

**НАМАНГАН МУҲАНДИСЛИК-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ  
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
DSc.03/29.08.2023.К/Т.66.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**НАМАНГАН МУҲАНДИСЛИК-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ  
УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ**

**УСМОНОВА ЗУЛФИЯ ТОХИРЖОНОВНА**

**ОЛХЎРИ ДАНАГИ АСОСИДА УГЛЕРОДЛИ АДСОРБЕНТЛАР ОЛИШ  
ТЕХНОЛОГИЯСИ ВА УЛАРНИНГ АДСОРБЦИОН ХОССАЛАРИ**

**02.00.11 – Коллоид ва мембрана кимёси**

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

**Наманган-2025**

**Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси**  
**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)**  
**Contents of the dissertation abstract of doctor of filosofy (PhD)**

**Усмонова Зулфия Тохиржоновна**

Олхўри данаги асосида углеродли адсорбентлар олиш технологияси ва уларнинг адсорбцион хоссалари..... 3

**Усмонова Зулфия Тохиржоновна**

Технология производства углеродных адсорбентов на основе семян сливы и их адсорбционные свойства ..... 21

**Usmonova Zulfia Tokhirjonovna**

Technology of production of carbon adsorbents based on plum seeds and their adsorption properties ..... 40

**Эълон қилинган илмий ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ  
List of published works ..... 43

**НАМАНГАН МУҲАНДИСЛИК-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ  
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
DSc.03/29.08.2023.К/Т.66.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**НАМАНГАН МУҲАНДИСЛИК-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ  
УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ**

**УСМОНОВА ЗУЛФИЯ ТОХИРЖОНОВНА**

**ОЛХЎРИ ДАНАГИ АСОСИДА УГЛЕРОДЛИ АДСОРБЕНТЛАР ОЛИШ  
ТЕХНОЛОГИЯСИ ВА УЛАРНИНГ АДСОРБЦИОН ХОССАЛАРИ**

**02.00.11 – Коллоид ва мембрана кимёси**

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

**Наманган-2025**

**Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Олий таълим, фан ва инновациялар вазирлиги ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2024.1.PhD/Т4374 рақам билан рўйхатга олинган.**

Диссертация Наманган муҳандислик-технология институти ва Умумий ва ноорганик кимё институтида бажарилган.

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

**Илмий раҳбар:**

**Салиханова Дилноза Саидакбаровна**  
техника фанлари доктори, проф.

**Расмий оппонентлар:**

**Эшметов Иззат Дўсимбатович**  
техника фанлари доктори, проф.

**Абдурахимов Акмал Ходжиакбарович**  
техника фанлари фалсафа доктори

**Етакчи ташкилот:**

**Наманган Давлат Университети**

Диссертация ҳимояси Наманган муҳандислик-технология институти ҳузуридаги илмий даражалар берувчи DSc.03/29.08.2023.К/Т.66.02 рақамли Илмий кенгашнинг 2025 йил «10» март соат 15<sup>00</sup> даги мажлисида бўлиб ўтади. Манзил: 160115, Наманган шаҳри, Косонсой кўчаси, 7-уй. Тел.: (+99869) 228-76-75; факс: (+99869) 228-76-71, e-mail: [niei\\_info@edu.uz](mailto:niei_info@edu.uz).

Диссертация билан Наманган муҳандислик-технология институтининг Ахборот ресурс марказида танишиш мумкин (№ 368 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 160115, Наманган шаҳри, Косонсой кўчаси, 7-уй. Тел.: (+99869) 228-76-75; факс: (+99869) 228-76-71).

Диссертация автореферати 2025 йил «25» февраль куни тарқатилди.  
(2025 йил «25» февраль № 10 рақамли реестр баённомаси)

**О.К. Эргашев**

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

**Д. Ш. Шерқўзиёв**

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

**И.Д. Эшметов**

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

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

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Жаҳонда кундан-кунга экологик муаммоларнинг кўпайиб бориши, асосан ишлаб чиқариш корхоналари кўпайиши сабаблидир. Уларни атроф-муҳитга чиқараётган газ, суюқ ва қаттиқ ҳолдаги чиқиндиларини камайтириш эса бугунги кунда муҳандис-технолог ва эколог олимлар олдидаги катта муаммолардан бири ҳисобланади. Бу зарарларни адсорбцион тозалаш усули орқали камайтирилади ва асосан кўмир адсорбентларидан кенг фойдаланилади. Кўмир адсорбентлари юқори сорбцион материаллар бўлиб, уларни табиий кўмирларни тўғридан-тўғри ишлов бериш ёки чиқиндиларни утилизация қилиш орқали олиш бугунги кунда муҳим аҳамиятга эга.

Дунёда саноат корхоналаридан чиқётган оқова сувларни адсорбцион тозалаш мақсадида фаоллантирилган углеродли адсорбентлар олиш бўйича кўплаб илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда. Бу борада, углеродли адсорбент олиш учун ўсимлик хомашёларини ўрганиш; углеродли адсорбентни қишлоқ хўжалиги ва ўсимлик чиқиндиларидан олиш; уларни термик фаоллаштиришнинг мақбул шароитларини аниқлаш; фаоллаштириш ва модификация қилиш усуллари ҳамда мақбул шароитларини танлаш; углеродли адсорбентларнинг адсорбцион хоссаларини турли адсорбатлар сорбцияси орқали аниқлашга алоҳида эътибор берилмоқда.

Республикамизда ўсимлик чиқиндиси бўлган олхўри данагининг пўстлогидан юқори самарали сорбция қобилиятига эга адсорбентлар олиш ва уларни оқова сувларни тозалаш жараёнларида қўллаш бўйича назарий ва амалий натижаларга эришилмоқда. Мамлакатимиз ривож учун 2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистонни ривожлантириш стратегиясининг учинчи йўналишида «Миллий иқтисодий барқарорлигини таъминлаш ва ялпи ички маҳсулотда саноат улушини оширишга қаратилган саноат сиёсатини давом эттириб, саноат маҳсулотларини ишлаб чиқариш ҳажмини 1,4 бараварга ошириш»<sup>1</sup> бўйича муҳим вазифалар белгиланган. Бу борада ўсимлик чиқиндиси бўлган олхўри данагининг пўстлоқ қисмидан углерод адсорбентларини олиш ва саноат оқова сувларини тозалашда қўллаш муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60-сон «Янги Ўзбекистоннинг 2022-2026 йилларга мўлжалланган тараққиёт стратегияси» тўғрисидаги, 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармонлари, 2017 йил 23-августдаги ПҚ-3236-сон «2017-2021-йилларда кимё саноатини ривожлантириш дастури тўғрисида»ги, 2018 йил 25 октябрдаги ПҚ-3983-сон «Ўзбекистон Республикасида кимё саноатини жадал ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарорлари, ҳамда мазкур фаолиятга тегишли меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга мазкур диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

---

<sup>1</sup> Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28-январдаги ПФ-60-сон «2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида» ги Фармони

**Тадқиқотларнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига боғлиқлиги.** Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг VII «Кимёвий технологиялар ва нанотехнологиялар» устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Жаҳон адабиётларида табиий кўмир ва саноат чиқиндилари асосида углеродли адсорбентлар олиш, уларни турли адсорбцион жараёнларда қўллаш, яъни газларни, оқова сувларни, турли металлларни сорбцион ажратиш олиш бўйича чет эл олимларидан J.D.Torges , E.A. Faria, A.G.Prado, T.E. Никифорова, H.A. Собгайда, Ю.А. Макарова, А.Е. Кузнецов, H.Б. Градова, С.В. Лушников, М. Энгельхарт, Т. Вайссер, H.С. Жмур, М.В. Чеботарёва, С.В. Яковлев, И.Г. Краснобородько, В.М. Рогов, Г.А. Селицкий, В.П. Исаченко илмий изланишлар олиб боришган.

Марказий Осиё ва хусусан Ўзбекистон республикасида фаолият олиб борган олимларидан К.С.Ахмедов, А.А.Агзамходжаев, У.К.Ахмедов, С.С.Хамраев, Г.Р.Нарметова, С.А.Абдурахимов, Р.Х.Гумаров, Г.У.Рахматқариев, И.К.Сатаев, О.К.Бисенбаев, И.Д.Эшметов, О.К.Эргашев, Д.С.Салиханова, Д.Ж.Жумаева ва бошқалар маҳаллий хомашёлар ва чиқиндилар асосида углеродли адсорбентлар олиш ва уларнинг адсорбцион хоссаларини турли адсорбатларда ўрганиш бўйича изланишлар олиб боришган ва олиб боришмоқда.

Аммо ҳар бир адсорбцион материаллар қўлланилиш соҳаси, хомашё кимёвий таркиби ва структурасидан келиб чиқиб, олиш усуллари танланади ва фаоллаштирилади. Шуларни инобатга олиб, ҳар бир хомашёга индивидуал ёндашув талаб этилади. Ушбу масалалар доирасида ўсимлик чиқиндиси бўлган олхўри мевасининг данак пўстлоғини фаоллаштириш ва модификация қилиш бўйича илмий изланишлар етарли бўлмаганлиги сабабли, уларни батафсил ўрганиш муҳим аҳамиятга эга.

**Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган илмий тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқотлари Умумий ва ноорганик кимё институтининг илмий-тадқиқот режаларига мувофиқ «Маҳаллий хомашёлар асосида олинган фаоллантирилган кўмирлар ёрдамида қимматбаҳо металлларни ажратиш олиш» мавзусидаги хўжалик шартномаси доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** олхўри данагининг пўстлоқ қисмидан фаоллантирилган углеродли адсорбентлар олиш ва уларнинг адсорбцион хоссаларини аниқлашдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

ўсимлик хомашёлари ва чиқиндиларидан углеродли адсорбентлар олиш учун хомашё базаларини ўрганиш;

олхўри мевасининг данак пўчоқларидан термик фаоллантирилган углеродли адсорбент олишнинг мақбул шарт-шароитларини аниқлаш;

юқори сорбцион хусусиятли адсорбент олиш учун олхўри данагининг пўчоғидан олинган карбонизатни фаоллаштирувчи реагентлар ёрдамида фаоллаштиришнинг мақбул шарт-шароитларини аниқлаш;

фаоллаштирувчи реагентларнинг олинган углеродли адсорбент сорбцион хоссаларига таъсирини ўрганиш;

ўсимлик чиқиндиси бўлган олхўри данагининг пўчоқ қисмидан фаоллаштирилган углеродли адсорбент (ФУА) олиш технологиясини ишлаб чиқиш;

фаоллаштирилган углеродли адсорбент (ФУА) олиш ва қўллаш технологиясини иқтисодий самарадорлигини баҳолаш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида ўсимлик чиқиндиси бўлган олхўри данагининг пўчоқ қисми, карбонизати ва модификация қилиб олинган углеродли адсорбентлари, шунингдек солиштириш учун назорат намунаси, саноат оқава сувлари, модификаторлар (KOH, NaOH) олинган.

**Тадқиқотнинг предмети** ўсимлик чиқиндиси ҳисобланган олхўри данагининг пўчоқлари асосида углеродли адсорбентлар олиш усуллари, уларни модификациялаш жараёнлари ва қонуниятлари, ҳамда саноат оқава сувларини тозалаш жараёнларида углеродли адсорбентлар билан тозалаш механизми, шунингдек, углеродли адсорбентларнинг физик-кимёвий ва адсорбцион хусусиятларини аниқлашдан иборат.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Диссертация ишида физик-кимёвий (ИК спектроскопия, электрон микроскопия рентген нурлари дифракцияси, СЭМ) аналитик тадқиқот усулларида, ҳамда каллориметрик усуллардан фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

олхўри мевасининг данак пўстлоғи таркибидаги углерод миқдорини 61,1 % дан термик ва кимёвий фаоллаштириш орқали 99,4% га етказиш усуллари ишлаб чиқилган;

ИК-спектроскопик таҳлили турли ҳароратларда олхўри данакларидан олинган фаоллаштирилган углеродда сезиларли таркибий ўзгаришлар, фаоллаштириш ҳароратининг ошиши -ОН ва С-Н каби функционал гуруҳларнинг чиқиб кетиши ва органик моддаларнинг парчаланиши ҳамда янги тузилмаларнинг шаклланишини кўрсатадиган янада барқарор ва конденсацияланган ароматик тузилмаларнинг шаклланишига олиб келиши аниқланган;

NaOH билан 1:0,05 нисбатда ишлов берилган намунада KOH билан ишлов берилган намуналарга нисбатан бироз кўпроқ кристалл фаза борлиги, KOH миқдорини 1:0,05 нисбатга етказилганда эса намуна тўлиқ рентгеноаморф эканлиги исботланган;

KOH ишқорини кўмирга нисбати ошиб бориши нисбий юзани ошишини, яъни 500-700 °C гача шиддат билан нисбий юзани кескин ошишини, таркибидаги органик бирикмаларни чиқиб кетиши ҳисобига қўшимча ғоваклар ҳосил бўлиши, ҳароратни 700-800 °C га ошиши энг юқори чўққисига чиқишини, бундан кейинги ҳароратни оширилиши нисбий юзани кескин камайиши, яъни ғовакларни бирлашишига ёки структурани бузилишига олиб келиши аниқланган;

олхўри данаги пўстлоғидан углеродли адсорбент олишнинг технологияси ишлаб чиқилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

ўсимлик чиқиндилари (олхўри данагининг пўчоғи) асосида фаоллантирилган углеродли адсорбент олиш имконияти яратилган;

углеродли адсорбент ёрдамида саноат оқава сувларини тозалаш усули ишлаб чиқилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги.** Фойдаланилган кимёвий ва замонавий физик-кимёвий таҳлил натижалари, тажриба-саноат шароитида тажриба-синовдан ўтганлиги тўғрисидаги далолатномалар, корхона оқава сувларини тозалашда қўлланиб, РЭМ гача тозалаш ишботланган.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.**

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти шундан иборатки, олхўри данак пўстлоқларини модификация қилиш орқали фаоллашган углеродли адсорбент олиш жараёнларида модификатор таъсири ва олинган углеродли адсорбентларни турли адсорбатлар ёрдамида адсорбцияланиш қонуниятларини ўрганиш ўрганиш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти маҳаллий олхўри данаги пўстлоқидан модификацияланган углеродли адсорбент олиш технологиясини ишлаб чиқиш, қишлоқ хўжалиги экинлари чиқиндиларидан фаоллашган углеродли адсорбент олиш технологиясини яратишга ҳамда кимё ва кимёвий технологиялар соҳасидаги таълим муассасаларида магистр ва бакалаврларни тайёрлаш жараёнида қўллаш учун хизмат қилади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Олхўри данаги пўстлоқларини ишқор ёрдамида термокимёвий фаоллаштириш орқали углеродли адсорбент олиш бўйича олинган натижалар асосида:

олхўри данаги пўстлоқини КОН ёрдамида фаоллаштириш орқали углеродли адсорбент олиш усули «Ифода Агрокимё Ҳимоя» МЧЖ ҚҚнинг “2024-2025 йилларда амалиётга жорий этиладиган истиқболли ишланмалар рўйхати”га киритилган («Ифода Агрокимё Ҳимоя» МЧЖ ҚҚ нинг 2024 йил 11 ноябрдаги № 1097-сон маълумотномаси). Натижада ўсимлик чиқиндиларини ишқор билан фаоллаштириб, четдан келтириладиган углеродли адсорбент ўрнини босувчи маҳсулот олиш имконини беради;

ФУА1:0,05КОН фаоллантирилган углеродли адсорбент ёрдамида саноат оқава сувлари таркибидан органик қолдиқларини (ОҚ) тозалаш усули «Ифода Агрокимё Ҳимоя» МЧЖ ҚҚнинг “2024-2025 йилларда амалиётга жорий этиладиган истиқболли ишланмалар рўйхати”га киритилган («Ифода Агрокимё Ҳимоя» МЧЖ ҚҚ нинг 2024 йил 11 ноябрдаги № 1097-сон маълумотномаси). Натижада минерал ўғитлар ишлаб чиқариш цехининг оқава сувлари таркибидан органик қолдиқларни (ОҚ) РЭМ гача тозалаш имконини беради.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Тадқиқот натижалари 20 та конференцияларда, жумладан, 2 та Scopus рўйхатида индексланган журналда, 12 та халқаро ва 6 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Диссертация мавзуси бўйича жами 7 та илмий иш нашр этилган, шундан Ўзбекистон Республикаси Олий Аттестасия Комиссиясининг илмий ишлар учун натижаларини чоп этишга тавсия этилган илмий нашрларда 8 та мақола, жумладан, 5 таси республика ва 3 таси хорижий журналларда нашр этилган.

**Диссертациянинг ҳажми ва тузилиши.** Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ҳамда иловадан иборат. Диссертациянинг ҳажми 106 бетни ташкил этган.

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Диссертациянинг **КИРИШ** қисмида тадқиқотнинг долзарблиги ва зарурияти асосланган, мақсад ва вазифалар шакллантирилган, тадқиқот объектлари ва предмети тавсифланган, Ўзбекистон Республикаси фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мувофиқлиги, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг назарий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларининг амалиётга жорий этилиш ҳолати, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши ҳақида маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **«Юқори сорбцион углеродли адсорбентлар олиш ва уларни қўллашнинг истиқболлари»** деб номланган биринчи бобида илмий-техник адабиётлар ва патент нашрларида чоп этилган ишларнинг танқидий-таҳлилий муҳокамалари келтирилган бўлиб, улар углеродли адсорбентлар умумий хусусиятларига бағишланган. Шунингдек, табиий кўмир ва ноанъанавий хомашёлар асосида углеродли адсорбентлар олиш усуларининг анъанавий ва ноанъанавий усуларини солиштириш, кимёвий фаоллаштириш ва углеродли адсорбентларни адсорбцион, текстур хоссаларини ўрганиш орқали қўлланиш соҳаларини аниқлаш бўйича изланишлар муҳокамаси келтирилган.

Адабиётлар шарҳида маҳаллий хом ашё ва ишлаб чиқариш корхоналари чиқиндилари асосида кимёвий, термик, пар-газ фаоллаштиришни адсорбентни сорбцион-структур хоссаларига таъсири ўрганиш орқали углеродли адсорбент олиш имкониятлари асосланган. Адабиётлар таҳлили мазкур ишда қўйилган мақсад ва вазифаларни шакллантириш имконини берди.

Диссертациянинг **«Углерод таркибли хомашё ва ундан олинган углеродли адсорбентлар таснифи, уларни назорат қилиш усуллари ва лаборатория жиҳозлари»** деб номланган иккинчи бобида олхўри данаги пўчоғини физик-кимёвий хоссалари, ўсимлик хомашёлари асосида углеродли адсорбент олишда хомашё ва тайёр маҳсулотларни назорат қилиш усуллари келтирилган.

1-жадвал

**siat.stat.uz расмий сайтининг 2017 – 2023 йиллардаги олхўри етиштириш бўйича таҳлили. (минг тонна)**

Худудлар	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Ўзбекистон Республикаси	116,0	134,9	130,0	130,1	143,4	177,6	178,2
Қорақалпоғистон Республикаси	2,2	1,4	1,1	1,7	1,6	1,5	1,6
Андижон вилояти	23,7	19,2	21,5	28,4	24,0	27,3	30,3
Бухоро вилояти	3,3	4,1	9,7	9,7	12,6	9,5	9,7
Жиззах вилояти	4,1	6,1	4,4	4,1	4,6	5,0	5,6

Қашқадарё вилояти	10,7	6,7	8,3	7,2	4,9	6,3	7,5
Навоий вилояти	7,6	3,7	3,6	3,5	3,6	3,8	3,8
Наманган вилояти	19,2	30,0	19,3	12,9	38,5	55,6	52,3
Самарқанд вилояти	6,5	9,1	11,9	16,6	13,2	14,2	14,5
Сурхондарё вилояти	4,6	9,7	8,6	9,6	8,5	9,1	10,1
Сирдарё вилояти	3,2	5,3	3,1	2,9	3,0	4,4	4,9
Тошкент вилояти	19,3	22,3	24,5	14,3	12,9	20,3	16,7
Фарғона вилояти	4,1	13,2	10,5	13,0	9,7	13,2	13,9
Хоразм вилояти	7,5	4,0	3,5	6,2	6,3	6,9	7,2
Тошкент шаҳри	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,5	0,1

Ушбу тадқиқотда объект сифатида Республиканинг турли вилоятларида хусусан, (Наманган вилояти) йирик миқдорда етиштирилаётган биомасса асосидаги олхўри мевасининг данак пўстлоқларидан фойдаланилган. Олхўри данагининг пўстлоғи узунлиги ўртача 22x7 мм ва қалинлиги 1 мм бўлган ҳар хил шаклга эга бўлақлардан иборат эди. Ушбу намуналар тадқиқот аввалида чақилган ва мағзидан алоҳида ажратилган.

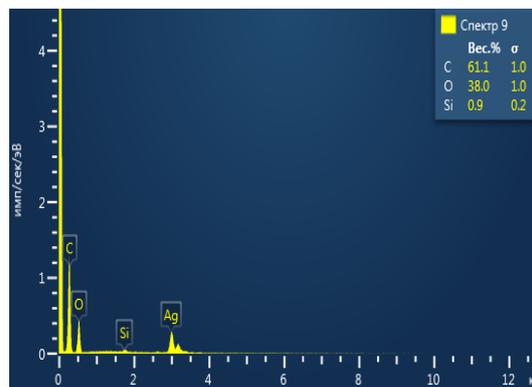
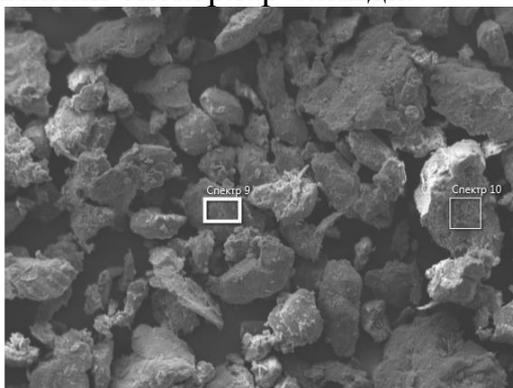
Мағзидан ажратилган пўстлоқ қисми эса бугунги кунда чиқинди сифатида ечимини кутаётган муммолардан бири саналади. Қуйидаги жадвалда олхўри данаги пўстлоғининг дастлабки физик-кимёвий кўрсаткичлари келтирилган.

## 2-жадвал

### Олхўри данаги пўстлоғининг физик-кимёвий кўрсаткичлари

Намлиги, %	8,5
Кул миқдори, %	0,07
Ўлчами ва ранги	(22x7x1 мм), жигарранг

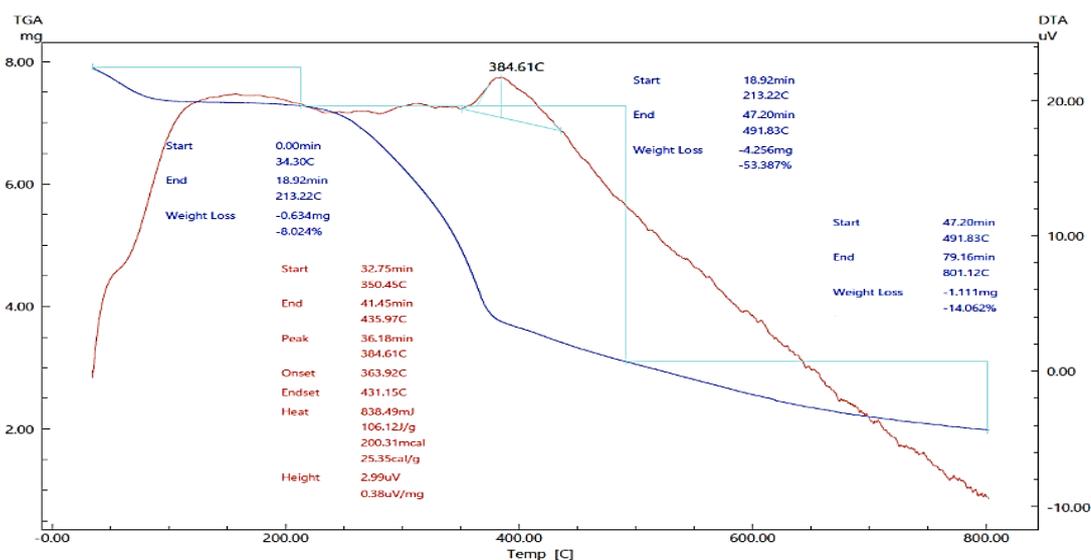
Олхўри данаги пўстлоғининг элементар ҳамда миқдорий таркиби ҳақидаги маълумотлар таҳлили EVO MA 10 СЭМ сканерлаш электрон микроскопи ҳамда юқори самарали энергия дисперсли рентген – флуоресан спектрометр - Япония, Rigaku NEX CG EDXRF Analyzer with Polarization in set - 9022 19 000 0 ёрдамида амалга оширилди. СЭМ ёрдамида олхўри данаги пўстлоғининг 0,25 мм дан кичик бўлган намунасида 10,20,100,200 нм да тахминий спектрлар олинди.



1-расм. Олхўри данак пўстлоғининг СЭМ тасвири

Шунингдек, данак пўстлоғи таркибида С ва О дан ташқари Cl - 0.0086%, Mg - 0.0592%, Al - 0.0805%, Si-0.0959%, S - 0.0222%, K-0.0933%, Ca-0.250%, Ti-0.0009%, Cr-0.0005%, Mn-0.0019%, Fe-0.0353%, Cu-0.0023%, Zn-0.0011%, Sr-0.0013%, Zr-0.0446%, Ag-0.0004%, Hf-0.0008%, мавжудлиги юқори самарали энергия дисперсли рентген – флуоресан спектрометр - Япония, Rigaku NEX CG EDXRF Analyzer with Polarization in set - 9022 19 000 0 ёрдамида дастлабки таркибни аниқлаш учун текширилди.

Келтирилган термограмма орқали олхўри данагининг пўстлоқ қисми учун термогравиметрик таҳлил (ТГА) ҳамда дифференциал термал таҳлил (ДТА) баён этилган.



2- расм. Олхўри данаги пўстлоғининг термограммаси

Ҳароратнинг кўтарилиши билан намуна массасининг ўзгариши ТГА эгри чизиги билан ифодаланади:

1. Биринчи босқич 34,3 °С да бошланиб 213,22 °С да якунланди. Ушбу босқич 18,92 дақиқа давом этиб шу вақт оралиғида дастлабки массанинг 0,634 мг яъни, 8,024% йўқотилди. Бу эҳтимол, намлик ва паст молекулали органик бирикмалар улушига тўғри келади.

2. Иккинчи босқич 213,22°С да бошланиб 491,83 °С да якунланди. Давомийлиги 28,28 дақиқа. Ушбу ҳарорат таъсирида масса йўқотиш 4,256 мг ни ташкил қилди. Бу дастлабки массанинг 53,87% га тўғри келиб, ушбу ҳарорат оралиғида целлюлоза ва бошқа барқарорроқ компонентларнинг парчаланиши билан изоҳланади.

3. Ҳарорат таъсирида парчаланишнинг учинчи босқичи 491,83 °С да бошланиб 801,12 °С да якунланди ва дастлабки массададан 14,06% йўқотилди. Бу 31,96 дақиқа вақтни талаб қилди ва 1,111 мг масса йўқотилишига тўғри келди. Бу углеродли адсорбентлар шаклланиши учун асосий босқич ҳисобланиб, ушбу даврда углеродли материалнинг адсорбцион хусусиятларини очиб берадиган муҳим таркибий ўзгаришлар юз бериши мумкин.

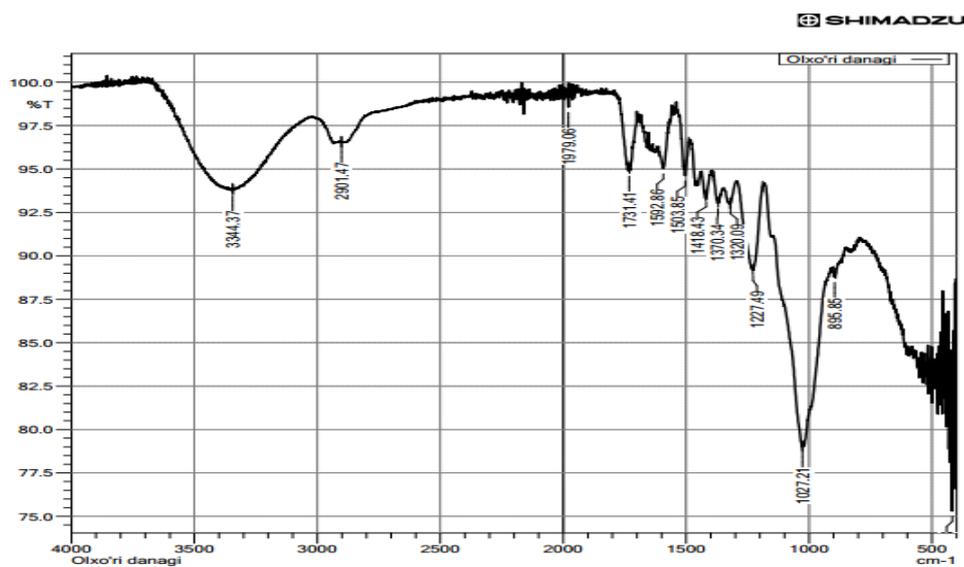
ДТА эгри чизиклари орқали 384,61°С ҳароратда асосий эндотэрмик эффект кузатилди ва жараённинг биринчи босқичи 350 °С дан 435,97 °С гача давом этганлиги аниқланди.

Иккинчи босқич 363,92 °С да бошланиб 431,15 °С да якунланганлиги бу иссиқлик эффектининг босқичма босқич камайганлигини кўрсатади. Ушбу

кўрсаткичлар асосий кимёвий жараёнлар нихояси ва барқарор углеродли фаза шаклланишининг бошланганлигидан далолатдир.

Шу билан биргаликда учинчи босқич фаоллантирилган углеродли адсорбентларнинг якуний таркибини аниқлаш учун жуда муҳим ҳисобланади, чунки уларнинг якуний физик ва кимёвий хусусиятлари айти шу ҳарорат оралиғида шаклланади. Иссиқлик эффекти 106,12 Ж/г ташкил этиб, бу сарфланган энергияни тавсифлайди.

Олхўри данагининг пўстлоқ қисмидаги функционал гуруҳлар таркиби инфрақизил IR Spirit-T A22416103442 маркали спектроскопия ёрдамида таҳлил қилинди.



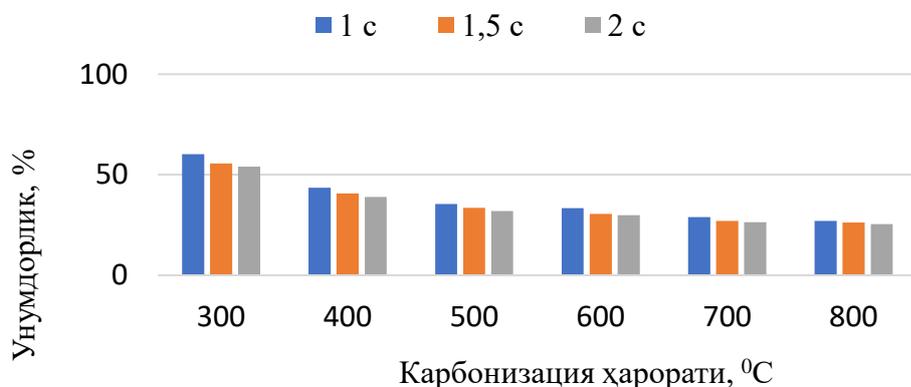
3-расм. Олхўри данаги пўстлоғининг ИҚ спектр кўрсаткичлари

Унга кўра, данак пўстлоғининг ИҚ спектрида куйидаги характерли ассимиляция чизиқларини кузатиш мумкин: бунда 3344,37 см<sup>-1</sup> даги кенг чўкки гидроксил гуруҳлари (-ОН) ва водород боғлари, эҳтимол сув ёки целлюлоза борлигини кўрсатади. 2901,47 см<sup>-1</sup> даги чўкқилар метил ва метилен гуруҳларида С-Н чўзилиш тебранишларини, 1731,41 см<sup>-1</sup> ва 1592,86 см<sup>-1</sup> даги ўткир чўкқилар эса мос равишда карбонил (С=О) ва ароматик (С=С) гуруҳлар мавжудлигини кўрсатади. 1503,85 см<sup>-1</sup>, 1418,43 см<sup>-1</sup>, 1370,34 см<sup>-1</sup> ва 1320,09 см<sup>-1</sup> каби бошқа ассимиляция чизиқлари ароматик халқалар ва метил гуруҳларининг эгилиш тебранишлари билан боғлиқ. 1227,49 см<sup>-1</sup> ва 1027,21 см<sup>-1</sup> чўкқилари спиртлар ва эфирлардаги С-О тебранишлари билан, 895,85 см<sup>-1</sup> даги чўкқи эса ароматик бирикмалардаги С-Н эгилиш тебранишлари билан боғлиқ бўлиши мумкин.

Диссертациянинг «Олхўри данагидан углеродли адсорбент олиш ва уларни физик-кимёвий хоссалари» деб номланган учинчи бобида олхўри мевасининг данак пўстлоғидан юқори адсорбцион хусусиятларга эга бўлган фаоллантирилган углеродли адсорбентлар олиш учун бошланғич – пиролиз ва карбонизация жараёнлари ёритилади. Бу жараён атмосфера босими ва 300 – 800 °С ҳарорат ҳамда кислородсиз муҳитда биомассага термик ишлов беришдан иборат бўлиб, бу кўмирнинг ғовакли тузилиши шаклланишида ўз натижаларини беради. Жараён параметрлари, тажриба техникаси ва ҳарорат таъсирида фаоллантирилган углеродларнинг физик – кимёвий хусусиятларининг ўзгариши ушбу бўлимда батафсил ёритилади. Шунингдек, биомассага асосланган озик – овқат чиқиндисини қимматбаҳо адсорбцион

материалга айлантириш учун мақбул шароитлар механизмларини тушуниш имконини беради.

Ҳарорат таъсирида фаоллантириб олинган карбонизатларни физик – кимёвий ва адсорбцион кўрсаткичларига ҳарорат ва вақтнинг таъсири ўрганилди.

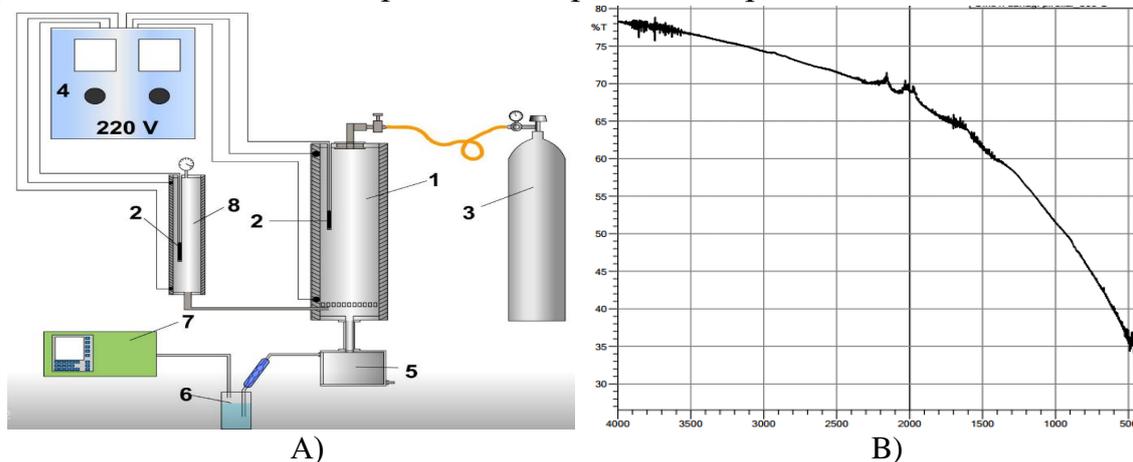


**4- расм.** Масса йўқотилишига ҳарорат ва вақтнинг таъсири гистаграммаси

Диаграммадан 1 соат термик пиролизланган карбонизатни ифодаловчи кўк рангли устун бошқаларга нисбатан энг кам масса йўқотиши билан алоҳида эътиборни тортади. Бу карбонизация жараёни учун ушбу вақт давомийлигида кутилган маҳсулотни олиш учун етарли эмаслигидан далолат беради. 1,5 соат (жигарранг) ва 2 (соат) кулранг устунларнинг деярли яқин кўрсаткичлари олхўри данагининг пўстлоғи учун 1,5 соатли карбонизация даври энг мақбул деб хулоса қилиш имконини беради. Бу давр данак пўстлоғи таркибидаги органик компонентларни парчаланиши ва чиқиб кетиши учун етарли эканлигини кўрсатади.

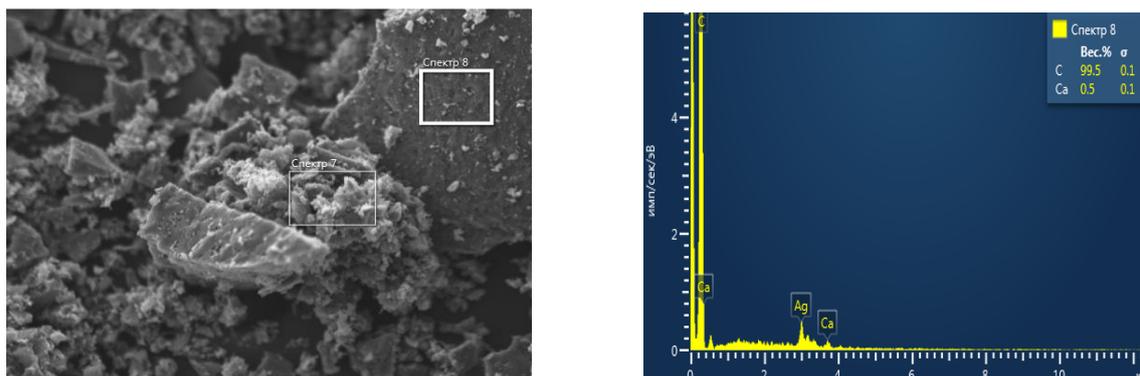
Таҳлилларга кўра, 500 °C да термик фаоллантирилгандан кейин намунадаги C миқдори 94,4%, O - 5,6% ни ташкил қилиши ва ҳарорат таъсирида данак пўстлоғи таркибидаги намлик, смолалар ва баъзи учувчан ҳамда газсимон моддаларнинг чиқиб кетиши билан изоҳланади. Шунингдек, кўмирлашган масса таркибидаги ғоваклар жуда кичик, зич жойлашгани сабабли, нисбатан текис бўлган сирт юзага эга деб изоҳланиши мумкин. Бундан шундай хулоса қилиш мумкинки, келтирилган маълумотлар карбонизация жараёнининг дастлабки босқичларига хос бўлиб бу даврда органик компонентлар хали тўлиқ парчаланиб улгурмаган.

Олхўри данагининг пўстлоғидан 300 - 800 °C иссиқлик таъсирида олинган карбонизатлар таркибидаги функционал гуруҳлар ўзгариши инфрақизил IRSpirit-T A22416103442 маркали спектроскопия ёрдамида таҳлил қилинди.



**7- расм.** А) Сув буғи ёрдамида фаоллантириш қурилмаси схемаси  
 1-пиролиз печи, 2-термопара, 3-аргон (азот), 4-электрон бошқарув қутиси, 5-смола  
 ушлагич, 6-конденсат ушлагич, 7-газ анализатор, 8-буғ реактори;  
 В) 500 °С пиролиз қилинган ва 750 - 800°С сув буғи берилган намунанинг ИҚ анализ  
 кўрсаткичлари

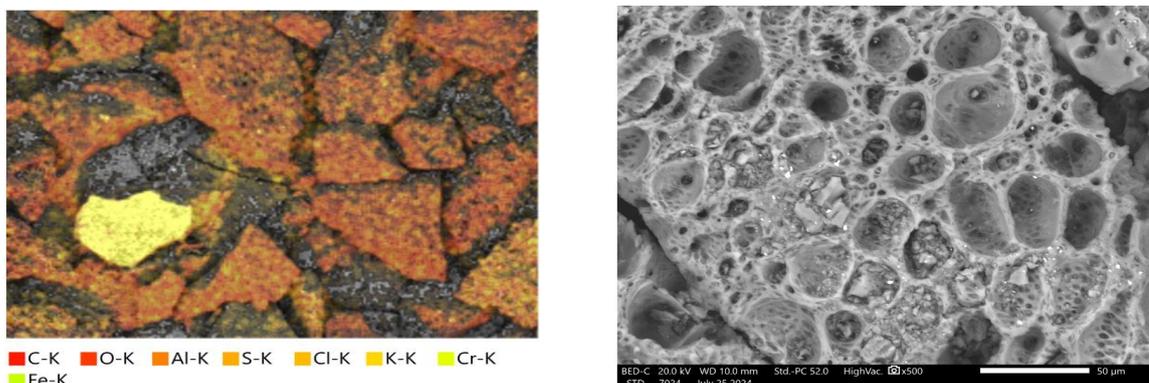
Қуйида 500 °С да 1,5 соат давомида пиролиз қилинган ва 750-800 °С  
 ҳароратда буғ билан фаоллантирилган углеродли адсорбентлар олиш  
 технологияси ва синов натижалари келтирилган. Ушбу намуна сув буғи билан  
 фаоллантирилгандан кейин СЭМ анализи орқали текширилганда ўзида 99,5%  
 С ва 0,5 % Са иони сақлашини намоён қилди.



**8-расм.** 500 °С пиролиз қилинган ва 750 - 800 °С сув буғи билан ишлов берилган  
 намунанинг СЭМ анализ кўрсаткичлари

Тадқиқот ишининг навбатдаги босқичида кимёвий фаоллантириш  
 усулидан фойдаланилди. Фаоллантириш воситаси сифатида КОН ва NaOH  
 танлаб олинди. Танланган бу икки гидроксид кучли коррозив асос бўлиши  
 билан бир қаторда NaOH 318 °С, КОН 360 °С да парчаланмасдан эрийдиган  
 барқарор кимёвий модда ҳисобланиб, натижада кўпчилик материаллар ва  
 хатто жуда инерт бўлган углерод материаллари билан ҳам реакцияга кириша  
 бошлайди. КОН эриш нуқталари атрофидаги ҳароратларда углерод ўз ичига  
 олган ҳом ашёлар (қатронлар, кўмир, лигноцеллюлозик материаллар ва  
 бошқалар), шунингдек, энг соф углеродли материаллар (углерод толалари,  
 углерод нанотолалари ва нанотубалари) билан ҳам кучли реакцияга киришади.  
 Гидроксид ва углерод ўртасида борадиган реакция муҳитини реакция  
 ҳарорати, вақти, гидроксиднинг табиати ёки гидроксид углерод нисбати  
 ёрдамида бошқариб туриш мумкин. Реакцияга киришмай қолган углерод,  
 ишқорий карбонатлар, баъзан реакция шароитига кўра реакцияга киришмай  
 қолган гидроксидлар ҳосил қилган қаттиқ аралашма реакция натижасида  
 ҳосил бўлган маҳсулот ҳисобланади. Бу маҳсулот ювилиб филтрланса ва  
 қуритилса таркибда қолган углерод моддаси супер фаоллаштирилган углерод  
 бўлади. Дастлаб, 500 °С да пиролиз қилинган карбонизатни КОН ва NaOH  
 билан 1:0,01, 1:0,03, 1:0,05 нисбатларда аралаштириб, ишқорга бўктирилган  
 карбонизатларни 600, 700, 800 °С да инерт муҳитда ҳароратнинг  
 фаоллантириш жараёнига таъсири таҳлил қилинди.

Олинган углеродли сорбентларни морфологиясини ўрганиш учун СЭМ  
 натижалари олинди.

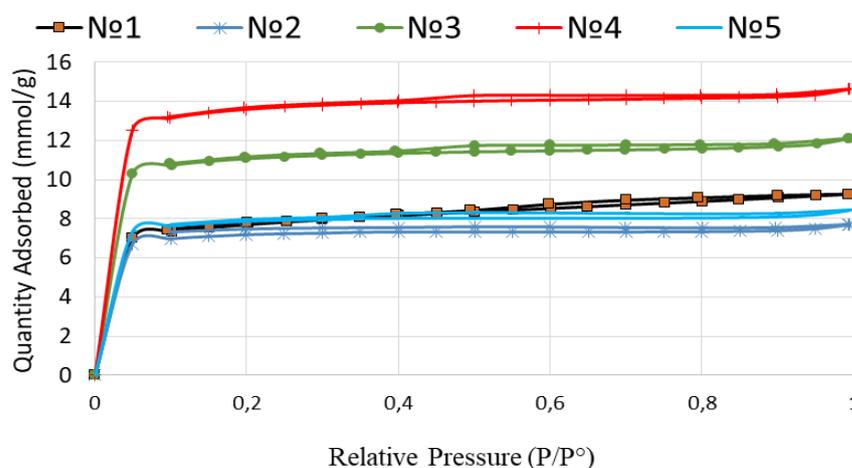


**9-расм.** ФУА1:0,05КОН намунанинг СЕМ анализ кўрсаткичлари

ФУА1:0,05КОН намунаси таркибининг асосий 98% С, 0,3% О, 0,9% К ва Al 0,07%, S 0,08%, Cl 0,10%, Cr 0,19% ва Fe 0,21% элементларидан иборатлиги сканерловчи электрон микроскоп тасвирларидан маълум. Фаоллаштириш натижасида С миқдорининг ортиши ва К металининг 0,9% ташкил этиши ювилган намуна таркибида қисман реагент қолдиқларининг қолиб кетганлиги билан изоҳланади. Олинган “фаоллантирилган” деб тахмин қилинаётган намуналар ювилди ва куритилди. Шундан сўнг, уларнинг адсорбцион қобилиятлари таҳлил қилинди.

Quantachrome Nova 1000e статик адсорбцион қурилма ёрдамида 77 К дан паст бўлган ҳароратда ғовакли тузилманинг характеристикалари яъни, (умумий ғовак ҳажми -  $V_{\Sigma}$ , солиштирма юзаси – S ҳамда ғовак радиуси – R, Å азот адсорбцияси усулига кўра таҳлил қилинди.

Азот адсорбцияси натижалари олхўри данагини 500 °С да термик пиролиз қилинганда ( $S_{\text{BET}}$ ) БЭТ бўйича солиштирма юзаси -84,2376 м<sup>2</sup>/г га тенг эканлигини намоён қилди. 750 °С да сув буғи ёрдамида фаоллаштирилгандан кейин - 542,86 м<sup>2</sup>/г гача ошганини кузатиш мумкин. КОН (30% эритмасига 1:5 нисбатда 24 соат бўктирилган данак пўстлоғи) ёрдамида ишлов берилган намунада ( $S_{\text{BET}}$ ) - 797,62 м<sup>2</sup>/г га кўтарилган бўлса, ишқорни (КОН) қуруқ ҳолда турли нисбатларда ишлов бериш натижалари орасидан 1:0,05 нисбатдаги карбонизат : ишқор таъсирлашуви натижаси ( $S_{\text{BET}}$ ) - 944,2450 гача ошганини изоҳлаб берди.



**10-расм.** Намуналарда азот буғи адсорбция ва десорбция изотермалари 1-750 °С паргаз; 2- ФУА1:0,01КОН; 3- ФУА1:0,03КОН; 4- ФУА1:0,05КОН; 5- ФУА1:0,05NaОН.

Юқоридаги изотермалар гибрид типдаги, яъни нисбий паст босимда  $P/P_0 < 0,05$  микроғовакли материалларга ва IV турдаги мувозанатлашган ва юқори босимда гистерезис ҳалқасининг ҳосил бўлиши кўрсатилган.

Диссертациянинг «Олхўри данакларини кимёвий фаоллаштиришнинг адсорбцион хоссаларига таъсири, уларни олиш технологияси, ҳамда иқтисодий самарадорлигини аниқлаш» деб номланган тўртинчи бобида ҳарорат ўзгаришининг кимёвий фаоллантирилган адсорбентлар солиштирма юзаларига таъсири, минерал ўғитлар ишлаб чиқариш саноати оқава сувларини олинган углеродли адсорбентлар ёрдамида тозалаш, ишлатилган углеродли сорбентларни регенерацияси, ҳамда Олхўри пўчоғидан углеродли адсорбент олиш технологияси ва уларни иқтисодий самарадорлиги аниқланди.

Кимёвий фаоллаштиришнинг углеродли адсорбентнинг солиштирма юзаси паст ҳароратли азот адсорбцияси орқали аниқланди. Карбонизация ҳароратини ошиб бориши билан солиштирма юза ва ғоваклигини ошишига ва аксинча зичлигини камайишига олиб келиши аниқланди. Ҳарорат ошиши билан органик бирикмаларнинг чиқиши натижасида ғовакли структура ҳосил бўлади ва солиштирма юза ошади. Солиштирма юзани ошиши билан капиллярларда ютувчанлик қобилияти ошиши кузатилади. Бунинг натижасида материал структураси янада қаттиқлашиб, солиштирма юзаси камайиб кетади.



**11-расм.** Микро ва мезоғоваклар ҳажмий ўзгаришини ҳароратга боғлиқлиги

Микро ва мезоғовакларни ҳажмий ўзгариши ҳароратга боғлиқлиги ўрганилди. Олинган натижалар 11-расмда келтирилган.

Ғоваклар ҳажмини ўзгариши асосан 500 °C дан кейин бошланишини ҳисобга олиб, микро ва мезоғовакларни ҳажмини ўзгаришини ҳам шу ҳароратдан бошлаб ўрганилди. Олинган натижаларга кўра, ( $V_a$ ) микроғоваклар миқдори ҳарорат 800 °C гача ошиб бориши кузатилган. Микроғоваклар ( $V_a$ ) ҳажм бўйича мезоғовакларга нисбатан кўпроқ миқдорни эгаллашини исботлайди. Мезоғоваклар миқдори 750 °C да паргаз фаоллаштирилган намунада кескин тушиши ва 800 °C да эса ишқор билан фаоллантирилган намунада эса энг юқори чўққиларга кўтарилгани микроғовакли структура ҳосил бўлганлигидан дарак беради.

Тадқиқот иши доирасида “ИФОДА АГРОКИМЁ ҲИМОЯ” МЧЖ нинг “Минерал ўғитлар” ва “Пестицидлар” ишлаб чиқариш цехидан чиқаётган оқава сувларининг таркиблари ўрганилди ва олинган натижалар 4.1-жадвалда келтирилди. Оқава сувларни олинган углеродли адсорбентлар ёрдамида адсорбцион тозалаш жараёнини қуйидаги кетма-кетликда олиб борилди: сувни тозалаш учун 250 мл конуссимон колбага 200 мл оқава сув солинди ва

магнитли аралаштиргич ёрдамида 700 айл/тезлик 15-20 минут 20 °С ҳароратда аралаштириб турилди. Магнитли аралаштиргич айланишни бошлаганда 5% углеродли адсорбент солинди. Тозалаш учун 0,5 – 1мм дисперсликка эга адсорбентдан фойдаланилди. Дастлабки ва тозаланган сувнинг физик-кимёвий таҳлил усуллари ўтказилди. LOVIBOND TB 210 IR маркали сув тиниқлигини текшириш аппарати EN ISO 7027 га мувофиқ, тарқалган ёруғликни 90 °С бурчак остида аниқ ва тезкор таҳлил қилишга мўлжалланган. Ўлчовлар инфрақизил нурлар ёрдамида амалга оширилганлиги сабабли, рангли ва рангсиз сув намуналарини таҳлил қилиш самараси юқори. Қуйидаги жадвалда «Ифода Агрокимё химоя» МЧЖ ҚК “Минерал ўғитлар” ва “Пестицидлар” цехи оқова сувларининг дастлабки ва тозалангандан кейинги кўрсаткичлари келтирилган.

3-жадвал

«Ифода Агрокимё химоя» МЧЖ ҚК “Минерал ўғитлар” цехи оқова сувларини тозалаш натижалари

Минерал ўғитлар цехи суви, мл	Адсорбент миқдори, %	pH	Қаттиқлиги	Тиниқлиги	Тозалаш даражаси, %
200	-	8,6	7,0	128	-
200	2	8,6	6,5	99	22,65
200	3	8,6	6,0	71	44,53
200	4	8,7	5,0	53	58,59
200	5	8,8	4,0	31	75,78
200	6	8,9	3,5	27	78,90

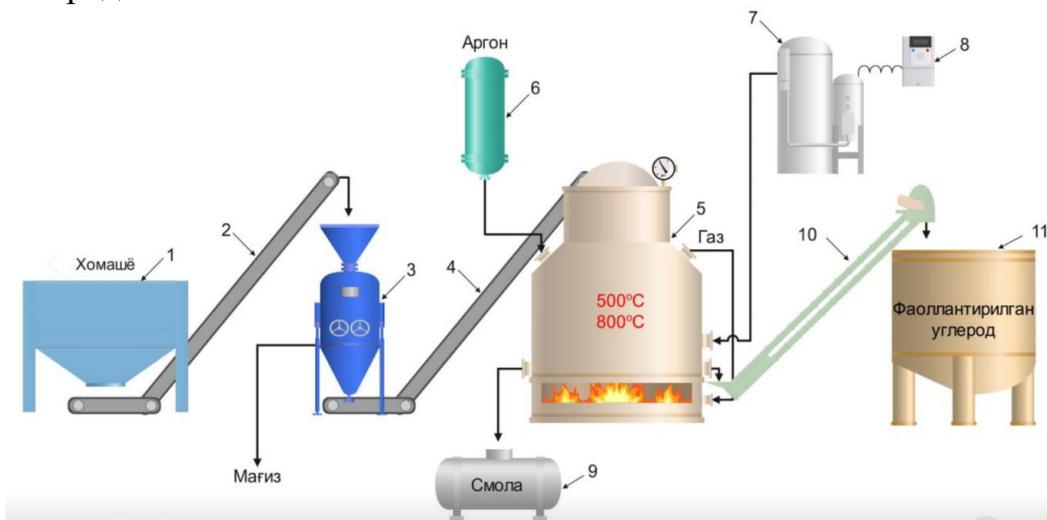
4-жадвал

«Ифода Агрокимё химоя» МЧЖ ҚК “Пестицидлар” цехи оқова сувларини тозалаш натижалари

Пестицидлар цехи суви, мл	Адсорбент миқдори, %	pH	Қаттиқлиги	Тиниқлиги	Тозалаш даражаси, %
200	-	7,8	16,50	204	-
200	2	7,8	15,82	162	20,58
200	3	7,9	14,67	103	49,50
200	4	8,2	13,56	54	73,52
200	5	8,4	12,80	7	96,56
200	6	8,5	11,92	6	97,05

Дастлаб, “Минерал ўғитлар” сувининг қаттиқлиги 7,00 мг-экв/л, pH кўрсаткичи 8,6 лойқасимон, ўзига хос ёқимсиз хидга эга, тўқ жигарранг, аччиқ ва шўр ҳамда тинч турган холда чўкма тушувчи сув эканлиги аниқланган. Тозалангандан сўнг сувнинг қаттиқлиги 4,00 мг-экв/л, pH кўрсаткичи 8,4 оч жигарранг, сезилар сезилмас ҳидли, бироз шўр сув эканлиги аниқланди. “Пестицидлар” сувининг қаттиқлиги 16,5 мг-экв/л, pH кўрсаткичи 7,8 лойқасимон, ўзига хос ёқимсиз хидга эга, кулрангсимон – тўқ яшил тусли, шўр ҳамда тинч турган холда чўкма ҳосил қилувчи сув эканлиги аниқланган. Тозалангандан сўнг сувнинг қаттиқлиги 12,8 мг-экв/л, pH кўрсаткичи 8,4, шаффоф, хидсиз, рангсиз, бироз шўр сув эканлиги аниқланган. Адсорбент

миқдори ошиб бориши билан тозалик даражаси ҳам ортиб бориши кузатилган. Адсорбент миқдорини 6% ли кўрсаткичлари 5% ли кўрсаткичлардан катта фарқ қилмаганлиги сабабли тозалаш учун 5% адсорбент етарли деган хулосани беради.

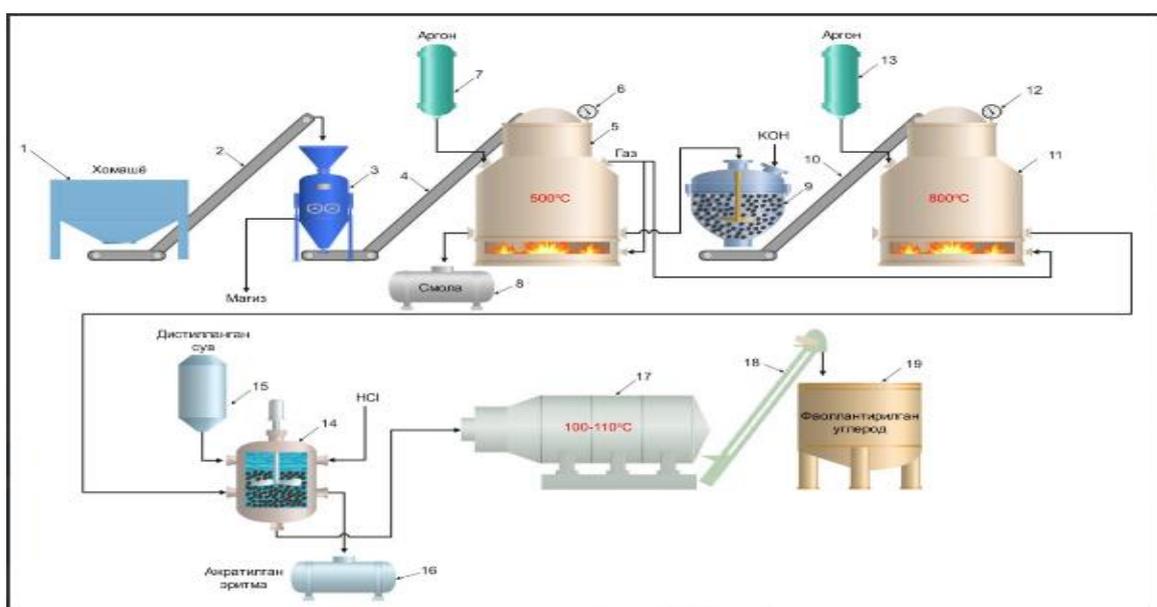


**12-расм.** Олхўри данаги карбонизатини сув буғи билан фаоллаштириб углеродли адсорбент олишнинг технологик схемаси

**5-жадвал**

**Буғли фаоллантирилган олхўри данаги адсорбентини моддий иқтисодий баланси**

Хомашёлар номи	Миқдори	таннархи, сум/кг	сарфи,	таннархи, сум/кг	таннархи, сум/т
Олхўри данаги (кг)	1	200.0	4.0	800.0	800 000
Сув (л)	1	1 568.0	1.0	1.568	1 568
Аргон гази (л)	1	60 000.0	0.025	1 500.0	1 500 000
Кўмир (кг)	1	357.48	5.0	1 787.4	1 787 400
Электр энергия (kvt)	1	900.0	6.75	6075.0	6 075 000
Тайёр углеродли адсорбент				10 163.968	10 163 968



**13-расм.** Олхўри данаги карбонизатини ишқор билан фаоллаштириб углеродли адсорбент олишнинг технологик схемаси

6-жадвал

## ФУА1:0,05КОН асосида олинган адсорбентнинг моддий иқтисодий баланси

Хомашёлар номи	Миқдори	таннархи, сум/кг	сарфи,	таннархи, сум/кг	таннархи, сум/т
Олхўри данаги (кг)	1	200.0	4.0	800.0	800 000
Сув (л)	1	1 568.0	3.0	4.704	4 704
Ишқор КОН (кг)	1	60 000.0	0.05	3 000.0	3 000 000
(11,25 н) НСІ эритмаси (л)	1	6 050.0	0,009	54.45	54 450
Аргон газы (л)	1	6 200.0	0,4	2 500.0	2 500 000
Кўмир (кг)	1	357.48	10.0	3 574.8	3 574 800
Электр энергия (квт)	1	900.0	10.0	9 000.0	9 000 000
Тайёр углеродли адсорбент				18 933.954	18 933 954

7-жадвал

“ИФОДА АГРОКИМЁ ҲИМОЯ” МЧЖ нинг “Минерал ўғитлар” ва  
 “Пестицидлар” цехи оқова сувларини тозалаш учун олинган углеродли  
 адсорбентларни қўллашдан кутилаётган иқтисодий самарадорлик ҳисоби

Номланиши	Ўлчов бирлиги	Кўрсаткич
<i>А. Бугунги кунда корхоналарда қўланиладиган БАУ углеродли адсорбент кўрсаткичлари</i>		
Йиллик углеродли адсорбентнинг қўлланилиши	кг	300
100 кг АГ-3 углеродли адсорбент нархи	млн.сум.	4,0
Йиллик углеродли адсорбент сарфи $40000 \cdot 300 = 12\,000\,000$	млн. сўм	12,0
<i>Б. Тавсия қилинаётган ФУА1:0,05КОН ва 750 °С АУ углеродли адсорбент кўрсаткичлари</i>		
Йиллик углеродли адсорбентнинг қўлланилиши	кг	300
100 кг олинган углеродли ФУА1:0,05КОН адсорбентлари нархи: 750 °С АУ ФУА1:0,05КОН	млн.сум	1,0 1,8
Йиллик углеродли адсорбент сарфи 750 °С АУ $10\,163,968 \cdot 300 = 3\,049\,190,4$ ФУА1:0,05КОН $18\,933,954 \cdot 300 = 5\,680\,186,2$	млн.сум	3,0 5,6

Юқоридаги жадвалда 100 кг таклиф этилаётган углеродли адсорбентини бугунги кунда четдан келаётган АГ-3 маркали адсорбенти тан нархи билан солиштирилган. 750 – 800 °С да буғли фаоллантирилган адсорбент АГ-3 маркали адсорбентга нисбатан 4 баравар, ФУА1:0,05КОН адсорбенти 2,1 баравар арзон тушиши аниқланган.

## ХУЛОСАЛАР

1. Олхўри данаги пўстлоғи таркибида 61% дан зиёд углерод тутгани элемент ва миқдорий таҳлиллар натижасида аниқланиб, углеродли адсорбент олишга хомашё бўла олишини кўрсатади.

2. ТГА ва ДТА анализлари орқали аниқланган термограммада ҳарорат ортишининг намуна массасига таъсири, босқичлари таҳлил қилиниб, тегишли ҳарорат таъсирида боғларнинг узилиши  $384,61^{\circ}\text{C}$  да бошланиши асосий эндотермик эффектнинг кузатилиши билан таҳлил қилинди.

3. Таҳлилларга кўра,  $500^{\circ}\text{C}$  да термик фаолантирилгандан кейин намунадаги С миқдори 94,4%, О - 5,6% ни ташкил қилиши ва ҳарорат таъсирида данак пўстлоғи таркибидаги намлик, смолалар ва баъзи учувчан ҳамда газсимон моддаларнинг чиқиб кетиши билан изоҳланади.

4. ИҚ-спектроскопик таҳлил орқали турли ҳароратларда олхўри данакларидан олинган фаоллаштирилган углеродда сезиларли таркибий ўзгаришлар, жумладан, фаоллаштириш ҳароратининг ошиши -ОН ва С-Н каби функционал гуруҳларнинг чиқиб кетиши ва органик моддаларнинг парчаланишига олиб келиши аниқланган.

5. Рентген таҳлилига кўра, олхўри данагининг кули асосан аморф ва қисман кристалл фазадан иборатлиги, бу кристалл фаза кальцит ва кварц минералига тегишли эканлиги аниқланган.

6.  $750 - 800^{\circ}\text{C}$  ҳароратда буғ-газ қилинган намуна рентгеноаморф эканлиги аниқланди. NaOH билан 1:0,05 нисбатда ишлов берилган намунада КОН билан ишлов берилган намуналарга нисбатан биров кўпроқ кристалл фаза борлиги, КОН нинг кучли коррозив хусусиятга эга эканлиги ва 1:0,05 нисбатда фаолантирилган намуна тўлиқ рентгеноаморф эканлиги аниқланди.

7. КОН ишқорини кўмирга нисбатининг ошиб бориши нисбий юзанинг ошишига сабаб бўлиши аниқланган.  $500-700^{\circ}\text{C}$  гача шиддат билан нисбий юзани кескин ошиши, таркибидаги органик бирикмаларни ёниши ҳисобига қўшимча ғоваклар ҳосил бўлишига, ҳароратни  $700-800^{\circ}\text{C}$  га ошиши энг юқори чўққисига чиқишига, ҳароратнинг бундан кейинги оширилиши нисбий юзани кескин камайишига, яъни ғовакларни бирлашишига ёки структурани бузилишига олиб келиши аниқланган.

8. Пиролизланган углеродли адсорбентни КОН билан 1:0,01 нисбатдан 1:0,05 гача оширилиши нисбий юзани  $900\text{ м}^2/\text{г}$  гача ошишига олиб келиши аниқланган.

9. БАУ назорат учун олинган углеродли адсорбент **ФУА1:0,05КОН** углеродли адсорбентга нисбатан бир оз фаоллика эга эканлиги қуйидаги кўрсаткичларга кўра изоҳланади: яъни, 95% тозалик даражасига 6% назорат намунаси сарфланган бўлса, **ФУА1:0,05КОН** углеродли адсорбентининг 90 % гача органик модда қолдиқларини тозалашга эришиши учун 5% ишлатилган.

10. Олхўри данаги пўстлоғидан углеродли адсорбент олишнинг технологияси ишлаб чиқилган ва иқтисодий самарадорлиги асосланган.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
DSc.03/29.08. 2023.К/Т.66.02 ПРИ НАМАНГАНСКОМ ИНЖЕНЕРНО-  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

---

**НАМАНГАНСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
ИНСТИТУТ  
ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

**УСМОНОВА ЗУЛФИЯ ТОХИРЖОНОВНА**

**ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА УГЛЕРОДНЫХ АДСОРБЕНТОВ НА  
ОСНОВЕ СЕМЯН СЛИВЫ И ИХ АДСОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА**

**02.00.11 – Коллоидная и мембранная химия**

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

**Наманган-2025**

**Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан под номером B2024.1.PhD/T4374**

Диссертация выполнена в Наманганском инженерно-технологическом институте и институте общей и неорганической химии.

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

**Научный руководитель:** **Салиханова Дилноза Саидакбаровна**  
доктор технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:** **Эшметов Иззат Дусимбатович**  
доктор технических наук, профессор

**Абдурахимов Акмал Ходжиакбарович**  
доктор философии по техническим наукам

**Ведущая организация:** **Наманганский государственный университет**

Защита диссертации состоится «10» марта 2025 года в «15<sup>00</sup>» часов на заседании Научного совета DSc.03/29.08.2023.K/T.66.02 при Наманганском инженерно-технологическом институте по адресу: 160115, г. Наманган, ул. Косонсой, 7, Тел: (0569) 228-76-71, Факс: (0569) 228-76-71; e-mail: [niei\\_info@edu.uz](mailto:niei_info@edu.uz).)

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Наманганского инженерно-технологического института под регистрационным № 368 (160115, г. Наманган, ул. Косонсой, 7. Тел: (0569) 228-76-71, Факс: (0569) 228-76-71).

Автореферат диссертации разослан «25» февраля 2025 года.  
(Реестр за № 10 от «25» февраля 2025 года).

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

**Д.Ш.Шеркузиев**  
Учёный секретарь научного совета  
по присуждению учёных степеней, д.т.н., профессор

**И.Д.Эшметов**  
Заместитель научного семинара при научном совете  
по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор.

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

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мире рост экологических проблем с каждым днем связан, главным образом, с увеличением числа промышленных предприятий. Снижение газообразных, жидких и твердых отходов, выбрасываемых ими в окружающую среду, в настоящее время является одной из основных проблем, стоящих перед инженерно-технологами и экологами. Их вредное воздействие в основном уменьшается за счет метода адсорбционной очистки, где широко используются угольные адсорбенты. Угольные адсорбенты являются материалами с высокими сорбционными свойствами, и их получение путем прямой обработки природных углей или утилизации отходов в настоящее время приобретает большое значение.

Во всем мире проводятся научные исследования по получению активированных углеродных адсорбентов для адсорбционной очистки различных промышленных сточных вод. В этом направлении изучаются растительное сырье для получения углеродных адсорбентов; определяются оптимальные условия термической активации углеродного адсорбента из отходов растительного происхождения, таких как косточковые оболочки плодов сливы; подбираются методы и оптимальные условия активации и модификации углеродных адсорбентов. Особое внимание уделяется изучению адсорбционных свойств углеродных адсорбентов через сорбцию различных адсорбатов.

В Республике достигнуты теоретические и практические результаты в разработке адсорбентов с высокой сорбционной способностью, полученных из отходов растительного происхождения, таких как оболочки косточек сливы, и их применении в процессах очистки сточных вод. В третьем направлении стратегии развития Нового Узбекистана на 2022–2026 годы определены важные задачи, такие как «продолжение реализации промышленной политики, направленной на обеспечение стабильности национальной экономики, увеличение доли промышленности в валовом внутреннем продукте и рост объема производства промышленной продукции в 1,4 раза»<sup>1</sup>. В этом направлении использование углеродных адсорбентов, полученных из оболочек косточек сливы, для очистки промышленных сточных вод приобретает большое значение.

Данное диссертационное исследование в определенной степени способствует выполнению задач, предусмотренных Указом Президента Республики Узбекистан № ПФ-60 от 28 января 2022 года «О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022–2026 годы», Указом Президента Республики Узбекистан № ПФ-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», Постановлением Президента Республики Узбекистан № ПП-3236 от 23 августа 2017 года «О программе развития химической промышленности на

---

<sup>1</sup> Указ Президента Республики Узбекистан УП-60 «О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы» от 28 января 2022 года

2017–2021 годы», Постановлением Президента Республики Узбекистан № ПП-3983 от 25 октября 2018 года «О мерах по ускоренному развитию химической промышленности в Республике Узбекистан», а также другими нормативно-правовыми документами, относящимися к данной деятельности.

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

**Степень изученности проблемы.** В мировой литературе уделено значительное внимание исследованиям по получению углеродных адсорбентов на основе природного угля и промышленных отходов, их применению в различных адсорбционных процессах, таких как сорбция газов, очистка сточных вод и выделение различных металлов. Зарубежными учеными, такими как J.D. Torres, E.A. Faria, A.G. Prado, Т.Е. Никифорова, Н.А. Собгайда, Ю.А. Макаров, А.Е. Кузнецов, Н.Б. Градова, С.В. Лушников, М. Энгельхарт, Т. Вайссер, Н.С. Жмур, М.В. Чеботарёва, С.В. Яковлев, И.Г. Краснобородько, В.М. Рогов, Г.А. Селицкий, В.П. Исаченко, проводятся научные исследования в этой области.

В Центральной Азии, и в частности в Республике Узбекистан, проводятся и проводились научные исследования по получению углеродных адсорбентов на основе местного сырья и отходов, а также изучению их адсорбционных свойств на различных адсорбатах. Среди ученых, внесших вклад в эту область, можно отметить К.С. Ахмедова, А.А. Агзамходжаева, У.К. Ахмедова, С.С. Хамраева, Г.Р. Нарметову, С.А. Абдурахимова, Р.Х. Гумарова, Г.У.Рахматкариева, И.К. Сатаева, О.К. Бисенбаева, И.Д. Эшметова, О.К. Эргашева, Д.С. Салиханову, Д.Ж. Жумаеву и других.

Следует отметить, что методы получения и активации адсорбционных материалов выбираются исходя из области их применения, химического состава и структуры исходного сырья. С учетом этих факторов требуется индивидуальный подход к каждому типу сырья. В рамках данной проблемы недостаточная изученность вопросов активации и модификации оболочек косточек слив, являющихся растительными отходами, подчеркивает важность проведения более детальных исследований в этом направлении.

**Связь исследования с научно-исследовательскими планами научно-исследовательского учреждения, в котором была выполнена диссертация.** Диссертационные исследования выполнены в соответствии с научно-исследовательскими планами Института общей и неорганической химии в рамках хоздоговорной темы «Выделение драгоценных металлов с использованием активированных углей, полученных на основе местного сырья».

**Целью исследования** является получение активированных углеродных адсорбентов из косточек сливы и определение их адсорбционных свойств.

**Задачи исследования:**

изучение сырьевых баз для получения углеродных адсорбентов из растительного сырья и отходов;

определение оптимальных условий термической активации углеродных адсорбентов из оболочек косточек сливы;

установление оптимальных условий активации карбонизатов, полученных из оболочек косточек сливы, с использованием активирующих реагентов для получения адсорбентов с высокими сорбционными свойствами;

исследование влияния активирующих реагентов на сорбционные свойства полученных углеродных адсорбентов;

разработка технологии получения активированного углеродного адсорбента (АУА) из оболочек косточек сливы, являющихся растительными отходами;

оценка экономической эффективности технологии получения и применения активированного углеродного адсорбента (АУА).

**Объектами исследования** являются оболочки косточек сливы, являющиеся растительными отходами, их карбонизаты и модифицированные углеродные адсорбенты, а также контрольный образец для сравнения, промышленные сточные воды и модификаторы (KOH, NaOH).

**Предметом исследования** являются методы получения углеродных адсорбентов на основе оболочек косточек сливы, являющихся растительными отходами, процессы и закономерности их модификации, механизмы очистки промышленных сточных вод с использованием углеродных адсорбентов, а также изучение физико-химических и адсорбционных свойств полученных углеродных адсорбентов.

**Методы исследования.** В диссертационной работе использовались физико-химические методы (ИК-спектроскопия, электронная микроскопия, дифракция рентгеновских лучей, СЭМ), а также калориметрические методы анализа.

**Научная новизна исследования заключается в следующем:**

разработаны методы увеличения содержания углерода в составе косточек сливы с 61,1% до 99,4% путем термической и химической активации;

проведен ИК-спектроскопический анализ, выявивший, что активация оболочек косточек сливы при различных температурах приводит к значительным структурным изменениям: с повышением температуры активации происходит удаление функциональных групп -ОН и С-Н, разложение органических веществ и образование более стабильных и конденсированных ароматических структур;

доказано, что образец, обработанный NaOH в соотношении 1:0,05, содержит несколько больше кристаллической фазы по сравнению с образцами, обработанными KOH. При увеличении соотношения KOH до 1:0,05 образец становится полностью рентгеноаморфным;

установлено, что увеличение соотношения KOH к углю приводит к значительному росту удельной поверхности в интервале температур 500–700 °С за счет интенсивного образования дополнительных пор, обусловленного сгоранием органических соединений. При повышении температуры до 750–800 °С удельная поверхность достигает максимума, после чего ее дальнейшее

увеличение вызывает резкое снижение удельной поверхности из-за слияния пор или разрушения структуры;

разработана технология получения углеродных адсорбентов из оболочек косточек сливы.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:  
создана возможность получения активированного углеродного адсорбента на основе растительных отходов (оболочек косточек сливы);  
разработан метод очистки промышленных сточных вод с использованием углеродного адсорбента.

**Достоверность результатов исследования** подтверждается результатами использованных химических и современных физико-химических методов анализа, а также оформленными актами о проведении экспериментально-промышленных испытаний по очистке сточных вод до норм ПДК.

#### **Научное и практическое значение результатов исследования.**

Научное значение результатов исследования заключается в изучении влияния модификаторов на процессы получения активированных углеродных адсорбентов из оболочек косточек сливы, а также в выявлении закономерностей адсорбции различных адсорбатов на полученных углеродных адсорбентах, что служит основой для разработки методов их получения.

Практическое значение результатов исследования состоит в разработке технологии получения модифицированных углеродных адсорбентов из оболочек косточек местной сливы, создании технологии получения активированных углеродных адсорбентов из отходов сельскохозяйственных культур, а также в использовании данных результатов в образовательном процессе для подготовки магистров и бакалавров в области химии и химической технологии.

**Внедрение результатов исследования.** На основе результатов, полученных в ходе термохимической активации оболочек косточек сливы с использованием щелочных реагентов:

метод получения углеродного адсорбента путем активации оболочек косточек сливы с использованием KOH включен в «Список перспективных разработок для внедрения в 2024–2025 гг.» компании ООО СП «IFODA AGRİKIMYO NİMOYA» (Справка ООО СП «IFODA AGROKIMYO NİMOYA» № 1097 от 11 ноября 2024 года). Это позволит заменить импортируемые углеродные адсорбенты за счет использования активированных растительных отходов;

метод очистки промышленных сточных вод от органических остатков (ОО) с использованием активированного углеродного адсорбента АУА1:0,05KOH включен в «Список перспективных разработок для внедрения в 2024–2025 гг.» компании ООО СП «IFODA AGRİKIMYO NİMOYA » (Справка ООО СП «IFODA AGROKIMYO NİMOYA » № 1097 от 11 ноября 2024 года). В результате обеспечена очистка сточных вод цеха по

производству минеральных удобрений до нормативного уровня содержания органических остатков (ОО).

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследования были обсуждены на 20 конференциях, включая публикации в 2 журналах, индексируемых в Scopus, на 12 международных и 6 республиканских научно-практических конференциях.

**Опубликование результатов исследования.** По теме и материалам диссертации опубликовано 8 научных работ, в том числе 8 научных статей, 5 в республиканских и 3 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертации.

**Структура и объём диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Объём диссертации составляет 106 страниц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

**Во введении** обоснованы актуальность и необходимость исследования, сформулированы цели и задачи, охарактеризованы объекты и предмет исследования. Показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан. Изложены научная новизна и практические результаты исследования, раскрыты теоретическое и практическое значение полученных результатов, описано состояние внедрения результатов исследования в практику. Также представлены сведения о публикациях, связанных с выполненным исследованием, и о структуре диссертации.

В первой главе диссертации под названием **«Перспективы получения и применения углеродных адсорбентов с высокими сорбционными свойствами»** приведены критико-аналитические обсуждения работ, опубликованных в научно-технической литературе и патентных изданиях, посвященных общим характеристикам углеродных адсорбентов. Также рассмотрены традиционные и нетрадиционные методы получения углеродных адсорбентов на основе природного угля и нетрадиционного сырья, обсуждены исследования по химической активации, изучению адсорбционных и текстурных свойств углеродных адсорбентов, а также определены области их применения.

В обзоре литературы обоснованы возможности получения углеродных адсорбентов на основе местного сырья и производственных отходов путем изучения влияния химической, термической и парогазовой активации на сорбционно-структурные свойства адсорбентов. Анализ литературы позволил сформулировать цели и задачи, поставленные в данном исследовании.

Во второй главе диссертации **«Классификация углеродсодержащего сырья и углеродных адсорбентов, методы их контроля и лабораторное оборудование»** рассмотрены физико-химические свойства оболочек косточек сливы, а также методы контроля сырья и готовой продукции при получении углеродных адсорбентов на основе растительного сырья.

**Таблица 1**

**Анализ выращивания сливы в 2017-2023 годах официального сайта siat.stat.uz.**  
(тысяч тонн)

<b>Территории</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>
Республика Узбекистан	116,0	134,9	130,0	130,1	143,4	177,6	178,2
Республика Каракалпакстан	2,2	1,4	1,1	1,7	1,6	1,5	1,6
Андижанская область	23,7	19,2	21,5	28,4	24,0	27,3	30,3
Бухарская область	3,3	4,1	9,7	9,7	12,6	9,5	9,7
Джизакская область	4,1	6,1	4,4	4,1	4,6	5,0	5,6
Кашкадарьинская область	10,7	6,7	8,3	7,2	4,9	6,3	7,5
Навоийская область	7,6	3,7	3,6	3,5	3,6	3,8	3,8
Наманганская область	19,2	30,0	19,3	12,9	38,5	55,6	52,3
Самаркандская область	6,5	9,1	11,9	16,6	13,2	14,2	14,5
Сурхандарьинская область	4,6	9,7	8,6	9,6	8,5	9,1	10,1
Сырдарьинская область	3,2	5,3	3,1	2,9	3,0	4,4	4,9
Ташкентская область	19,3	22,3	24,5	14,3	12,9	20,3	16,7
Ферганская область	4,1	13,2	10,5	13,0	9,7	13,2	13,9
Хорезмская область	7,5	4,0	3,5	6,2	6,3	6,9	7,2
город Ташкент	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,5	0,1

В данном исследовании в качестве объекта использовались оболочки косточек сливы, полученные из биомассы, выращиваемой в больших объемах в различных регионах Республики, в частности, в Наманганской области. Оболочки косточек сливы представляли собой кусочки различных форм длиной в среднем 22×7 мм и толщиной 1 мм. Эти образцы были предварительно раздроблены и отделены от ядра перед началом исследования..

Отделенная от ядра оболочка косточки в настоящее время считается одним из отходов, решение проблемы утилизации которого ожидает своего решения. В следующей таблице представлены исходные физико-химические показатели оболочек косточек сливы.

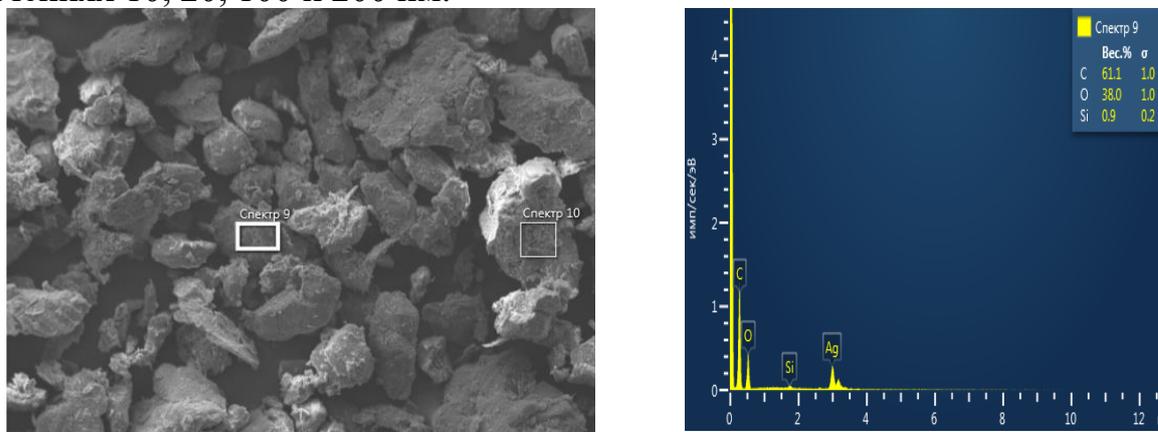
**Таблица 2.**

**Физико-химические показатели оболочек косточек сливы**

Влажность, %	8,5
Содержание золы, %	0,07
Размеры и цвет	(22x7x1 мм), коричневый

Анализ элементного и количественного состава оболочек косточек сливы был проведен с использованием сканирующего электронного микроскопа

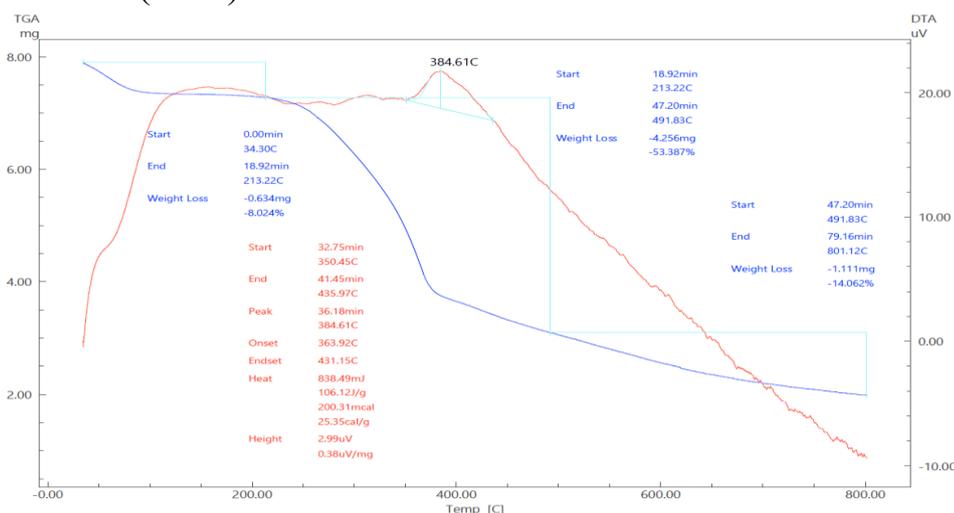
EVO MA 10 и высокоэффективного энергодисперсионного рентгено-флуоресцентного спектрометра Rigaku NEX CG EDXRF Analyzer with Polarization in set - 9022 19 000 0 (Япония). С помощью СЭМ были получены спектры образцов оболочек косточек сливы размером менее 0,25 мм при увеличениях 10, 20, 100 и 200 нм.



**Рис. 1.** СЭМ-изображение оболочек косточек сливы

Кроме того, в составе оболочек косточек сливы, помимо углерода (C) и кислорода (O), были обнаружены следующие элементы: Cl — 0,0086%, Mg — 0,0592%, Al — 0,0805%, Si — 0,0959%, S — 0,0222%, K — 0,0933%, Ca — 0,250%, Ti — 0,0009%, Cr — 0,0005%, Mn — 0,0019%, Fe — 0,0353%, Cu — 0,0023%, Zn — 0,0011%, Sr — 0,0013%, Zr — 0,0446%, Ag — 0,0004%, Hf — 0,0008%. Состав был предварительно определен с помощью высокоэффективного энергодисперсионного рентгено-флуоресцентного спектрометра Rigaku NEX CG EDXRF Analyzer with Polarization in set - 9022 19 000 0 (Япония).

На представленной термограмме для оболочек косточек сливы выполнены термогравиметрический анализ (TGA) и дифференциальный термический анализ (DTA).



**Рис. 2.** Термограмма оболочек косточек сливы.

Изменение массы образца при повышении температуры отражается на TGA кривой:

1. Первый этап начинается при температуре 34,3 °С и завершается при 213,22 °С. Этот этап продолжался 18,92 минуты, за которые потеря массы составила 0,634 мг, что соответствует 8,024% от исходной массы. Вероятно, это связано с испарением влаги и удалением низкомолекулярных органических соединений.

2. Второй этап начинается при температуре 213,22 °С и завершается при 491,83 °С, продолжаясь 28,28 минуты. Потеря массы на этом этапе составила 4,256 мг, что эквивалентно 53,87% от исходной массы. В этом температурном диапазоне разложение связано с разрушением целлюлозы и других более устойчивых компонентов.

3. Третий этап разложения начинается при температуре 491,83 °С и завершается при 801,12 °С. За 31,96 минуты было потеряно 1,111 мг массы, что составляет 14,06% от исходной массы. Этот этап считается основным для формирования углеродных адсорбентов. В этот период могут происходить значительные структурные изменения, раскрывающие адсорбционные свойства углеродного материала.

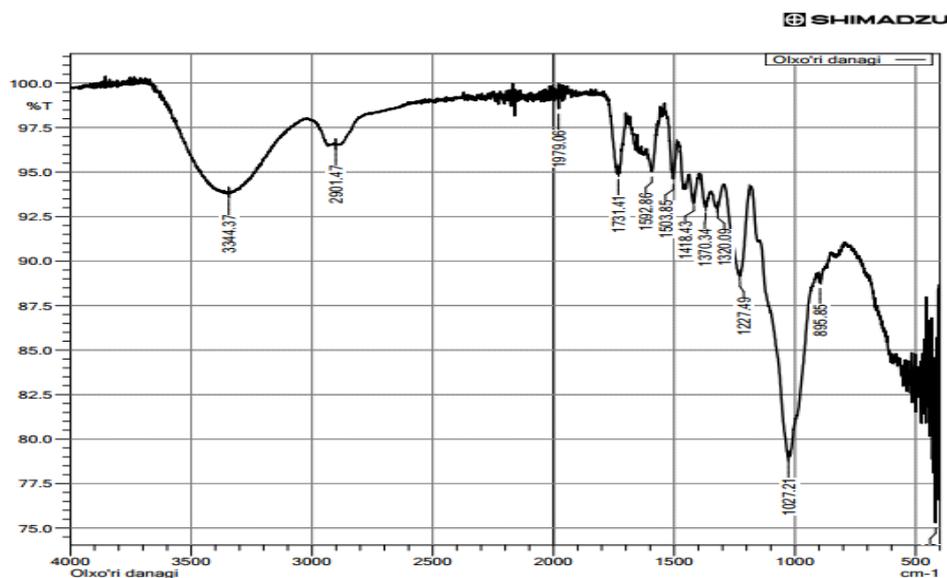
По кривым ДТА при температуре 384,61 °С наблюдается основной эндотермический эффект, и установлено, что первый этап процесса продолжался от 350 °С до 435,97 °С.

Второй этап начался при 363,92 °С и завершился при 431,15 °С, что свидетельствует о постепенном снижении теплового эффекта. Эти показатели указывают на завершение основных химических процессов и начало формирования стабильной углеродной фазы.

Кроме того, третий этап является чрезвычайно важным для определения конечного состава активированных углеродных адсорбентов, так как именно в этом температурном диапазоне формируются их окончательные физические и химические свойства. Тепловой эффект составил 106,12 Дж/г, что характеризует затраченную энергию в процессе.

Состав функциональных групп в оболочках косточек сливы был проанализирован с использованием инфракрасного спектроскопа марки IRSpirit-T A22416103442.

Согласно данным, на ИК-спектре оболочек косточек сливы можно наблюдать следующие характерные полосы поглощения: широкий пик на 3344,37 см<sup>-1</sup>, соответствующий гидроксильным группам (-ОН) и водородным связям, что, вероятно, указывает на наличие воды или целлюлозы; пики на 2901,47 см<sup>-1</sup>, связанные с колебаниями растяжения С-Н в метильных и метиленовых группах; острые пики на 1731,41 см<sup>-1</sup> и 1592,86 см<sup>-1</sup>, которые соответствуют, соответственно, карбонильным группам (С=О) и ароматическим связям (С=C).

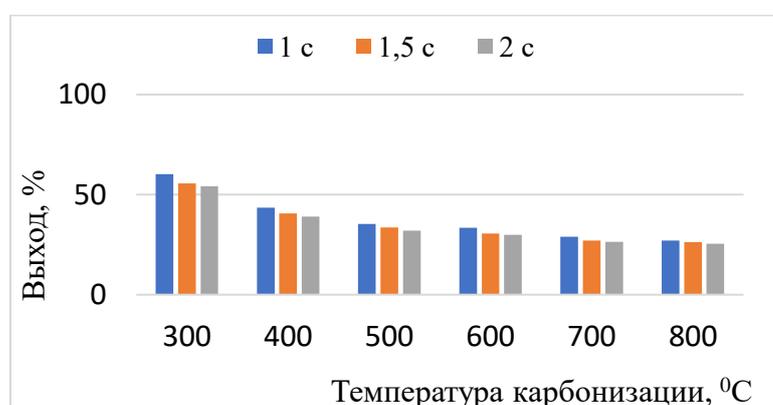


**Рис. 3.** ИК-спектр оболочек косточек сливы

Другие полосы поглощения, такие как  $1503,85\text{ см}^{-1}$ ,  $1418,43\text{ см}^{-1}$ ,  $1370,34\text{ см}^{-1}$  и  $1320,09\text{ см}^{-1}$ , связаны с деформационными колебаниями ароматических колец и метильных групп. Пики на  $1227,49\text{ см}^{-1}$  и  $1027,21\text{ см}^{-1}$  могут быть связаны с колебаниями С-О в спиртах и эфирах, а пик на  $895,85\text{ см}^{-1}$  — с деформационными колебаниями С-Н в ароматических соединениях.

В этом разделе подробно описаны начальные стадии — пиролиз и карбонизация, необходимые для получения активированных углеродных адсорбентов с высокими адсорбционными характеристиками из оболочек косточек сливы. Эти процессы включают термическую обработку биомассы при атмосферном давлении, температуре  $300\text{--}800\text{ °C}$  и в бескислородной среде, что способствует формированию пористой структуры угля. Параметры процесса, техника проведения эксперимента и изменения физико-химических свойств активированных углеродов под воздействием температуры подробно рассматриваются в данном разделе. Кроме того, это позволяет понять механизмы создания оптимальных условий для превращения пищевых отходов на основе биомассы в ценные адсорбционные материалы.

Влияние температуры и времени на физико-химические и адсорбционные показатели карбонизатов, полученных методом активации под воздействием температуры, было изучено.



**Рис. 4.** Гистограмма влияния температуры и времени на потерю массы

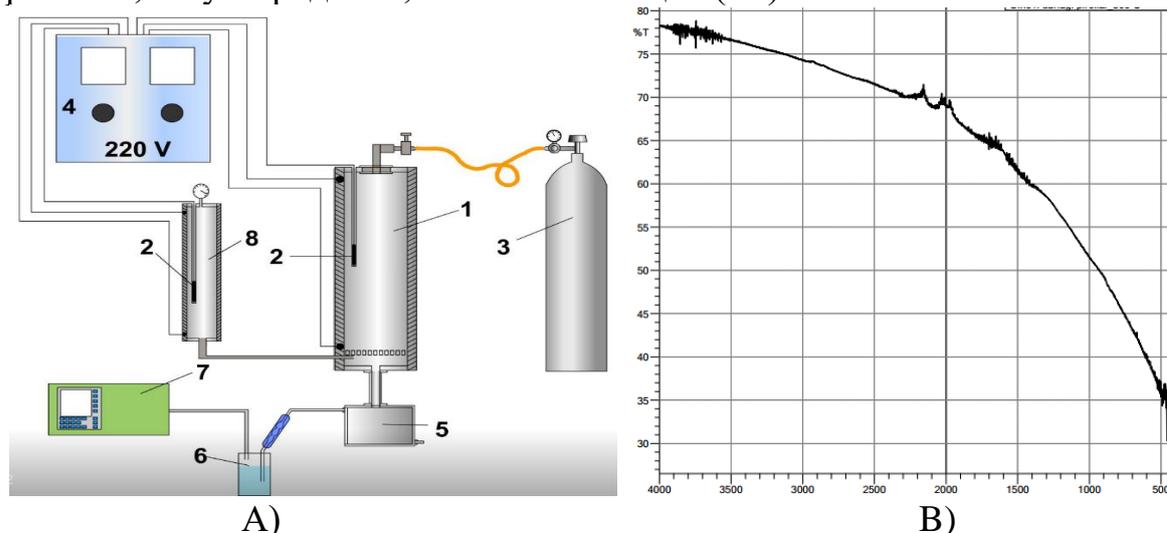
Из диаграммы видно, что синий столбец, отражающий карбонизат, подвергнутый термическому пиролизу в течение 1 часа, привлекает особое

внимание за счет наименьшей потери массы по сравнению с другими. Это указывает на то, что данной продолжительности времени недостаточно для получения ожидаемого продукта в процессе карбонизации. Почти одинаковые показатели коричневого столбца (1,5 часа) и серого столбца (2 часа) позволяют сделать вывод, что оптимальной продолжительностью карбонизации для оболочек косточек сливы является 1,5 часа. Это время достаточно для разложения и удаления органических компонентов, содержащихся в оболочках.

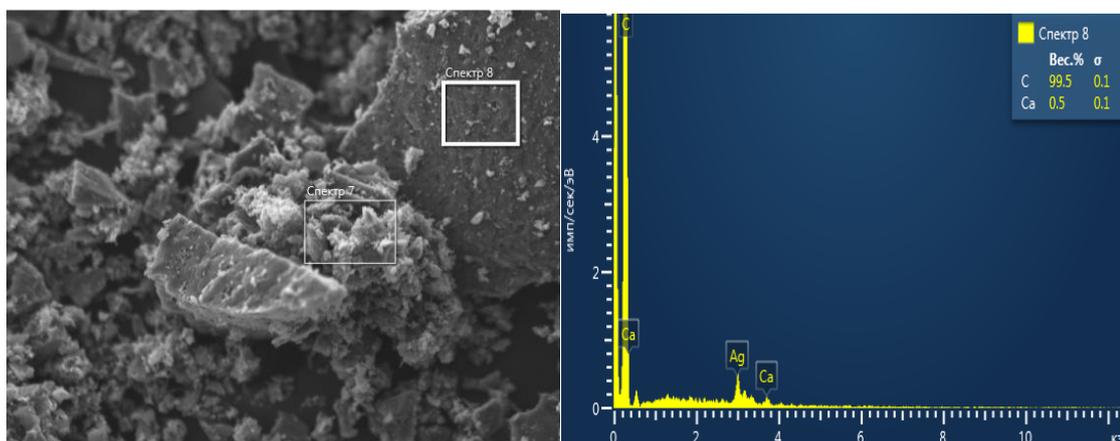
Согласно анализу, после термической активации при 500 °С содержание углерода (С) в образце составило 94,4%, а кислорода (О) — 5,6%. Это объясняется удалением влаги, смол, а также некоторых летучих и газообразных соединений из состава оболочек косточек под воздействием температуры. Кроме того, структура угля в данном состоянии характеризуется очень мелкими, плотно расположенными порами, что обуславливает относительно гладкую поверхность. Эти данные позволяют заключить, что приведенные характеристики соответствуют начальному этапу процесса карбонизации, на котором органические компоненты еще не успели полностью разложиться.

Изменение функциональных групп в составе карбонизатов, полученных из оболочек косточек сливы под воздействием температуры в диапазоне 300–800 °С, было проанализировано с использованием инфракрасного спектроскопа марки IRSpirit-T A22416103442.

Далее представлены технология получения углеродных адсорбентов, подвергнутых пиролизу при 500 °С в течение 1,5 часов и активированных водяным паром при температуре 750–800 °С, а также результаты испытаний. СЭМ-анализ показал, что после активации водяным паром данный образец содержит 99,5% углерода и 0,5% ионов кальция (Са).



**Рис. 7.** А) Схема установки для активации с использованием водяного пара  
 1 — пиролизная печь, 2 — термопара, 3 — аргон (азот), 4 — электронный управляющий блок, 5 — ловушка для смол, 6 — ловушка для конденсата, 7 — газоанализатор, 8 — реактор для пара;  
 Б) ИК-спектр образца, подвергнутого пиролизу при 500 °С и обработанного водяным паром при 750–800 °С



**Рис. 8.** СЭМ-анализ образца, подвергнутого пиролизу при 500 °С и обработанного водяным паром при 750–800 °С.

На следующем этапе исследования был использован метод химической активации. В качестве активирующих агентов были выбраны КОН и NaOH. Эти два гидроксида представляют собой сильные коррозионные основания, которые, кроме того, являются стабильными химическими веществами, способными плавиться без разложения при температуре 318 °С для NaOH и 360 °С для КОН. Благодаря этим свойствам гидроксиды могут вступать в реакцию с большинством материалов, включая даже инертные углеродные материалы. При температурах, близких к точке плавления КОН, активные реакции наблюдаются с углеродсодержащими материалами, такими как смолы, уголь, лигноцеллюлозные материалы, а также с высокочистыми углеродными материалами, включая углеродные волокна, нановолокна и нанотрубки. Характер реакционной среды между гидроксидом и углеродом можно регулировать параметрами, такими как температура реакции, время, природа гидроксида или соотношение гидроксида к углероду. Продукт реакции представляет собой твердую смесь, состоящую из оставшегося углерода, щелочных карбонатов и, иногда, неизрасходованных гидроксидов, в зависимости от условий реакции. Если продукт промыть, отфильтровать и высушить, то оставшийся в составе углеродный материал становится супер-активированным углеродом. Для исследования карбонизаты, предварительно подвергнутые пиролизу при 500 °С, были смешаны с КОН и NaOH в соотношениях 1:0,01, 1:0,03 и 1:0,05. Щелочью пропитанные карбонизаты были подвергнуты активации в инертной среде при температурах 600, 700 и 800 °С, а влияние температуры на процесс активации было проанализировано..

Для изучения морфологии полученных углеродных сорбентов были проведены исследования методом СЭМ.

Основной состав образца FUA1:0,05KOH: 98% S, 0,3% O, 0,9% K и Al 0,07%, S 0,08%, Cl 0,10%, Cr 0,19% и Fe 0. Из изображений сканирующего электронного микроскопа известно, что он состоит из 21% элементов. В результате активации увеличение количества S и количества металлического K на 0,9% объясняется тем, что часть остатков реагента осталась в промытой пробе. Полученные предположительно «активированные» образцы промывали и сушили. После этого анализировали их адсорбционную способность.

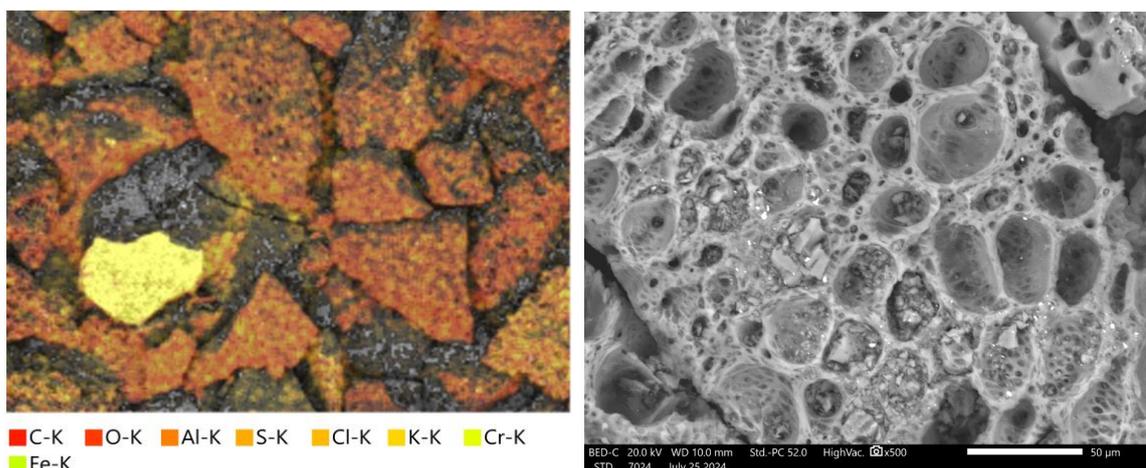


Рис. 9. СЭМ-анализ образца ФУА1:0,05КОН.

С помощью устройства Quantachrome Nova 1000e методом статической адсорбции азота при температуре ниже 77 К были исследованы характеристики пористой структуры образцов, включая общий объем пор ( $V_{\Sigma}$ ), удельную поверхность ( $S$ ) и радиус пор ( $R$ , Å) в соответствии с методом адсорбции азота.

Результаты адсорбции азота показали, что после термического пиролиза оболочек косточек сливы при 500 °С удельная поверхность по БЭТ (СВЭТ) составила 84,2376 м<sup>2</sup>/г. После активации водяным паром при 750 °С удельная поверхность увеличилась до 542,86 м<sup>2</sup>/г. Образец, обработанный 30%-ным раствором КОН в соотношении 1:5 (оболочки:раствор) в течение 24 часов, показал увеличение СВЭТ до 797,62 м<sup>2</sup>/г. Среди образцов, обработанных сухим КОН в различных соотношениях, максимальная удельная поверхность СВЭТ в 944,2450 м<sup>2</sup>/г была достигнута при соотношении карбонизат:КОН = 1:0,05.

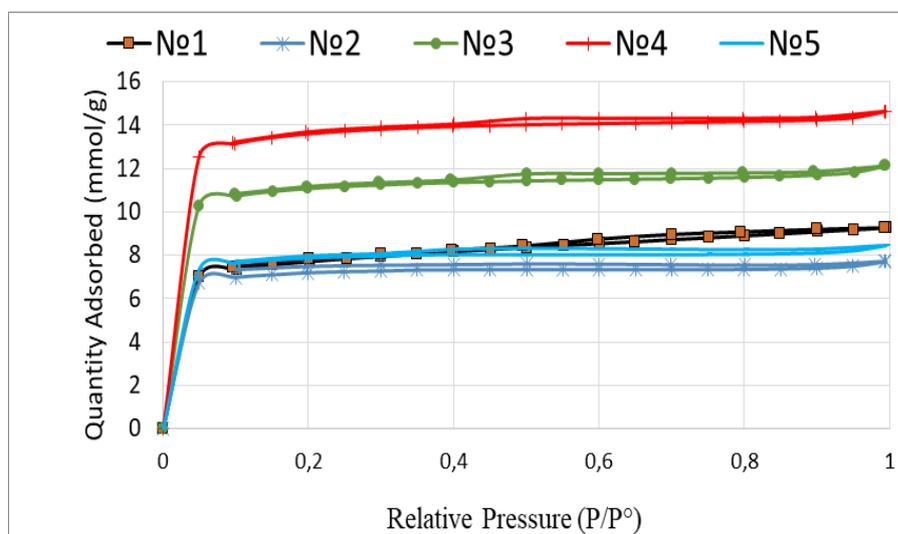


Рис. 10. Изотермы адсорбции и десорбции паров азота для образцов: 1 — активация парогазовым методом при 750 °С; 2 - ФУА1:0,01КОН; 3 - ФУА1:0,03КОН; 4 - ФУА1:0,05КОН; 5 - ФУА1:0,05NaOH.

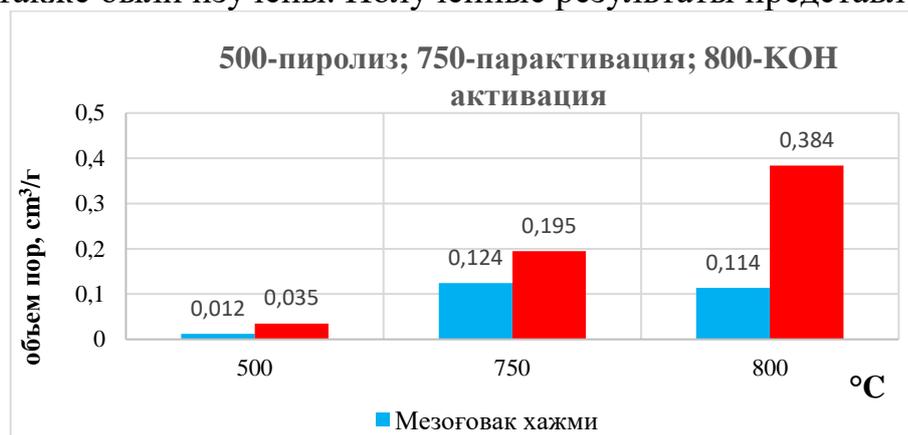
Приведенные изотермы представляют собой гибридный тип, демонстрирующий характеристики как микропористых материалов при низком относительном давлении ( $P/P_0 < 0,05$ ), так и IV типа изотерм, с

образованием гистерезисной петли при более высоком давлении, что свидетельствует о наличии мезопор в материале.

Четвертая глава диссертации под названием «Влияние химической активации оболочек косточек сливы на адсорбционные свойства, технологии их получения и определение экономической эффективности» посвящена изучению влияния температурных изменений на удельную поверхность химически активированных адсорбентов, очистке сточных вод промышленности по производству минеральных удобрений с использованием полученных углеродных адсорбентов, регенерации использованных углеродных сорбентов, а также разработке технологии получения углеродных адсорбентов из оболочек косточек сливы и оценке их экономической эффективности.

Таким образом, изменение температуры, а именно ее повышение до определенного уровня, приводит к увеличению удельной поверхности, после чего наблюдается резкое снижение. Это требует подбора оптимальных условий для каждого образца индивидуально.

Объемные изменения микропор и мезопор в зависимости от температуры также были изучены. Полученные результаты представлены на Рис. 11.



**Рис. 11.**  
Зависимость  
объемных  
изменений  
микропор и мезопор  
от температуры

Учитывая, что изменения объема пор начинаются в основном после 500 °C, изучение изменений объема микропор и мезопор также проводилось, начиная с этой температуры. Согласно полученным результатам, объем микропор ( $V_a$ ) увеличивается вплоть до 800 °C. Было доказано, что по объему микропоры ( $V_a$ ) занимают большую долю по сравнению с мезопорами. Объем мезопор значительно уменьшается в образце, активированном парогазовым методом при 750 °C, но достигает максимума в образце, активированном щелочью при 800 °C, что указывает на формирование микропористой структуры.

В рамках научно-исследовательской работы был изучен состав сточных вод цеха по производству «Минеральных удобрений» и «Пестицидов» ООО «ИФОДА АГРОКИМЬО ХИМОЯ» и полученные результаты представлены в таблице 2. Адсорбционную очистку сточных вод с помощью углеродных адсорбентов проводили в следующей последовательности: 200 мл сточной воды помещали в коническую колбу емкостью 250 мл для очистки воды и перемешивали магнитной мешалкой со скоростью 700 об/мин в течение 15-15 мин. 20 минут при температуре 20 °C. При вращении магнитной мешалки

добавляли 5% углеродный адсорбент. Для очистки использовался адсорбент дисперсностью 0,5-1 мм. Проведены физико-химические методы анализа сырой и очищенной воды.

Тестер прозрачности воды марки LOVIBOND TB 210 IR предназначен для точного и быстрого анализа рассеянного света под углом 90 °С в соответствии со стандартом EN ISO 7027. Поскольку измерения производятся с использованием инфракрасных лучей, эффективность анализа цветных и бесцветных проб воды высока. В следующей таблице представлены параметры начальной и доочистки сточных вод цехов «Минеральные удобрения» и «Пестициды» ООО «Ифода Агрохимё Охор».

Исходная жесткость воды «Минеральные удобрения» 7,00 мг-экв/л, показатель рН 8,6, мутная, темно-коричневая, горько-соленая, со специфическим неприятным запахом, отстоянная вода. После очистки установлено, что жесткость воды составляет 4,00 мг-экв/л, значение рН 8,4, вода светло-коричневого цвета, слегка соленая, с невыраженным запахом.

**Таблица 3.**

**Результаты очистки сточных вод СП «Минеральные удобрения» ООО «Ифода Агрохимё Охор»**

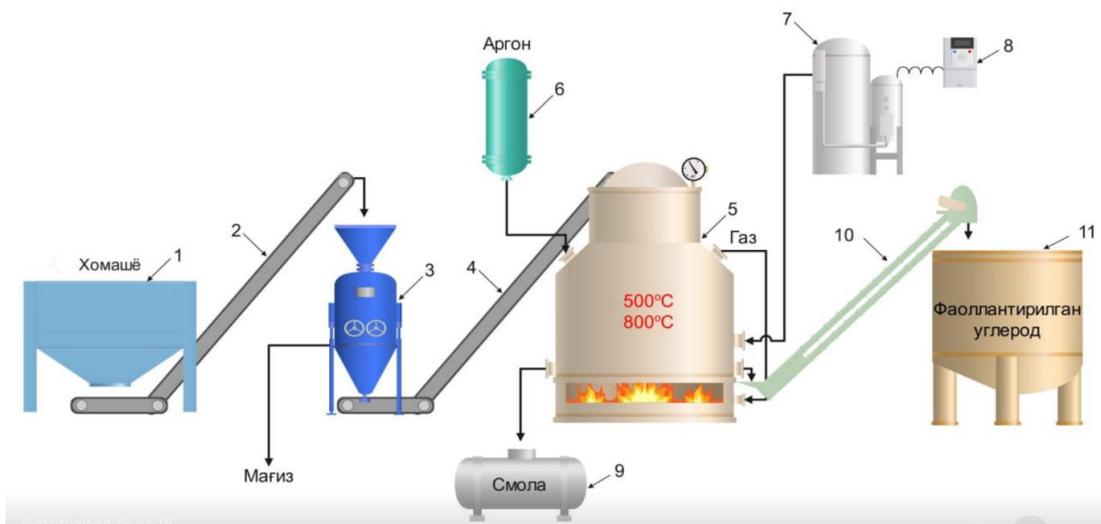
Вода завода минеральных удобрений, мл	Количество адсорбента, %	рН	Твердость	Мутность	Степень очистки, %
200	-	8,6	7,0	128	-
200	2	8,6	6,5	99	22,65
200	3	8,6	6,0	71	44,53
200	4	8,7	5,0	53	58,59
200	5	8,8	4,0	31	75,78
200	6	8,9	3,5	27	78,90

**Таблица 4.**

**Результаты очистки сточных вод СП «Пестициды » ООО «Ифода Агрохимё Охор»**

Вода цеха пестицидов, мл	Количество адсорбента, %	рН	Твердость	Мутность	Степень очистки, %
200	-	7,8	16,50	204	-
200	2	7,8	15,82	162	20,58
200	3	7,9	14,67	103	49,50
200	4	8,2	13,56	54	73,52
200	5	8,4	12,80	7	96,56
200	6	8,5	11,92	6	97,05

Вода «Пестициды» имеет жесткость 16,5 мг-экв/л, значение рН 7,8, установлено, что она мутная, имеет специфический неприятный запах, серовато-темно-зеленый цвет, соленая, при стоянии образует осадок. все еще. После очистки жесткость воды 12,8 мг-экв/л, значение рН 8,4, вода прозрачная, без запаха, бесцветная, слабосоленая. С увеличением количества адсорбента повышается и уровень чистоты. Поскольку содержание адсорбента 6 % существенно не отличается от содержания 5 %, делается вывод, что для очистки достаточно 5 % адсорбента.

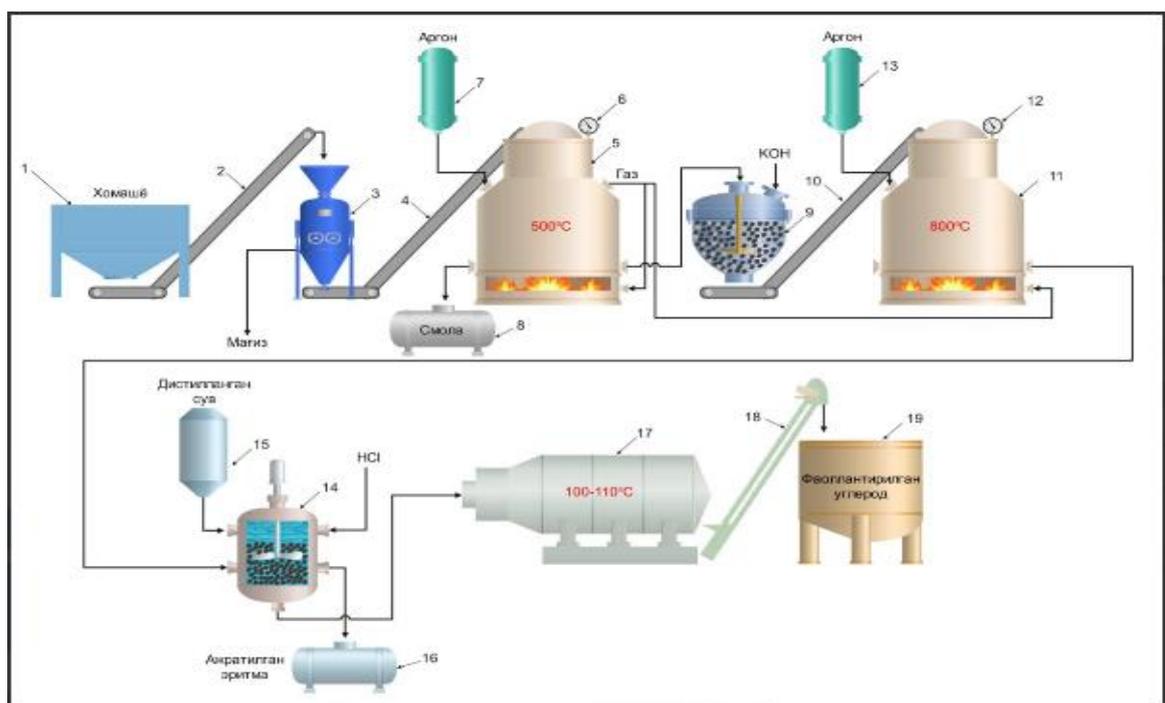


**Рис. 12.** Технологическая схема получения углеродного адсорбента путем активации карбонатита семян сливы водяным паром

**Таблица 5.**

**Материально-экономический баланс адсорбента семян сливы, активированного парогазовым методом**

Название сырья	Количество	стоимость, сум/кг	расходы	стоимость, сум/кг	стоимость, сум/т
Кости сливы (кг)	1	200.0	4.0	800.0	800 000
Вода (л)	1	1 568.0	1.0	1.568	1 568
Газ аргон (л)	1	60 000.0	0.025	1 500.0	1 500 000
Уголь (кг)	1	357.48	5.0	1 787.4	1 787 400
Электричество (кВт)	1	900.0	6.75	6075.0	6 075 000
Готовый углеродный адсорбент				10 163.968	10 163 968



**Рис. 12.** Технологическая схема получения углеродного адсорбента путем активации карбонизата семян сливы щелочью

Таблица 6.

**Материально-экономический баланс адсорбента, полученного на основе  
ФУА1:0,05КОН.**

Название сырья	Количество	стоимость, сум/кг	расходы	стоимость, сум/кг	стоимость, сум/т
Кости сливы (кг)	1	200.0	4.0	800.0	800 000
Вода (л)	1	1 568.0	3.0	4.704	4 704
Щелочь КОН (кг)	1	60 000.0	0.05	3 000.0	3 000 000
(11,25 н) раствор НСІ (л)	1	6 050.0	0,009	54.45	54 450
Газ аргон (л)	1	6 200.0	0,4	2 500.0	2 500 000
Уголь (кг)	1	357.48	10.0	3 574.8	3 574 800
Электричество (кВт)	1	900.0	10.0	9 000.0	9 000 000
Готовый углеродный адсорбент				18 933.954	18 933 954

Таблица 7.

**Расчет ожидаемой экономической эффективности использования полученных  
углеродных адсорбентов для очистки сточных вод цеха «Минеральные удобрения»  
ООО «ИФОДА АГРОКИМЬО ХИМОЯ»**

Наименование	Единица измерения	Показатели
<i>А. Параметры углеродного адсорбента БАУ, используемого сегодня на предприятиях</i>		
Применение ежегодного углеродного адсорбента	кг	300
Стоимость 100 кг угольного адсорбента АГ-3	млн.сум.	4,0
Годовой расход углеродного адсорбента	млн. сўм	12,0
<i>Б. Рекомендуемый FUA1:0,05КОН и 750°С АУ индикаторы углеродного адсорбента</i>		
Применение ежегодного углеродного адсорбента	кг	300
Цена 100 кг углеродных адсорбентов ФУА1:0,05КОН: 750°С АУ	млн.сум	1,0
ФУА1:0,05КОН		1,8
Годовой расход углеродного адсорбента 750°С АУ $10\ 163,968 \cdot 300 = 3\ 049\ 190,4$	млн.сум	3,0
FUA1:0,05КОН $18\ 933,954 \cdot 300 = 5\ 680\ 186,2$		5,6

В таблице выше сравнивается цена 100 кг предлагаемого углеродного адсорбента с ценой импортируемого в настоящее время адсорбента АГ-3. Установлено, что при 750 – 800 0С пароактивируемый адсорбент в 4 раза дешевле адсорбента АГ-3, а адсорбент ФУА1:0,05КОН – в 2,1 раза.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате элементного и количественного анализа определено содержание углерода более 61% в кожуре косточек сливы, что показывает, что она может быть сырьем для получения углеродного адсорбента.

2. На термограмме, определенной методами ТГА и ДТА-анализа, анализировали влияние повышения температуры на массу образца, а также анализировали разрыв связей под действием соответствующей температуры с наблюдением основного эндотермического эффекта.

3. По данным анализа, после термоактивации при 500 °С количество С в образце составляет 94,4%, О - 5,6%, что объясняется выделением влаги, смол и некоторых летучих и газообразных веществ в луже зерна. под воздействием температуры.

4. ИК-спектроскопический анализ выявил значительные структурные изменения в активированном угле, полученном из семян сливы при различных температурах, в том числе то, что повышение температуры активации приводит к удалению таких функциональных групп, как -ОН и С-Н, и разложению органических вещества.

5. По данным рентгеноструктурного анализа установлено, что зола ядра сливы состоит преимущественно из аморфной и частично кристаллической фазы, причем кристаллическая фаза принадлежит минералам кальциту и кварцу.

6. Образец, газифицированный паром при температуре 750-800 °С, оказался рентгеноаморфным. Установлено, что образец, обработанный NaOH 1:0,05, имеет несколько больше кристаллической фазы, чем образцы, обработанные KOH, KOH сильно корродирует, а образец, активированный 1:0,05, полностью рентгеноаморфен.

7. Установлено, что увеличение соотношения щелочи KOH и угля вызывает увеличение относительной площади поверхности. 500-700 °С с быстрым увеличением относительной площади поверхности, образованием дополнительных пор вследствие сторания органических соединений в составе, повышение температуры до 700-800 °С достигает своего пика, дальнейшее повышение температуры приводит к определяются резкое уменьшение относительной площади поверхности, т. е. слияние пор или разрушение прихода структуры.

8. Установлено, что увеличение соотношения пиролизованного углеродного адсорбента с KOH с 1:0,01 до 1:0,05 приводит к увеличению относительной площади поверхности до 900 м<sup>2</sup>/г.

9. Тот факт, что углеродный адсорбент, полученный для контроля БАУ, имеет малую активность по сравнению с углеродным адсорбентом ФУА1:0,05KOH, объясняется следующими показателями: то есть, если для уровня чистоты использовали 6% контрольной пробы Для очистки остатков веществ использовали 95%, до 90% углеродный адсорбент ФУА1:0,05KOH 5%.

10. Разработана технология получения углеродного адсорбента из коры косточек сливы и обоснована ее экономическая эффективность.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING OF SCIENTIFIC DEGREE  
DSc.03/29.08.2023.K/T.66.02 AT THE NAMANGAN INSTITUTE OF  
ENGINEERING AND TECHNOLOGY**

---

**NAMANGAN INSTITUTE OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY  
INSTITUTE OF GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY**

**USMONOVA ZULFIYA**

**TECHNOLOGY OF PRODUCTION OF CARBON ADSORBENTS BASED  
ON PLUM SEEDS AND THEIR ADSORPTION PROPERTIES**

**02.00.11 – Colloid and Membrane Chemistry**

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

**Namangan – 2025**

**The topic of the Doctor of Philosophy (PhD) dissertation is registered under number B2024.1.PhD/T4374 at the Higher Attestation Commission under the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan.**

The dissertation was completed at the Namangan institute of engineering and technology and Institute of General and Inorganic Chemistry.

The abstract of the dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English (summary)) is posted on the web page of the Scientific Council ([www.nammti.uz](http://www.nammti.uz)) and on the information education portal "ZiyoNet" at ([www.ziyo.net](http://www.ziyo.net)).

**Research supervisor**

**Salikhanova Dilnoza Saidakbarovna**  
doctor of technical sciences, professor

**Official opponents:**

**Eshmetov Izzat Dusimbatovich**  
doctor of technical sciences, professor

**Abdurakhimov Akmal Khodzhiakbarovich**  
Doctor of Philosophy in Technical Sciences

**Leading organization**

**Namangan State University**

Dissertation protection which grants scientific degrees at the Namangan Institute of engineering and technology. DSC.03/29.08.2023.K/T.66.02 Digital Science Council 2024 "10" march the clock will be held at the meeting in 15<sup>00</sup>.Address:160115, Namangan city, Kosonsoy Street, 7. Tel.: (+99869) 228-76-75; fax: (+99869) 228-76-71, e-mail: [niei\\_info@edu.uz](mailto:niei_info@edu.uz).

The dissertation has been registered at the Informasion-resource Center of the Namangan Institute of engineering and technology (registration number№ 368). (Address:7., Kosonsoy Street 160115, Namangan) Tel.: (+99869) 228-76-75; fax: (+99869) 228-76-71)

The abstract of dissertation is distributed on "25" february, 2025 year  
(Protokol at the register № 10 of "25" february 2025 year)

**O.K. Ergashev**

Chairman of the scientific council awarding scientific degree, doctor of chemistry science, prof.

**D. Sh. Sherkuziev**

Scientific secretary of the scientific council awarding scientific degree doctor of technical sciences, prof.

**I.D. Eshmetov**

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

## INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

**The aim of the research work** is to obtain activated carbon adsorbents from plum stone shells and to determine their adsorption properties.

**Subject of the research work** are methods for obtaining carbon adsorbents based on plum stone shells, which are plant waste, the processes and patterns of their modification, the mechanisms of industrial wastewater treatment using carbon adsorbents, as well as the study of the physicochemical and adsorption properties of the resulting carbon adsorbents.

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

methods have been developed to increase the carbon content in plum stone shells from 61.1% to 99.4% through thermal and chemical activation;

infrared spectroscopy analysis has revealed that activation of plum stone shells at various temperatures leads to significant structural changes: with increasing activation temperature, functional groups -OH and C-H are removed, organic compounds decompose, and more stable and condensed aromatic structures are formed;

it has been proven that the sample treated with NaOH at a ratio of 1:0.05 contains slightly more crystalline phases compared to samples treated with KOH. When the KOH ratio is increased to 1:0.05, the sample becomes completely X-ray amorphous;

it has been established that increasing the KOH-to-carbon ratio significantly enhances the specific surface area in the temperature range of 500–700 °C due to the intensive formation of additional pores resulting from the combustion of organic compounds. At temperatures of 750–800 °C, the specific surface area reaches its peak, but further temperature increases lead to a sharp decrease in the specific surface area due to pore merging or structural damage;

a technology for producing carbon adsorbents from plum stone shells has been developed, and their economic efficiency has been substantiated.

**Implementation of Research Results.** Based on the results obtained during the thermochemical activation of plum stone shells using alkaline reagents:

the method for producing carbon adsorbent through the activation of plum stone shells using KOH has been included in the "List of Promising Developments for Implementation in 2024–2025" by the joint venture company LLC JV "IFODA AGROKIMYO HIMOYA" (Certificate No. 1097 issued by LLC JV "IFODA AGROKIMYO HIMOYA" on November 11, 2024). This method allows replacing imported carbon adsorbents by utilizing activated plant waste.

The method for industrial wastewater treatment from organic residues (OR) using the activated carbon adsorbent AUA1:0.05KOH has been included in the "List of Promising Developments for Implementation in 2024–2025" by the joint venture company LLC JV "IFODA AGROKIMYO HIMOYA" (Certificate No. 1097 issued by LLC JV "IFODA AGROKIMYO HIMOYA" on November 11, 2024). As a result, the wastewater from the mineral fertilizer production workshop has been treated to meet regulatory levels for organic residue (OR) content.

**Dissertation structure and volume.** The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of used literature, notations and appendices. The length of the dissertation was 106 pages.

**E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I bo'lim (I часть; part I)**

1. Usmonova Zulfiya Toxirjonovna, Salikhanova Dilnoza Saidakbarovna. Physico-chemical and adsorption analysis of active carbons made on the basis of plum plant waste. // Scientific and Technical Journal Namangan Institute of Engineering and Technology. Volume 7, Issue 2, UDK 531.111, 136- 140 bet 2022. (05.00.00; №33).

2. Salikhanova Dilnoza, Usmonova Zulfiya, Mamadjonova Mahfora. Technological basis of activated carbon production process through processing of plum seed waste. // Scientific and Technical Journal Namangan Institute of Engineering and Technology. Volume 8, Issue 2, UDK 661.183.2, 128- 133 bet 2023. (05.00.00; №33).

3. Mamadjonova Mahfora Abdulhokimovna, Usmonova Zulfiya Toxirjonovna, Sobirjonova Surayyo Toxirjon qizi. Olxo`ri danagi chiqindisidan ishqor yordamida modifikasiyalangan uglerodli adsorbentlar olish va ularning adsorbsion samaradorlik tahlili. // Andijon mashinasozlik instituti Mashinasozlik ilmiy texnika jurnali. Maxsus son №3, 2023 y 101-105 bet. (05.00.00)

4. Mamadjonova Mahfora Abdulhokimovna, Usmonova Zulfiya Toxirjonovna, Salikhanova Dilnoza Saidakbarovna. Turli usullarda faollantirilgan olxo`ridanagi adsorbentlarini samaradorlik tahlili. // Andijon mashinasozlik instituti Mashinasozlik ilmiy texnika jurnali. Maxsus son №3, 2023 y 26-31 bet. (05.00.00)

5. Salikhanova Dilnoza, Zulfiya Usmonova. The Peculiarities of the Use of Activated Charcoals Obtained from Native Plum Pips in the Treatment of Wastewater of Industrial Enterprises. // International Journal of Current Science Research and Review ISSN: 2581-8341 Volume 06 Issue 12 December 2023 DOI: 10.47191/ijcsrr/V6-i12-62, Impact Factor: 6.789 IJCSRR @ 2023 Page No. 8079-8082

6. Usmonova Z, Salikhanova D. Nitrogen Vapor Adsorption on Plum Seed Bark and Activated Carbons. // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology Vol. 11, Issue 6, June 2024. Pp – 21956 – 21960. (05.00.00; №8).

7. Zulfiya Usmonova, Salikhanova Dilnoza Saidakbarovna. Change of functional groups and structure in the content of plum seed, carbonization, and activated carbon, depending on temperature. // Universum: технические науки. – 2024. – Т. 6. – №. 7 (124). – С. 32-37. (02.00.00; №1).

8. Д.С.Салиханова, З.Т.Усмонова, М.А.Мамажонова, А.А. Абдурахимов, Н.Б. Кадирова. Олхўри данагининг пўчоғидан олинган карбонизатларни ишқор ёрдамида фаоллантириш. // Фарғона Политехника Инститuti Илмий техника журнаli. Scientific-technical journal (STJ FerPI, ФарПИ ИТЖ, НТЖ ФерПИ, 2024, Т.28. спец. выпуск №29). 121-129 б. (05.00.00; №20).

## II bo‘lim (II часть; part II)

1. Z.T Usmonova, D.S Salixanova, N.N Ubaydullaeva. Mahalliy o‘simlik chiqindilari asosida uglerodli adsorbentlar olish. // «Innovatsion texnika va texnologiyalarning qishloq xo‘jaligi — oziq-ovqat tarmog‘idagi muammo va istiqbollari» mavzusidagi ii-xalqaro ilmiy va ilmiy-texnik anjumani ilmiy ishlar to‘plami 2-qism 22-23 aprel Toshkent-2022. 135-136 bet

2. Z.T Usmonova, D.S Salixanova, N.N Ubaydullaeva. Yong‘oq po‘stlog‘i asosida olingan ko‘mirli adsorbentlarning g‘ovakliligini o‘rganish. // «Innovatsion texnika va texnologiyalarning qishloq xo‘jaligi — oziq-ovqat tarmog‘idagi muammo va istiqbollari» mavzusidagi ii-xalqaro ilmiy va ilmiy-texnik anjumani ilmiy ishlar to‘plami 2-qism 22-23 aprel Toshkent-2022. 37-38 bet

3. Z.T Usmonova, D.S Salixanova. Olxo‘ri o‘simligi chiqindilari asosida olingan faol uglerodlarning fizik-kimyoviy tahlili. // «Fan va ishlab chiqarish integratsiyalashuvi sharoitida kimyo texnologiya, kimyo va oziq-ovqat sanoatidagi muammolar va ularni bartaraf etish yo‘llari» mavzusidagi respublika ilmiy-amaliy konferensiya materiallari to‘plami i qism 2022 yil 3-4 iyun namangan-2022 40-41 bet;

4. Usmonova Z.T, Salikhanova D.S. O‘simlik chiqindilari asosida faol uglerodlarning fizik xossalarini o‘rganish. // Академия наук республики узбекистан институт общей и неорганической химии «инновационные технологии переработки минерального и техногенного сырья химической, металлургической, нефтехимической отраслей и производства строительных материалов» 2022 – yil. 12-14 май. Ташкент. ст. 669-670

5. D.S.Salikhanova, Z.T.Usmonova. Olxo‘ri danagi asosida olingan uglerodlarni suv bug‘i va ishqor yordamida faollantirish. // “Kimyo texnologiyu, kimyo va oziq-ovqat sanoatidagi muammolar hamda ularni bartaraf etish yo‘llari” mavzusidagi xalqaro ilmiy amaliy anjuman materiallar to‘plami. 2022. NamMTI 18-19-noyabr. 245 – 247 bet

6. Salikhanova D.S, Usmonova Z.T. Olxo‘ri danagi asosida olingan uglerodli adsorbentlar modifikatsiyasi. // International conference on innovative development of education 2023/21”. tashkent, Uzbekistan.2023/january 2. 13-16 bet;

7. Salikhanova D.S, Usmonova Z.T. Olxo‘ri danagi chiqindisi asosida olingan uglerodli adsorbentlarni adsorbtsion faolligini aniqlash. // Академия наук республики узбекистан каракалпакское отделение каракалпакский научно-исследовательский институт естественных наук материалы республиканской научно-практической конференции «эффективность использования местных минералов при восстановлении деградированных почв» Нукус -2023. 250-252 бет;

8. D.S Salikhanova, Z.T Usmonova. Olxo‘ri danagi chiqindisidan KOH ishqori yordamida modifikatsiyalangan uglerodli adsorbentlar olish. // Innovatsion texnika va texnologiyalarning qishloq xo‘jaligi — oziq-ovqat tarmog‘idagi muammo va istiqbollari mavzusidagi iii xalqaro ilmiy-texnik anjumani ilmiy ishlar to‘plami 2-qism 20-21 aprel Toshkent-2023. 167-168 bet;

9. Salikhanova D.S, Usmonova Z.T. Olxo`ri danagi chiqindilarini suv bug`i yordamida qayta ishlash orqali faol ko`mir ishlab chiqarish jarayonining texnologik asoslari. // Nodir va noyob metallar kimyosi va texnologiyasi: bugungi holati, muammolari va istiqbollar respublika ilmiy-amaliy konferentsiyasi materiallari to`plami 2-qism 2023 yil 28-29 aprel Termiz. 69-70 bet;

10. Ubaydullaeva N.N, Salixanova D.S., Usmonova Z.T. Очистка сточных вод разработанными адсорбентами. // Нао «казахский национальный университет имени аль-фараби» биомедицина мен экологиядағы заманауи жетістіктер современные достижения в биомедицине и экологии modern advances in biomedical and ecological sciences Алматы, 2023. 406-408 бет;

11. Usmonova Z.T., Salixanova D.S., Ubaydullaeva N.N Mahalliy hom ashyo chiqindisi asosida olingan uglerodli adsorbentlarni fizik-kimyoviy va adsorbtsion xossalari aniqlash. // Mavodi konferensiyai ilmii baynaxalqii “muammohoi ilmu fan az nigohi muhaqqiqon” “ilm-fan muammolari tadqiqotchilar talqinida” mavzusidagi xalqaro ilmiy konferensiya materiallari to`plami 20.05.2023 37-40 bet;

12. Usmonova Z.T., Salixanova D.S. Olxo`ri danagi chiqindisi va qayta ishlash orqali olingan faol ko`mirlar tahlili. // “Oziq-ovqat va kimyo sanoatida innovatsion texnologiyalarni joriy qilish” mavzusidagi respublika ilmiy-amaliy anjuman materiallar to`plami. (2023 yil 2-3 iyun) Namangan-2023. 194-196 bet;

13. Usmonova Z.T., Salixanova D.S. Mahalliy qishloq xo`jaligi chiqindisi – olxo`ri danagidan olingan faol ko`mirlar tahlili. // Актуальные проблемы создания и использования высоких технологий переработки минерально-сырьевых ресурсов узбекистана Материалы Международной научно-технической конференции, посвященной 90-летию со дня создания Института общей и неорганической химии Академии наук Республики Узбекистан и 80-летию со дня создания Академии наук Республики Узбекистан (16-17 ноября 2023 года) Ташкент-2023 350-352 бет;

14. Z.T. Usmonova, D.S. Salixanova. Olxo`ri danagi chiqindisidan ishqor yordamida modifikatsiyalangan uglerodli adsorbentlar olish va ularning adsorbtsion samaradorlik tahlili. // Fan va ishlab chiqarish integratsiyalashuvi sharoitida kimyotexnologiya, kimyo va oziq-ovqat sohasidagi muammolarning innovatsion yechimlari xalqaro ilmiy-amaliy anjuman materiallari to`plami Namangan – 2023. 75-77 бет;

15. Z.T. Usmonova, D.S. Salixanova, F.N. Agzamova Mahalliy o`simlik chiqindisini aktivlangan ko`mir olish uchun qayta ishlash tahlillari. // Namangan muhandislik-texnologiya instituti “Fizikaviy va kolloid kimyo fanlarining fundamentalva amaliy muammolari hamda ularning innovatsion yechimlari” mavzusida xalqaro ilmiy-amaliy anjuman materiallari to`plami. Namangan-2024. 228-230 bet;

16. Usmonova Zulfiya Toxirjonovna, Salikhanova Dilnoza Saidakbarovna. Mahalliy o`simlik – olxo`ri danagini faol ko`mir olish uchun qayta ishlash va oqava suvlarni tozalash tahlillari. // “Oziq-ovqat xavfsizligi: global muammolarning innovatsion yechimlari” mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy anjuman materiallari. Namangan 2024 yil 4-5 iyun 663-665 bet

17. Usmonova Z. T., Salikhanova D. S. Olxo`ri danagi po`stlog`ining piroliz jarayoni va termik faollashuvi. // Роль коллоидной химии в сфере нефтегазопереработки, химической технологии и экологии Материалы I-Международной научно-технической конференции, посвященной 110-летию со дня рождения академика К.С. Ахмедова. 10-11 октября 2024 года город Ташкент. 87-89 bet

18. Usmonova Z.T., Salikhanova D.S. Olxo`ri mevasining danak po`stlog`i uglerodli adsorbentlar olish uchun hom ashyo sifatida. // Роль коллоидной химии в сфере нефтегазопереработки, химической технологии и экологии Материалы I-Международной научно-технической конференции, посвященной 110-летию со дня рождения академика К.С. Ахмедова. 10-11 октября 2024 года город Ташкент. 90-91 bet

19. Dilnoza Salikhanova, Zulfiya Usmonova. Determination of physicochemical and adsorption properties of carbon adsorbents obtained on the basis of plum seed waste. // *AIP Conf. Proc.* 3045, 030054(2024) <https://doi.org/10.1063/5.0197632>

20. Dilnoza Salikhanova, Zulfiya Usmonova, Surayyo Sobirjonova, Navruza Ubaydullayeva, Muslima Karabayeva. Obtainment activated carbon by processing plum stones and using them in industrial wastewater purification. // *E3S Web of Conferences* **486**, 01017 (2024) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202448601017> *AGRITECH-IX 2023*



Автореферат Наманган муҳандислик-технология институти илмий-техника журнали таҳририясида таҳрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус, инглиз тилларидаги матнлари мослиги текширилди (23.02.2025 й.).

Босишга рухсат берилди: 24.02.2025 йил.  
Бичими 60x841/16, «Times New Roman»  
гарнитурда рақамли босма усулида бошилди.  
Шартли босма табоғи 3.0 Адади: 100. Буйрутма: № 13/02  
НамМТИ босмахонасида чоп этилган.  
Босмахона манзили: 160115, Наманган шаҳри, Косонсой кўчаси, 7-уй.