – 550 °C; размер отходов – 160 мм; продолжительность времени процесса – 245 минут.

изучено влияние созданных ингредиентов на технологические, реологические и технические свойства композиций, а также разработаны технологии получения изделий, используемых в различных условиях эксплуатации.

С использованием активированных порошкообразных ингредиентов, полученных в результате пиролиза изношенных эластомерных резинотехнических изделий и шин, разработана технология очистки промышленных сточных вод.

Надёжность результатов исследования Полученные результаты подтверждены проведением лабораторных исследований с использованием современных физико-химических методов анализа-дериватографии, инфракрасной спектроскопии, а также испытаний на пористость с применением специализированного оборудования, надёжность результатов обеспечена высокой степенью воспроизводимости и количественным подтверждением, что подтверждается данными многочисленных проведённых исследований.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

научная значимость результатов исследования обусловлена созданием теоретических основ состава и технологий получения полимерных композиций и сорбентов для очистки воды на основе переработки вторичных резинотехнических изделий, шин и отходов резиновой промышленности.

практическая же значимость результатов исследования заключается в снижении объёмов выделяющихся при переработке вторичных резиновых материалов вредных газов, использовании отходящих газов в пиролизном процессе вместо природного газа, а также в разработке технологий получения полимерных композиций и изделий с заданной структурой и свойствами, а также технологий очистки промышленных сточных вод на основе полученных ингредиентов.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных научных результатов по созданию технологии получения композиционных полимерных материалов и адсорбентов с применением ингредиентов, полученных из переработки изношенных резинотехнических изделий, шин и отходов резинотехнической промышленности:

технология переработки изношенных резинотехнических изделий, шин и отходов резинотехнической промышленности внедрена в цехе по производству резинотехнических изделий ПО Навоийского машиностроительного завода АО «Навоийский горно-металлургический комбинат» (справка № 23/01-01-07/422 от 20 июня 2025 года). В результате обеспечена возможность 100 % экологически чистой переработки изношенных резиновых изделий на территории Республики Узбекистан;

метод очистки сточных вод 3-го гидрометаллургического завода с применением сорбентов, полученных из использованных автомобильных шин, включен в «Список перспективных разработок, подлежащих внедрению в 2025–2026 гг.» АО «Навоийский горно-металлургический комбинат» (справка № 23/01-01-07/422 от 20 июня 2025 года). В результате удалось снизить общую жёсткость сточных вод 3-го ГМЗ до 24,62 мг-экв/л;

метод очистки сточных вод 3-го ГМЗ с применением сорбентов на основе использованных автомобильных шин и бентонита включен в «Список перспективных разработок, подлежащих внедрению в 2025–2026 гг.» АО «Навоийский горно-металлургический комбинат» (справка № 23/01-01-07/422 от 20 июня 2025 года). В результате удалось снизить содержание тяжёлых металлов в сточных водах 3-го ГМЗ в среднем на 70–83 %.

Апробация результатов исследования. Результаты исследований были представлены на 15 международных и 4 республиканских научно-технических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано всего 29 научных работ, из них в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций (DSc), изданы 13 научных статей, в том числе 9 в республиканских журналах и 4 в зарубежных.

Структура и объём диссертации. Структура диссертации состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Объём диссертации составляет 200 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

В введении обоснована актуальность проведённого исследования и выявлена потребность в его выполнении; определены цель и задачи исследования, описаны объект и предмет исследования. Показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики. Отражены научная новизна и практические результаты работы, раскрыта научная и практическая значимость полученных данных. Приведены рекомендации по применению результатов исследования на практике, перечислены опубликованные работы и структура диссертации.

В первой главе диссертации под названием «**Состав и области применения эластомерных композиций**» проведён анализ современного состава эластомерных материалов, областей их применения, состояния и тенденций развития существующих технологических процессов. Рассмотрены методы переработки вулканизированных отходов резиновой промышленности и изношенных изделий, а также использование полученного сырья в промышленности и производстве. Проведён комплексный анализ влияния углеродосодержащих материалов и их композиций, основанных на высокомолекулярных соединениях, на свойства композиционных материалов. Выполнен детальный анализ процесса получения сорбентов на основе углеродосодержащих материалов.

Критический обзор литературы и анализ современного состояния процессов получения углеродосодержащих материалов показали, что для создания композиций наиболее целесообразно развивать направления, связанные с поиском многофункциональных ингредиентов на основе местного сырья, а также разработкой технологий композиционных материалов и созданием на их основе изделий с заданными специфическими свойствами. Кроме того, изучены литературные источники по выделению серы из пиролизной жидкости и методам её обесцвечивания.

В второй главе диссертации под названием «**Исследование свойств вулканизированных вторичных сырьевых материалов резиновой промышленности, изношенных резинотехнических изделий и шин**»

изучены методы определения физических, химических и механических свойств исходного сырья-резиновых кусочков, вулканизированных отходов резиновой промышленности и изношенных резиновых изделий. Особое внимание уделено всестороннему исследованию процесса термического разложения резиновых отходов при низких температурах, что позволяет управлять реакцией и получать прогнозируемые результаты на основе выявленных основных закономерностей.

Для достижения этой цели разработан лабораторный реактор малого объёма, представляющий собой цилиндрическую камеру диаметром 400 мм и высотой 600 мм, установленную вертикально в электрической печи (рисунок 1). Для обеспечения отсутствия кислорода в реакторе внутри него установлен закрытый термос. Нагрев реактора осуществляется до температуры 500–600 °С с контролем температуры с помощью хромель-алюмелевой термопары. Образующиеся в процессе пиролиза газы по трубе направляются в конденсационное устройство через теплообменник. В теплообменнике в качестве хладагента используется вода, которая движется по внешней трубе в противоположном направлении. Внутри трубы происходит конденсация пиролизных газов.

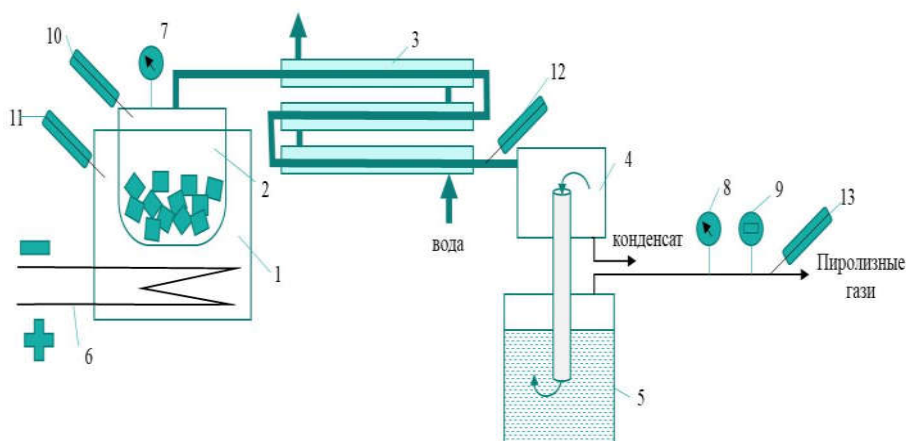


Рис. 1. Технологическая принципиальная схема процесса термического разложения резиновых кусочков из вулканизированных отходов и изношенных резинотехнических изделий: 1 – внешний корпус реактора, предназначенный для нагрева; 2 – термос-реактор; 3 – трубчатый теплообменник внутри трубы; 4 – сборник конденсата; 5 – байпас; 6 – электронагрев; 7, 8 – манометры; 9 – газовый счётчик; 10, 11, 12, 13 – термопары.

В реактор загружают достаточное количество резиновых кусочков, которые нагреваются до рабочей температуры. Начало выделения газов фиксируется при достижении температуры внутри реактора-термоса около 380 °С. Процесс поддерживается в течение 90–120 минут до полного завершения реакции. По окончании нагрева отключается, и пиролизный остаток охлаждается перед выгрузкой.

Для определения температурного диапазона разложения шинных кусочков в герметичной тигельной камере с исключением доступа воздуха

была использована термогравиметрия (рис. 2). Процесс термического разложения начинается при температуре около 150 °С, при этом наблюдается частичная потеря массы образца. Максимальная скорость потери массы фиксируется в интервале 343–402 °С и соответствует основному этапу разложения материала. Процесс завершается при температуре около 550 °С, что по своей природе сходно с термическим разложением бурого угля.

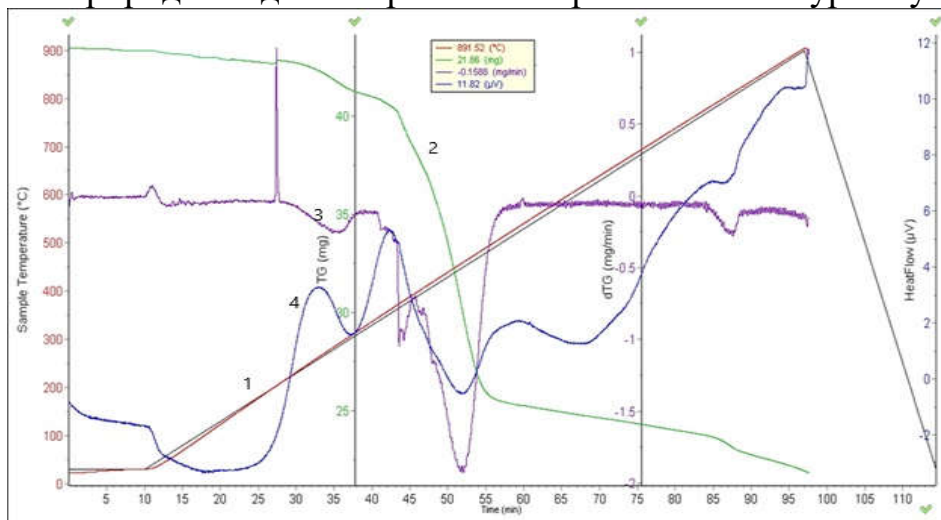


Рис. 2. Дериватограмма кусочков из вулканизированных отходов резиновой промышленности и изношенных резинотехнических изделий: 1. Т-кривая температуры; 2. ДТГА-кривая дифференциальной термогравиметрии; 3. ТГП-кривая термического газоотделения; 4. ДСК-кривая дифференциальной сканирующей калориметрии.

Из анализа полученных данных можно сделать вывод, что процесс термического разложения следует осуществлять в интервале температур 500–550 °С. Таким образом, дериватографический анализ позволяет определить оптимальные условия пиролиза резиновых изделий для получения вторичных продуктов, пригодных к дальнейшему использованию (таблица 1). Ниже в таблице 1 приведена эффективность пиролизных продуктов, полученных при различных температурах нагрева резиновых кусочков.

Таблица 1

Эффективность пиролизных продуктов резиновых кусочков при различных температурах нагрева

Пиролизные продукты, мас. %	Температура, °С				
	375-450	450-550	550-650	650-750	750-900
Газ (г)	4,8 - 5,0	5,4 - 5,9	7,6 - 7,8	7,9 - 8,1	8,3 - 8,5
Пиролизная жидкость (с)	30,1-32,3	48,9 - 50,1	58,3- 60,1	59,4-61,2	61,8 - 62,9
Твердый остаток (к)	60,1-61,0	39,2 - 40,0	31 - 31,6	29,8-30,2	27,9 - 28,1
Потеря	5 - 1,7	6,5 - 4,0	3,1 - 0,5	2,9 - 0,5	2,0 - 0,5

В процессе термического разложения изношенных шин получают три типа продуктов: газ, пиролизную жидкость и твердый углеродсодержащий материал.

Анализ данных, представленных в таблице 1, свидетельствует о том, что с повышением температуры процесса наблюдается значительное увеличение выхода жидких продуктов, при этом после 650–750 °С их количество начинает снижаться, так как основные углеводороды практически полностью выделяются в интервале температур до 550–650°С. Выход углеродсодержащего остатка при этом резко уменьшается.

При использовании сырья с высокой степенью дисперсности гетерогенные процессы теплообмена максимально проявляются на поверхностной площади. В результате сокращается продолжительность реакции, а энергозатраты на нагрев теплоносителя уменьшаются. Кроме того, для шинных каучуков различного размера - от 12 до 300 мм - помимо оптимальной температуры 550 °С были дополнительно исследованы три температурных режима: 600 °С, 800 °С и 900 °С, с целью оценки влияния температуры на продолжительность процесса пиролиза (таблица 2).

Таблица 2

Влияние температуры на продолжительность процесса термического разложения изношенных резинотехнических изделий различного размера

Размер резиновых кусков, мм	Температура нагрева, °С			
	550	650	750	900
	Время термического пиролиза резиновых кусков (мин.)			
10	2	2	2	2
20	5	5	5	5
40	18	17	16	15
80	65	57	54	51
160	245	235	228	204
320	921	912	905	895

Опытные результаты показывают, что время термического разложения резины варьируется от 2 минут до 15,5 часов. В первую очередь, это обусловлено толщиной резинового кусочка.

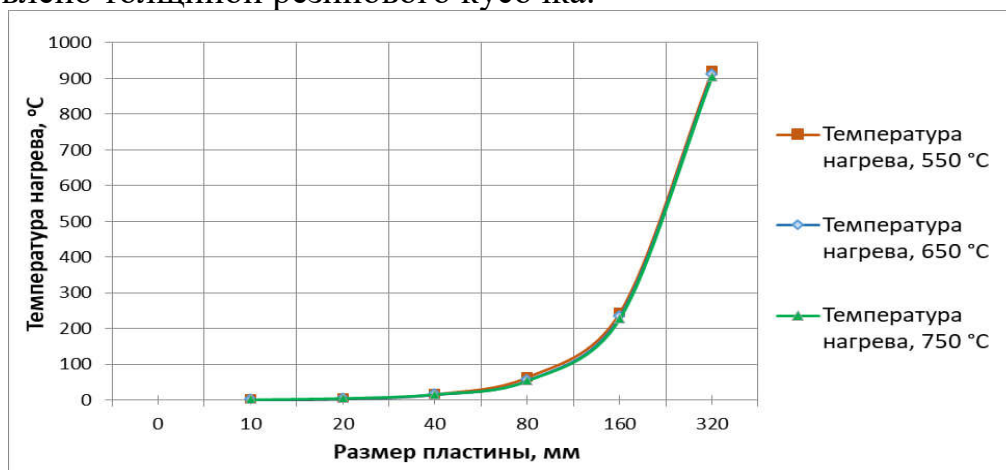


Рис. 3. Зависимость времени термического разложения кусочков изношенных резинотехнических изделий от их размеров: 1 - 525 °С; 2- 600 °С; 3- 700 °С; 4- 800 °С.

Изображённые на рисунке 3, все четыре кривые практически совпадают, что дополнительно подтверждается результатами дериватографического анализа. В процессе разложения температура вдоль центральной оси резинового кусочка изменяется неравномерно. Чем выше разница температур между поверхностью кусочка и её центральной осью, тем выше скорость повышения температуры.

С целью определения, какие параметры являются наиболее значимыми при нагревании измельчённого сырья различного размера, была изучена зависимость термического поведения от толщины кусочков резины, их удельной поверхности, радиуса и других характеристик.

В третьей главе диссертации под названием «**Разработка метода низкотемпературной переработки вулканизированных отходов резиновой промышленности и изношенных резинотехнических изделий и шин**», приведена схема устройства для непрерывной переработки изношенных автомобильных шин путём их термического разложения в целом виде, а также рассмотрены качественные и количественные характеристики газов, выделяющихся в окружающую среду и методы их нейтрализации.

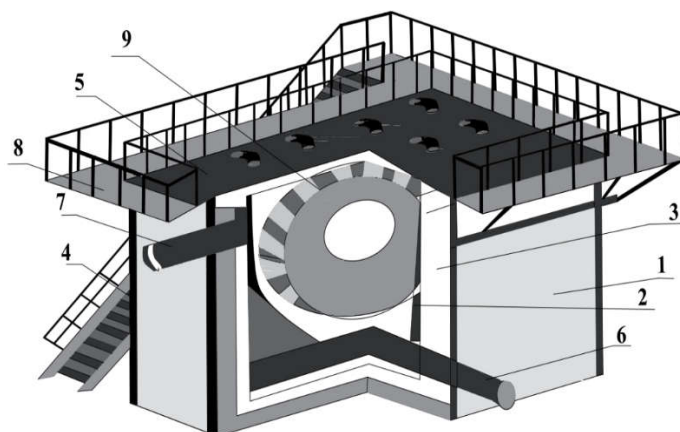


Рис. 4. Установка для термического разложения изношенных автомобильных шин в целом виде: 1 – футерованный корпус; 2 – камера размещения; 3 – верхняя камера; 4 – нижняя камера; 5 – камера сгорания; 6 – место хранения шин; 7 – шина; 8 – канал; 9 – сепаратор.

Особенностью предлагаемого устройства является использование цепного транспортёра для принудительного перемещения перерабатываемого сырья. Данный транспортёр оснащён эластичными скребками (поз. 10), которые в процессе движения способны изменять свою высоту относительно размеров реакторной камеры.

Изношенные шины подаются в реактор с помощью специального загрузочного устройства (рис.4). При этом в реакторе должен поддерживаться бескислородный режим. Для этого используется пятикамерная воздушная блокировка (поз. 2), разделённая на верхнюю (поз. 3) и нижнюю (поз. 4)

воздушные камеры блокировки посредством дверей верхней (поз. 10) и нижней (поз. 11) частей.

Проведённые научно-исследовательские работы показали, что пиролиз автомобильных шин в целом виде обеспечивает полное протекание процесса и способствует улучшению качества получаемых продуктов. Разработанная и предлагаемая к внедрению технология учитывает, как экономические, так и экологические аспекты. Это, в свою очередь, способствует внедрению нового подхода к утилизации промышленных отходов, таких как неиспользуемые автомобильные шины, на государственном уровне. Анализ результатов, полученных с помощью предлагаемой установки, показывает, что максимальные возможные концентрации всех веществ достигаются вблизи источников эмиссии на расстояниях от 5,7 м до 32 м. Лишь по трём веществам превышены предельно допустимые разовые концентрации в точках максимальных концентраций: это оксид серы, неорганическая пыль и насыщенные углеводороды.

Результаты расчёта общего индекса загрязнения атмосферного воздуха с учётом суммарного воздействия веществ приведены в таблице 3.

Таблица 3

Перечень загрязняющих источников и расчётные характеристики загрязнения приземного слоя атмосферы

№	Наименование загрязняющих веществ	Код веществ а	Максимально допустимая концентрация, См		Опасная скорость ветра, м/с	Опасное расстояние от источника, м	Расстояние достижения ПДК, м
			мг/м ³	Доля в ПДК			
1	Оксид азота (IV)	301	0,368	4,33	1,21	15,15	83
2	Оксид углерода (IV) (углекислый газ)	337	0,613	0,12	1,21	15,15	См<1 РЭМ
3	Метан	410	0,004	$0,72 \cdot 10^{-4}$	3,8	32,03	См<1 РЭМ
4	Углеводороды (предельные)	2754	8,36	8,36	0,5	11,4	101
5	Пыль (неорганическая)	2909	4,05	8,1	0,5	5,7	63

Для создания безотходной технологии переработки изношенных автомобильных шин были проведены научные исследования, в результате которых была предложена установка нового оборудования (рекомендуемый образец)-печи для производства известняка, смонтированной на предприятии «Мурунтау», расположенном в городе Зарафшан. В рамках подготовки к внедрению в промышленное производство были разработаны конструкторские чертежи оборудования, предназначенного для безотходной переработки отработанных шин, крупнотоннажной техники. Разработанная технология рекомендована для промышленного внедрения.

В четвертой главе диссертации под названием «Изучение физико-химических свойств ингредиентов, полученных из вторичных и изношенных резинотехнических изделий», рассматриваются физико-химические характеристики газообразных, жидких и твёрдых ингредиентов, образующихся в процессе переработки. Особое внимание уделено рентгенофазовому анализу, ИК-спектроскопии, дериватографическим исследованиям и сканирующей электронной микроскопии углеродсодержащего материала, получаемого в результате пиролиза.

Проведённые исследования позволили определить оптимальные параметры низкотемпературного пиролиза крупногабаритных автомобильных шин с позиции экологической безопасности. Это, в свою очередь, обеспечивает возможность получения жидких продуктов реакции с максимально высокой эффективностью и необходимыми эксплуатационными характеристиками.

Кроме того, разработаны рекомендации по безопасному дальнейшему использованию полученных жидких продуктов, а также по безопасной утилизации и применению накопленных материалов. Особое внимание уделено дальнейшему использованию твёрдых остатков и газообразных продуктов пиролиза, что требует детального изучения их химического состава и физико-химических свойств.

С учётом сложности процесса разложения изношенных шин, оптимальными методами для анализа состава продуктов пиролиза являются газожидкостная хроматография и хромато-масс-спектрометрия. С использованием этих методов был изучен состав как газообразных продуктов, так и пиролизных жидкостей. Результаты анализа газообразных продуктов пиролиза при температуре 550 °С представлены в таблице 4.

Состав газообразных продуктов пиролиза резиновых фрагментов существенно отличается от состава продуктов термического разложения угля. Газовая фаза продуктов пиролиза резины содержит значительно меньшее количество оксидов углерода; их содержание в продуктах пиролиза угля достигает 80 % по массе. Интенсивное образование оксидов углерода при пиролизе угля связано с реакциями декарбонизации карбоксильных групп, присутствующих в угольной матрице, но отсутствующих в полимерной структуре резиновых соединений.

Таблица 4

Качественный и количественный состав газов, полученных из изношенных резинотехнических изделий при температуре 550 °С

№ п/п	Наименование компонентов	Содержание компонента, мас. %	№ п/п	Наименование компонентов	Содержание компонентов, мас. %
1.	Метан	45,0	6.	Этилен	2,2
2.	Этан	14,9	7.	Бутен	1,3
3.	Пропан	5,0	8.	Водород	17,5

4.	Бутан	3,5	9.	Оксид углерода (CO)	4,2
5.	Пропилен	1,5	10.	Диоксид углерода (CO ₂)	4,9

Также была установлена аналитическая взаимосвязь между температурой разложения измельчённых шин и выходом жидких пиролизных продуктов, формирующихся в процессе деструкции каучуковых компонентов шин. Эти данные позволяют определить важные технологические параметры переработки измельчённых резиновых изделий, а также создают необходимые предпосылки для разработки экологически чистых установок для пиролизной переработки бывших в эксплуатации автомобильных шин.

Количественный анализ жидкой фракции (таблица 5) показал, что основными компонентами являются бензол, толуол, а также ряд нижних и высших гомологов бензола.

Таблица 5

Качественный и количественный состав жидких продуктов пиролиза
(550 °С)

Наименование компонентов	Содержание, мас. %
Изопрен	0,1
Гэксен-1	0,5
Гептен-1	0,4
н-Октан	0,8
Циклогексан	0,5
Дипентен	0,2
Бензол	12,0
Толуол	12,8
Тиофен	1,2
2-Метилтиофен	0,6
3-Метилтиофен	0,5
Этилбензол	13,2
п-Ксилол	4,4
м-Ксилол	4,1
о-Ксилол	3,4
н-Пропилбензол	1,0
Изопропилбензол (кумол)	1,9
Ароматические углеводороды C ₉ -C ₁₀	32,5
другие соединения	9,9

Химический состав жидких продуктов, полученных из изношенных резинотехнических изделий, не ограничивается приведёнными компонентами - в них дополнительно присутствует порядка 10 % различных соединений в малых концентрациях. Среди них идентифицированы алифатические,

ароматические и гетероциклические соединения. Полученные данные позволяют предположить, что содержание серосодержащих соединений в пиролизной смоле связано преимущественно с наличием тиофена и его гомологов.

В жидкой пиролизной фракции значительное место занимают изомеры ксилола, которые, благодаря сходству своей структуры и физико-химических свойств, создают определённые трудности при их точной идентификации и количественном определении по отношению к другим компонентам.

Полученный углеродсодержащий материал представляет собой хрупкую массу чёрного цвета. Основные показатели этого продукта приведены в таблице 6.

Таблица 6

Основные показатели твёрдого остатка, полученного при пиролизе использованных автомобильных шин при температуре 550 °С

Наименование компонентов	Показатель, масс. %
влажность, % масс.	0,35
	Углерод
	Водород
	Сера
	Остаток
Зольность	7,70
Содержание летучих веществ	1,80
Теплота сгорания, МДж/кг	23,5
Удельная геометрическая поверхность, м ² /г	43-49
Удельная условная поверхность, м ² /г	14-18
Удельная адсорбционная поверхность по фенолу, м ² /г	36-40
Элементный состав органической массы, масс. %:	
Углерод	94,9
Водород	1,89
сера	2,10
Остаток	1,11

Полученный в процессе пиролиза углеродсодержащий материал не может быть отнесён к числу полноценных промышленных продуктов. В частности, по сравнению с карбонизированными материалами бурого угля, он характеризуется значительно более низкой удельной поверхностью и более слабой сорбционной способностью.

В таком виде пиролитический углерод не пригоден для непосредственного коммерческого применения и требует дополнительной технологической переработки с целью получения товарной продукции с добавленной стоимостью.

Анализ состава полученного углеродсодержащего материала показал, что компоненты обладают качеством, сопоставимым с техническим углеродом (рис.5). Результаты исследований также продемонстрировали, что уменьшение размеров частиц углеродного материала способствует

увеличению его насыпной плотности, кислотности, гигроскопичности, при этом практически не влияет на содержание золы.

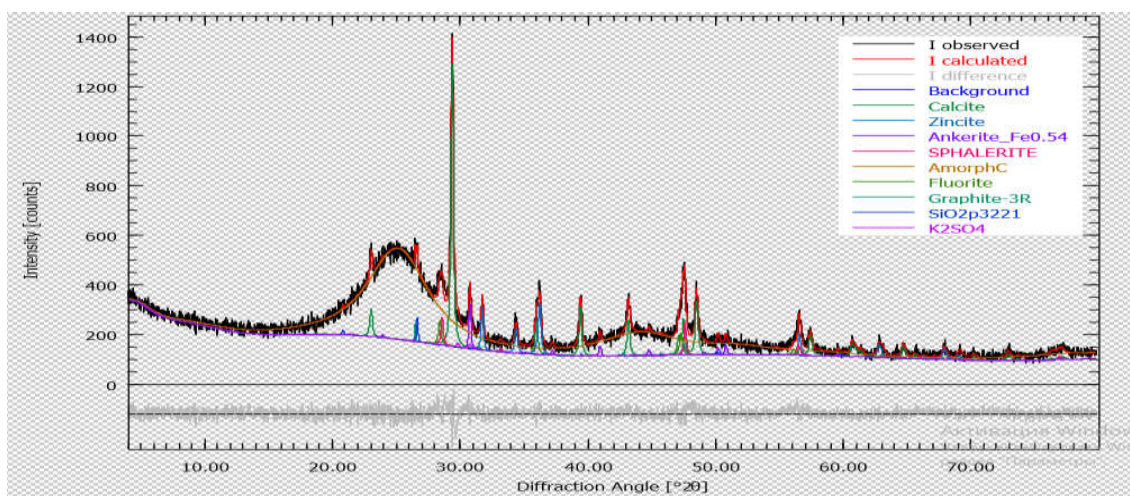


Рис. 5. Рентгенограмма углеродсодержащего материала, полученного в результате пиролиза автомобильных шин

Повышение кислотности и влагосодержания связано с тем, что частицы с высокой удельной поверхностью легче поглощают кислород из окружающей среды, способствуя образованию сложных соединений. Состав углеродсодержащего материала был также исследован методом рентгенофазового анализа. Полученные и проанализированные результаты приведены в таблице 7.

Рентгенодифрактограмма была получена с помощью дифрактометра Shimadzu XRD-6100, оснащённого трубкой с медным анодом ($\text{Cu K}\alpha_1 = 1,5406 \text{ \AA}$, $\text{K}\alpha_2 = 1,5443 \text{ \AA}$, $\text{K}\alpha_2 / \text{K}\alpha_1 = 0,5$). Анализ данных осуществлялся с использованием программы Profex-Open Source XRD and Rietveld Refinement.

Таблица 7

Результаты рентгенофазового анализа углеродсодержащего материала, полученного в результате пиролиза вторичных автомобильных шин

№ т/р	Компоненты углеродсодержащего материала	Содержание, %	Степень поглощения, %
1.	Кальцит	7,59	0,46
2.	Оксид цинка (ZnO)	1,14	0,07
3.	Анкерит ($\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe})[\text{CO}_3]_2$)	1,21	0,1
4.	Сульфид цинка (ZnS)	0,39	0,04
5.	Аморфный углерод	88,24	0,71
6.	Флюорит	0,66	0,07
7.	Графит-3h (кристаллический)	0,24	0,06
8.	Кварц	0,32	0,06
9.	Сульфат калия (K_2SO_4)	0,22	0,07

Анализ результатов, выполненный с использованием метода Ритвельда, показал, что углеродсодержащий материал состоит преимущественно из аморфного углерода (88,24 %), кальцита (7,59 %), анкерита (1,21 %), оксида цинка (1,14 %) и других составных компонентов.

Таким образом, проведённый рентгенофазовый анализ подтверждает многокомпонентный состав углеродсодержащего материала, полученного при пиролизе шин.

В пятой главе диссертации под названием «**Определение областей применения ингредиентов, полученных при низкотемпературной термической переработке вторичных и изношенных резинотехнических изделий**», рассматриваются области применения вторичных продуктов-газа, жидкой фракции и углеродсодержащего материала-образующихся в процессе термического разложения отработанных автомобильных шин, а также результаты очистки выбросов серы, поступающего в атмосферу.

В качестве одного из основных направлений использования газовой фазы, получаемой при переработке изношенных резинотехнических изделий, предлагается её применение вместо природного газа, используемого в известковокальных печах гидрометаллургического завода №2. Для этого газовые продукты термического разложения предполагается направлять в специально разработанную линию - так называемую утилизаторную печь (далее по тексту - *утилизатор*) (Рис.6). Это решение позволит существенно снизить объём выбросов отходящих газов в атмосферу и одновременно повысить экономическую эффективность производства.

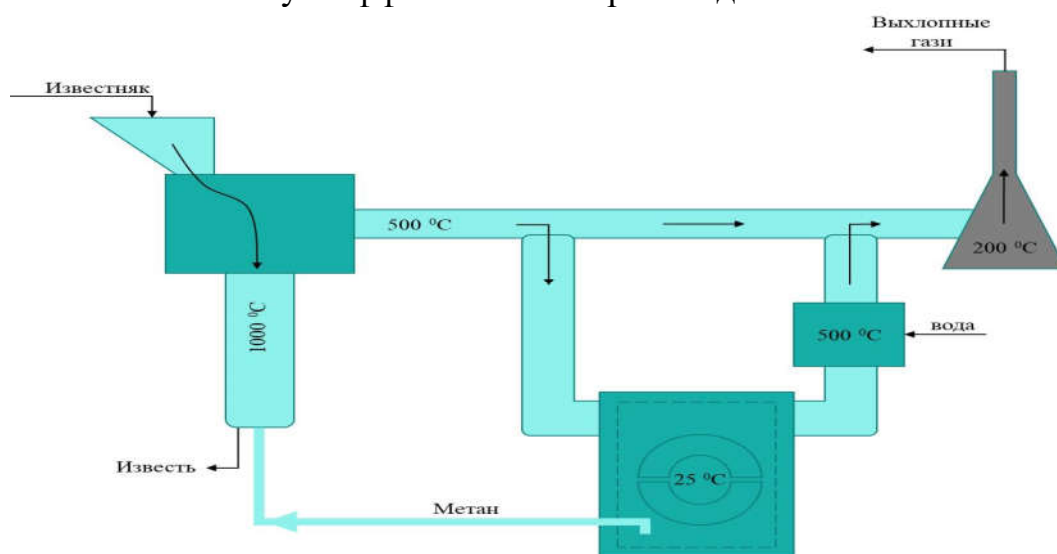


Рис. 6. Технологическая схема использования тепла, выделяющегося из комплекса для обжига известняка, для процесса пиролиза: 1 - Воронка для известняка; 2 - Камера для известняка; 3- Газопровод; 4 - Вращающаяся печь; 5 - Реактор пиролиза; 6 - Камера очистки; 7 - Башня.

В целях создания безотходной технологии переработки изношенных автомобильных шин были проведены научные исследования и предложена установка новой технологической линии на предприятии «Мурунтау», расположенном в г. Зарафшан, посредством интеграции модифицированной печи для обжига известняка (предлагаемый образец). Для внедрения в промышленное производство были подготовлены чертежи установки, предназначенной для безотходной переработки изношенных шин тяжелой

грузовой техники, и данная технология была рекомендована к промышленному применению.

Работы по снижению содержания серы в составе жидких продуктов пиролиза, а также по определению областей их применения, проводились в карьере «Мурунтау», расположенном в г. Зарафшан. Изношенные шины различных марок были предварительно нарезаны на три фракции различного размера и очищены от почвы и загрязняющих веществ. Пиролиз указанных фрагментов шин осуществлялся в реакторе из нержавеющей стали, имеющем длину 70,0 см и внутренний диаметр 15,0 см. Процесс последующей переработки пиролизной жидкости с целью удаления оксидных соединений и обесцвечивания для дальнейшего использования изображён на рисунке 5.2.1. Для удаления оксидных соединений из пиролизной жидкости применялся N,N-диметилформамид (ДМФА). Для удаления серосодержащих соединений из состава пиролизной жидкости использовалась смесь растворов перекиси водорода (H_2O_2) и муравьиной кислоты ($HCOOH$) в соотношении 2:1, с использованием различных концентраций.

Для процесса обесцвечивания применялся активированный порошковый бентонит. Процесс включал добавление ДМФА в различных пропорциях к 250 мл пиролизной жидкости с последующим перемешиванием при комнатной температуре в течение 2 часов.

Затем в смесь добавлялся раствор $H_2O_2 + HCOOH$. После этого к пиролизной жидкости при комнатной температуре добавлялся термоактивированный бентонитовый порошок, перемешивание осуществлялось со скоростью 700 об/мин с проведением реакции в течение 10 минут.

В данном процессе из использованной автомобильной шины сначала извлекается жидкость, которая затем подвергается поэтапному разделению на фракции. В первую очередь шина загружается в пиролизный реактор, где происходит разделение газов и конденсата. Далее жидкость направляется на процесс дистилляции и разделяется на отдельные фракции. Последовательность этапов этого процесса представлена на рисунке 7.

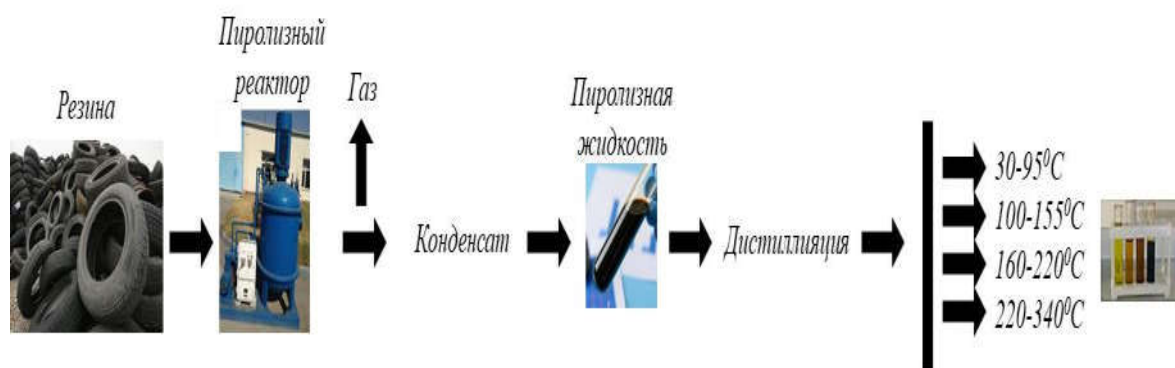


Рис.7. Последовательность процесса получения дистиллята из полученной жидкости, изношенных резиновых изделий

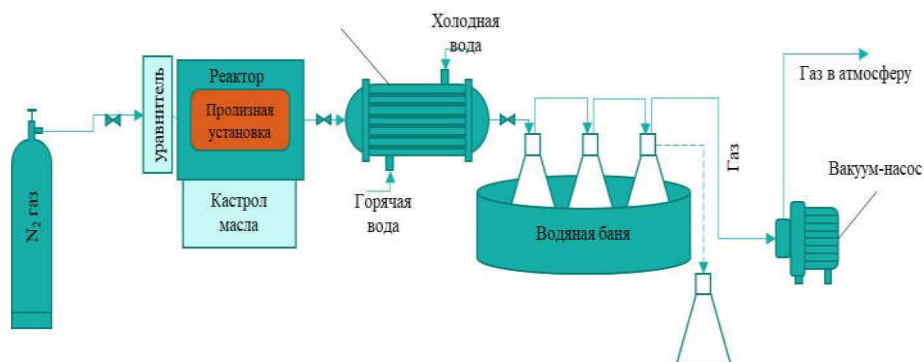


Рис. 8. Принципиальная технологическая схема процесса переработки вторичных и изношенных резиновых изделий

Данная технологическая схема предназначена преимущественно для лабораторных процессов и включает использование азота для создания инертной среды. Кроме того, в схеме предусмотрена система охлаждения для конденсации газов в жидкость (рис. 8).



Рис. 9. Процесс десульфуризации и обезвоживания жидкости, полученной из вторичных и изношенных резиновых изделий

В результате пиролиза из состава использованных автомобильных шин выделяется до 42% жидкости, что, безусловно, зависит от температуры, размера резиновых кусков и продолжительности процесса. В данном эксперименте температура, время реакции и размеры кусков шин составляли соответственно 550°C, 60 минут и 5×3×0,7 см³. Пиролиз при низкой температуре и длительном времени способствует образованию вторичных продуктов с увеличением выхода угля и снижением выхода жидкости (Рис. 9).

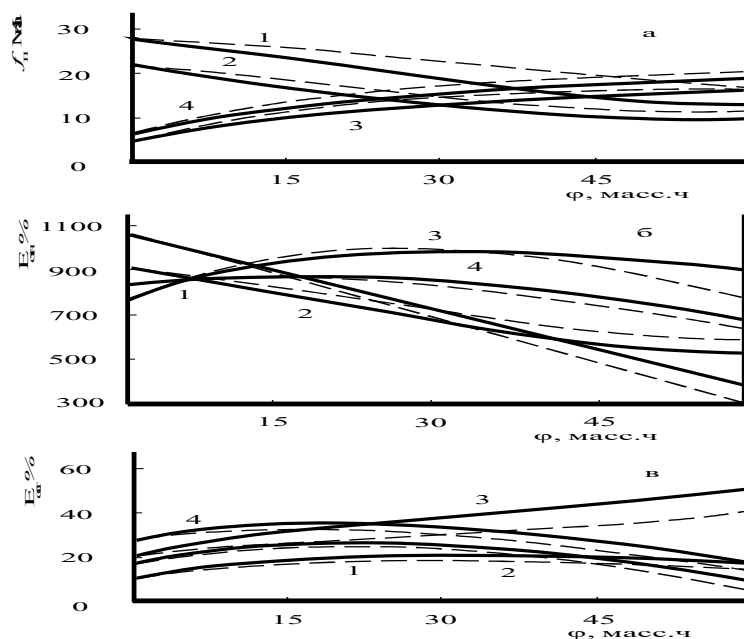
При высокой температуре (выше 550 °С) увеличивается теплотворная способность летучих веществ пиролиза, что снижает выход пиролизной жидкости, однако, из-за наличия вторичных крекинг-реакций увеличивается выход газовой фазы. Размер кусков шин больше 5×3×0,7 см³ способствует увеличению производства газа и угля.

В районе Центрального административного управления в течение нескольких лет большое количество отходов, образующихся из негодных шин грузовых автомобилей, занимает значительные территории. Были проведены многочисленные работы по переработке этих отходов и получению различных продуктов, необходимых для горно-рудной промышленности и других отраслей. Однако эффективность этих работ была низкой из-за высокой

стоимости и отсутствия систематизации, что привело к тому, что процессы переработки отходов не получили широкого развития.

Обоснована экономическая эффективность технологии систематической переработки шин различных марок грузовых автомобилей путем пиролиза и получения разнообразных продуктов.

Эффективное влияние изученных наполнителей-комполитов на прочностные свойства может быть связано с химическими изменениями в структуре вторичных материалов после термической обработки.



ИСК-3(1), СКН-26 (2), СБМК-30 АК-15 (3), СКН-18 (4), УСМ (---) ва техник углерод П 803 (-)

Рис. 10. Зависимость силы сцепления (F_p) - а, относительного удлинения ($E_{отн}$) - б, разрыва остатка ($E_{р.о}$) - в от содержания наполнителя в резине

Для определения степени сопротивляемости вулканизатов к разрушению (P_a) наполнитель имеет важное значение. P_a эластомерных композиций, армированных наполнителями, определяется рядом факторов, основным из которых является взаимодействие между матрицей и наполнителем (см. рис. 7). Показана зависимость P_a вулканизатов от количества исследуемых наполнителей (Рис. 10).

Введение наполнителей существенно повышает устойчивость каучуков к воздействию давления, при этом данный эффект особенно выражен у модифицированных наполнителей.

Активированные сорбенты, полученные в результате пиролиза использованных шин, могут эффективно применяться для очистки сточных вод, содержащих ионы железа. Исследования показывают, что активированные сорбенты из шин способны эффективно удалять ионы Fe из воды. Этот метод является важным как с точки зрения переработки отходов, так и с позиции охраны окружающей среды. Кроме того, данные сорбенты

экономически выгодны и могут широко использоваться для очистки промышленных сточных вод.

Анализ результатов показывает, что эффективность удаления ионов Fe^{+3} из раствора $Fe(NO_3)_3$ сильно зависит от температуры и количества сорбента. Повышение температуры и увеличение количества сорбента существенно улучшают процесс сорбции.

Оптимальными условиями являются температура 750 °С и количество сорбента 0,5 г, при которых достигается максимальная степень удаления ионов Fe из раствора — 98,57 %.

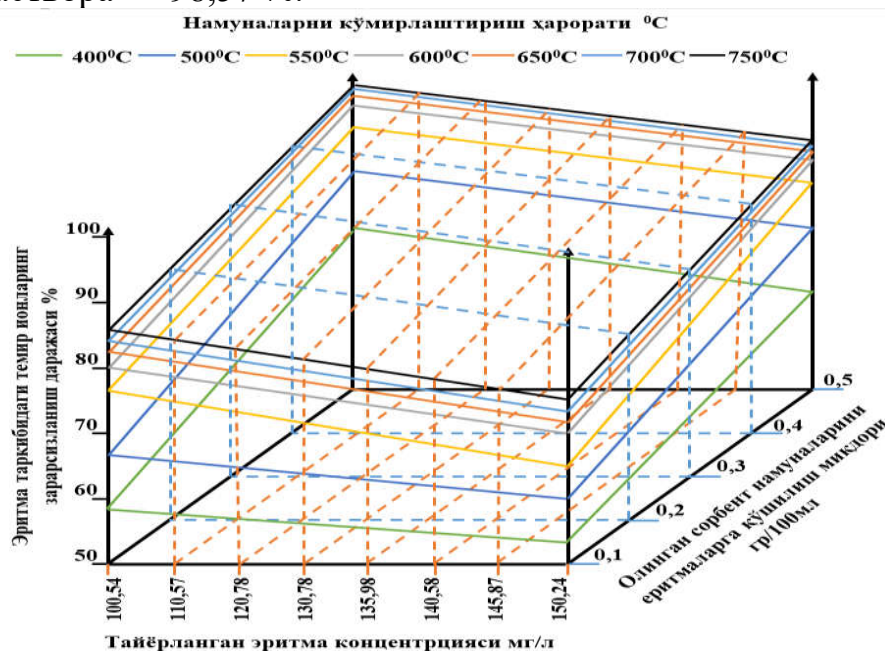


Рис.11. Зависимость степени поглощения ионов железа из раствора, содержащего катионы железа, от количества активированного сорбента и температуры активации.

Приведены количества сорбента (0,1 г, 0,2 г, 0,3 г, 0,4 г, 0,5 г) и температуры активации сорбента (400 °С, 500 °С, 550 °С, 600 °С, 650 °С, 700 °С, 750 °С), воздействовавших на раствор $Fe(NO_3)_3$. В каждом случае количество поглощенных ионов Fe в растворе выражено в процентах (Рис. 11).

В производственных условиях, без изменения технологического процесса, композиционные эластомерные материалы, армированные углеродсодержащими материалами, и изделия на их основе соответствовали требованиям технической документации.

ВЫВОДЫ

1. Изучены факторы, влияющие на низкотемпературный пиролиз использованных автомобильных шин. Определены оптимальные параметры процесса: температура – 550 °С, размер фрагментов шин – 160 мм, продолжительность процесса – 245 минут.

2. Определено массовое соотношение газовых, жидких и твёрдых продуктов, составных газовая фаза-7,8%, жидкая фаза-60,1%, твердая фаза-

31,6% полученных в результате низкотемпературного пиролиза использованных автомобильных шин.

3. Изучен качественный и количественный состав газовой фазы, образующейся при пиролизе автомобильных шин. Обосновано, что основными компонентами являются: метан – 45,0%, этан – 14,9%, пропан – 5,0%, бутан – 3,5%, водород – 17,5%, этилен – 2,2%, пропилен – 1,5%, бутен – 1,3% и другие газы.

4. Определены методом рентгенографического анализа качественный и количественный состав углеродсодержащего твердого остатка. Установлено, что основным его компонентом являются – аморфный углерод (88,24%), а также кальцит (7,59%), оксид цинка (1,14%), анкерит (1,21%), флюорит (0,66%), сульфид цинка (0,39%), кварц (0,32%) и другие соединения.

5. Изучен гранулометрический состав измельченного углеродсодержащего материала. Установлено, что массовое распределение фракций составляет: 0,63 мм – 62,0%, 0,25 мм – 25,0%, 0,5 мм – 8,0%, 0,045 мм – 4,0%, 1,0 мм – 2,0%.

6. Изучен методом хромато-масс-спектрометрии качественный и количественный состав жидкой фазы пиролиза. Определено по результатам исследования, что она представляет собой смесь ароматических и алифатических углеводородов: ароматические углеводороды (C₉-C₁₀) – 32,5%, толуол – 12,8%, бензол – 12,0%, изомеры ксилола (о-, м-, п-) – 11,9%, этилбензол – 13,2%, а также гексен-1, пентен-1, н-октан и дипентены – более 2,0%.

7. Создана технологическая схема десульфуризации полученной пиролизной жидкости, в результате которой содержание серы было снижено с 2,5 мг/л до 1,325 мг/л и предложена технология удаления сернистых соединений с рекомендацией для внедрения в производство.

8. Исследованы физико-механические, динамические и эксплуатационные свойства композиционных материалов, порошкообразных органических соединений полученных на основе каучуков. Рекомендованы оптимальные соотношения компонентов в составе композиций.

9. Получены высокоактивные экологически чистые сорбенты на основе углеродсодержащего материала, определены размеры их микропор что составляют, мезопор и макропор (0,25 нм, 0,05 нм и 0,1 нм).

10. Определено снижение в десятки и даже в сотни раз содержания металлов (Al, Mn, Ni, Cu, Zn, Pb) в промышленных сточных водах после очистки их с использованным сорбентов, созданных на основе углеродсодержащего материала.

11. В результате очистки сорбентом, приготовленным на основе углеродсодержащего материала и бентонита, содержание металлов в сточных водах снижено на 80-95%, в том числе бериллия (Be) – на 82,94%, алюминия (Al) – на 85,43%, никеля (Ni) – на 80,65%, мышьяка (As) – на 89,93%, ртути (Hg) – на 94,66%. Это в свою очередь позволило довести сточные воды до экологически безопасного уровня.

12. Создана и внедрена в практику технология использования тепла, выделяемого при обжиге известняка, для процесса пиролиза использованных автомобильных шин.

13. Создана и внедрена технология пиролиза использованных автомобильных шин в целом виде без предварительного измельчения.

14. Определена технико-экономическая эффективность производства сорбентов на основе углеродсодержащего материала. Установлено, что себестоимость производства 1 кг сорбента составляет 11 683 сум.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES
DSc.17/7.06.2024.K/T.06.03 AT THE NAVOI STATE UNIVERSITY OF
MINING AND TECHNOLOGIES**

NAVOI STATE UNIVERSITY OF MINING AND TECHNOLOGIES

JURAEV SHOHRUKH

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGIES FOR OBTAINING INGREDIENTS FROM
VULCANIZED RUBBER INDUSTRY WASTE THROUGH LOW-TEMPERATURE
THERMAL RECYCLING AND THEIR UTILIZATION**

02.00.14 - Technology of organic substance and materials on their basis

**DISSERTATION ABSTRACT
OF THE DOCTOR (DSc) ON TECHNICAL SCIENCES**

Navoi – 2025

The theme of the dissertation for the Doctor (DSc) degree was registered at the Supreme Attestation Commission at the Ministry of Higher Education, Science, and Innovations of the Republic of Uzbekistan under the number B2025.2.DSc/T934.

The dissertation was completed at the Navoi State University of Mining and Technologies.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (summary)) on the web page of the scientific council www.nsumt.uz and on the Information and Educational Portal "Ziyonet".

Research supervisors:

Mukhiddinov Bakhodir

Doctor of chemical sciences, Professor

Official opponents:

Amonov Mukhtar

Doctor of Technical Sciences, Professor

Ikramov Abduvakhob

Doctor of Technical Sciences, Professor

Fayzullaev Normurot

Doctor of Technical Sciences, Professor

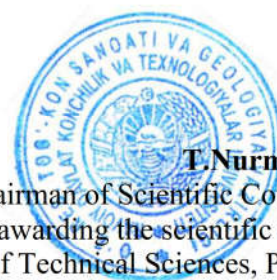
Leading organization:

Bukhara State Technical University

The defense of the dissertation will take place on 6-september, 2025 at 9:00 hours at a meeting of the scientific council DSc.17/7.06.2024.K/T.06.03 at the Navoi State University of Mining and Technologies at the address: 210100, Navoi, ave. Galaba Shokh, 76v. Conference hall of the Navoi State University of Mining and Technologies Tel.: 0 (436) 223-23-32; fax: 0 (436) 223-49-66; (e-mail: info@nsumt.uz).

The dissertation can be found at the Information Resource Center of the Navoi State University of Mining and Technologies (registered under the number 219). Address: 210100, Navoi, ave. Galaba Shokh, 76v. Conference hall Navoi State University of Mining and Technologies Tel.: 0 (436) 223-23-32; fax: 0 (436) 223-49-66; (e-mail: info@nsumt.uz).

Abstract of the dissertation is distributed on 21-august 2025.
(protocol at the register No.13 dated 21-august 2025).



T. Nurmurodov

Chairman of Scientific Council for
awarding the scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor



S. Sharipov

Scientific Secretary of the Scientific Council for
awarding the scientific degrees,
PhD., associate professor



H. Vapoev

Chairman of the Scientific Seminar at the
Scientific Council for the award of the scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

INTRODUCTION (the dissertation abstract of (DSc) Doctor of Science)

The aim of the study is to develop recommendations for the application of low-temperature, environmentally safe pyrolysis technology for the recycling of used automobile tires, ensuring the production of high-quality secondary raw materials with a high level of environmental safety.

The object of the research work is used automobile tires, rubber-technical products, vulcanized secondary raw materials from the rubber industry, as well as the products obtained through their processing by low-temperature pyrolysis.

The scientific novelty of the research work follows:

a technological process of low-temperature pyrolysis with degradation in an oxygen-free environment has been developed for the recycling of used automobile tires, rubber-technical products, and vulcanized secondary raw materials from the rubber industry.

the qualitative and quantitative compositions of the resulting secondary recycling products have been studied. Based on these results, formulations of composite polymer materials meeting established technical requirements have been developed.

the influence of the developed ingredients on the technological, rheological, and technical properties of compositions based on polymers of various structures has been investigated. Technologies for manufacturing products designed for operation under various conditions have been developed.

the process of removing heavy metals and other toxic contaminants from wastewater using activated powdered ingredients obtained through the pyrolysis of used rubber-technical products and tires based on elastomers of various structures has been substantiated.

the adsorption properties of sorbents obtained at various temperatures (600–800 °C) during the pyrolysis process have been determined. The influence of temperature on their structure and on the efficiency of cleaning contaminated wastewater has been investigated. Optimal temperature parameters for the synthesis and composition of the sorbents have been established.

Implementation of the research results. Based on the obtained scientific results on the creation of a technology for producing composite polymer materials and adsorbents using ingredients derived from the recycling of used rubber-technical products, tires, and waste from the rubber industry:

the technology for recycling used rubber-technical products, tires, and rubber industry waste was implemented in the rubber-technical products manufacturing workshop of the Utilities Department of the Navoi Machine-Building Plant under the Joint Stock Company "Navoi Mining and Metallurgical Combinat" (reference No. 23/01-01-07/422 dated June 20, 2025). As a result, it became possible to achieve 100% environmentally friendly recycling of used rubber products in the territory of the Republic of Uzbekistan;

the method for treating industrial wastewater of the 3rd Hydrometallurgical Plant using sorbents obtained from used automobile tires has been included in the

"List of promising developments to be implemented in 2025–2026" of the JSC "Navoi Mining and Metallurgical Combinat" (reference No. 23/01-01-07/422 dated June 20, 2025). As a result, the total hardness of industrial wastewater from the 3rd HMP was reduced to 24.62 mgeq/L;

the method for treating industrial wastewater of the 3rd HMP using sorbents based on used automobile tires and bentonite has also been included in the "List of promising developments to be implemented in 2025–2026" of the JSC "Navoi Mining and Metallurgical Combinat" (reference No. 23/01-01-07/422 dated June 20, 2025). As a result, the content of heavy metals in the wastewater of the 3rd HMP was reduced by an average of 70–83%.

The structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, six chapters, a conclusion, a list of references and an appendix. The volume of the dissertation is 200 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I част; part I)

1. Juraev Sh., Mukhiddinov B., Temirov U., Tilavova L. Production Of Alternative Fuels From Wear-Out Tires And Rubber Materials // Journal of Pharmaceutical Negative Results Vol.13, Issue 8, 2022, 1540-1544-б (ISSN: Print - 0976-9234, Online - 2229-7723, Web of Science indexed).

2. Juraev S., Mukhiddinov B. Results of derivatographic and ir-spectroscopic investigations of wear-out rubber of car tires after pyrolysis processing //IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2022. 1112. p. 012152. DOI 10.1088/1755-1315/1112/1/012152 (ISSN: 2661-3190, Scopus indexed).

3. Жураев Ш.Т., Мухиддинов Б.Ф. Композиционные материалы на основе резино-технических изделий и отходов производств // Монография, Навоий нашриёти 2022, 112-б.

4. Жураев Ш.Т., Мухиддинов Б.Ф., Тайлаков У.Т. Садуллаев Ш. X-ray phase analysis of carbon-containing material produced by pyrolysis of worn-out car tires // Universum: химия и биология: научный журнал.– № 5(110).Часть 1., М., Изд. «МЦНО», 2023. С.77 (02.00.00; №1).

5. Жураев Ш.Т., Мухиддинов Б.Ф. Пиролиз усули ёрдамида автомобил шиналари чиқиндисидан олинган махсулотларнинг физик-кимёвий тахлили // НамДУ илмий ахборотномаси 2023 №4. 70 – 74-б. (02.00.00. №18)

6. Жураев Ш.Т., Мухиддинов Б.Ф., Тайлаков У.Т. Углерод сақлаган материаллардан тўлдирувчи сифатида фойдаланиб резинали аралашмаларнинг технологик хусусиятларини ўрганиш // Тадбиркорлик ва Педагогика Илмий-услубий журнали 2023. №3. 72 – 80-б. (ISSN:2181-2659)

7. Жураев Ш.Т., Мухиддинов Б.Ф., Тайлаков У.Т. Характеристика физико-химических свойств технического углерода из пиролиза отработанных автомобильных шин // Кончилик хабарномаси илмий-техник ва ишлаб чиқариш журнали №3 (98), Навоий ш., июл-сентябр 2024, 58-60 б.(05.00.00; №7).

8. Жураев Ш.Т., Мухиддинов Б.Ф., Тайлаков У.Т. Исследование некоторых свойств переработанного углерода, полученного методом пиролиза // Фан ва технологиялар тараққиёти Илмий – техникавий журнал., Бухоро ш. – 2/2024, -№2. – 2024. 96–101-б (02.00.00; №14).

9. Juraev Sh., Muxiddinov B., Taylakov U., Temirov U., Shodikulov J., Shodiev A. Physico-Chemical Analysis of the Obtained Solid and Liquid Phases from Worn Tires and Rubber Materials // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. Vol.: 11 Issue: 6 June-2024. PP.21937-21940 (Online ISSN: 2181-2608).

10. Juraev Sh., Mukhiddinov B., Taylakov U. Chromatographic analysis of the chemical composition of pyrolysis distillate // Chemical technology Control and management, Chemical technology control and management №1. 2024, pp. 28-32

(02.00.00; №10).

11. Жураев Ш.Т., Мухиддинов Б.Ф., Тайлаков У.Т. Пиролиз усули ёрдамида автомобил шиналари чиқиндисидан олинган дистиллатнинг кимёвий ва фракцион таркибини ўрганиш // НамДУ илмий ахборотномаси 2024, №4. 182 – 186-б. (02.00.00. №18)

12. Juraev Sh.T., Sodiqov B., Tilloeva N., Temirov U. The Environmental and Economic Impacts of Tire Recycling Technologies Chemical Science International Journal. Vol.33, Issue 6, 2024, pp. 26-31 (02.00.00, №2)

13. Juraev Sh., Mukhiddinov B., Taylakov U. Determination of chemical and X-ray phase analysis of carboncontaining material // Chemical technology Control and management, Chemical technology control and management №1. 2025, 5-10 b. (02.00.00; №10)

II бўлим (II часть; II part)

1. Мухиддинов Б.Ф., Вапоев Х. М., Жураев Ш. Т., Тураев Ф.Э., Шарипов С.Ш. Разработка катализаторов для получения серной кислоты на основе пяти окиси ванадия // Материалы международной научно-технической конференции молодых ученых “Инновационные материалы и технологии – 2021” г. Минск, Республика Беларусь 19-21 января 2021 г., стр.507-509.

2. Жураев Ш.Т., Мухиддинов Б.Ф. Гайбуллаев Х.С., Саидова Д. Дериватографическое и ИК-спектроскопическое исследование термостабильности поливинилхлорида // Современные проблемы и перспективы химии и химикометаллургического производств г. Навои, Узбекистан 22 ноября 2021 года. С. 83-84.

3. Жураев Ш.Т., Мухиддинов Б.Ф. Композиционные материалы на основе резинотехнических изделий и отходов производств // Lap Lambert Academic Publishing ISBN 978-620-4-72820-9. 2021 й. 112 б.

4. Жураев Ш.Т., Мухиддинов Б.Ф., Гайбуллаев Х.С., Турдиева О.Д., Ахтамова Д.Т., Дериватографические исследования композиций поливинилфторида с фторированными каучуками // Современные проблемы и перспективы химии и химикометаллургического производств г. Навои, Узбекистан 22 ноября 2021 года, С. 82-84.

5. Жураев Ш.Т., Ибодуллаев А.С., Мухиддинов Б.Ф., Тешабоева Э. Резинотехник материалларнинг дериватографик тадқиқоти // Современные проблемы и перспективы химии и химикометаллургического производств г.Навои, Узбекистан 22 ноября 2021 года. С.107-108.

6. Жураев Ш.Т., Мухиддинов Б.Ф., Ибадуллаев А.С. Фахриддинова Ш.Б. Чиқинди шина қолдиқларидан резина маҳсулотларини олиш учун тўлдирувчи сифатида фойдаланиш // Илм-фан таълимда инновацион ёндашувлар, муаммолар, тақлиф ва ечимлар. 4 май 2022 йил, 146-147-б.

7. Жураев Ш.Т., Б.Ф. Мухиддинов, Р.С. Рўзиева Чиқинди автомобил шиналарининг дериватографик таҳлили //Международная научно-практическая конференция «Интеграция науки, образования и производства – залог прогресса и процветания», том III, город Навои, Республика Узбекистан,

2022, С. 66-68.

8. Жураев Ш.Т., Мухиддинов Б.Ф., Носиров Б.Н. Технические характеристики углеродных материалов полученного пиролизом резина технических изделий // Material of science practical conference of professor-teacher staff and young science 19-20 march 2022. С.340-341.

9. Жураев Ш.Т., Мухиддинов Б.Ф., Рахмонова Р.С. Получение резиновых смесей, наполненных углеродсодержащим материалом и исследование их свойств // Кимё–технологик фанларининг долзарб муаммолари. Ташкент-2023. 25-апрел, 350-б.

10. Жураев Ш.Т., Тиллоева Н. Шина чиқиндиларидан резина маҳсулотлари ишлаб чиқариш учун фойдаланиладиган тўлдирувчи материаллар фойдаланиш // Achievements, challenges and prospects dedicated to the 65th Anniversary of Navoi Mining and Metallurgical Company 16-17 November, 2023. Navoi, Uzbekistan, pp 360-362.

11. Juraev Sh., Ibodova N., Kenjayeva M. Obtaining binding materials for molds and foundry cores based on local raw materials // Food security Global and national problem. October 13-14, 2023. Samarkand. pp-243-244.

12. Juraev Sh., Muminova D. Derivatographic analysis of waste automobile tires // Achievements, challenges and prospects dedicated to the 65th Anniversary of Navoi Mining and Metallurgical Company 16-17 November, 2023. Navoi, Uzbekistan, pp 359-360.

13. Juraev Sh., Taylakov U., Shokirov R., Kenjebaeva M., Raymova E. Obtaining sorbents from automobile tire waste // Integrated innovative development of zarafshan region: achievements, challenges and prospects. 18-19 April, 2024 Navoi, Uzbekistan pp-300.

14. Juraev Sh., Muminova D. Use of worn tires waste for producing rubber products as a filler // Iqtidorli talabalar va magistrantlarning III respublika ilmiy-amaliy anjumani, Navoiy, Uzbekistan 10-oktyabr 2024-yil, 385-b.

15. Жураев Ш.Т., Тиллоева Н. Thermo-oxidative pyrolysis of worn automobile tires and rubber materials //Iqtidorli talabalar va magistrantlarning III respublika ilmiy-amaliy anjumani, Navoiy, O'zbekistan 10-oktyabr 2024-yil, pp 386-387.

16. Жураев Ш.Т., Мухиддинов Б.Ф., Тайлаков У.Т., Тиллоева Н., Содиқова З.Ш. Дериватографическое исследование термические характеристики поливинилхлорида // Изучение физико-химических свойств углерода, полученного пиролизом изношенных шин. “Ўзбекистонда илм-фан, кимёвий технология ва ишлаб чиқариш истиқболлари” мавзусидаги Республика илмий-амалий конференцияси материаллари (15-ноябр 2024й.) 278-279 б.