

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

---

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ ВА НАМАНГАН  
ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ**

**УБАЙДУЛЛАЕВА НАВРУЗА НЕЪМАТЖОНОВНА**

**ҚИММАТБАҲО МЕТАЛЛАРНИ СОРБЦИОН АЖРАТИБ ОЛИШ  
УЧУН ФАОЛЛАШТИРИЛГАН КЎМИР АДСОРБЕНТЛАРИ ОЛИШ ВА  
УЛАРНИНГ КОЛЛОИД-КИМЁВИЙ ХОССАЛАРИНИ АНИҚЛАШ**

**02.00.11 – Коллоид ва мембрана кимёси**

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

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

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

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)**

**Убайдуллаева Навруза Неъматжоновна**

Қимматбаҳо металларни сорбцион ажратиб олиш учун  
фаоллаштирилган кўмир адсорбентлари олиш ва уларнинг  
коллоид-кимёвий хоссаларини аниқлаш..... 3

**Убайдуллаева Навруза Неъматжоновна**

Получение активированных углеродных адсорбентов  
для сорбционного разделения благородных металлов  
и определения их коллоидно-химических свойств .....21

**Ubaydullaeva Navruza Nematjonovna**

Preparation of activated carbon adsorbents  
for sorption separation of precious metals  
and determination of their colloidal chemical properties ..... 39

**Эълон қилинган илмий ишлар рўйхати**

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

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

---

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ ВА НАМАНГАН  
ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ**

**УБАЙДУЛЛАЕВА НАВРУЗА НЕЪМАТЖОНОВНА**

**ҚИММАТБАҲО МЕТАЛЛАРНИ СОРБЦИОН АЖРАТИБ ОЛИШ  
УЧУН ФАОЛЛАШТИРИЛГАН КЎМИР АДСОРБЕНТЛАРИ ОЛИШ ВА  
УЛАРНИНГ КОЛЛОИД-КИМЁВИЙ ХОССАЛАРИНИ АНИҚЛАШ**

**02.00.11 – Коллоид ва мембрана кимёси**

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

## Наманган–2024

**Кимё фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Оли фан ва инновациялар Вазирлиги хузуридаги Олий Аттестация Ком В2023.4.PhD/K705 рақам билан рўйхатга олинган.**

Диссертация иши Умумий ва ноорганик кимё инситути, Наманган давлат университетига бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус ва инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифаси [www.fagri.uz](http://www.fagri.uz) va «ZiyoNet» ахборот таълим тармоғига ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)) жойлаштирилган.

**Илмий раҳбар:**

**Салиханова Дилноза Саидакбаровна**  
техника фанлари доктори, профессор

**Расмий оппонентлар:**

**Кулдашева Шахноза Абдулазизовна**  
кимё фанлари доктори, профессор

**Очилов Ғолиб Мамаюсупович**  
кимё фанлари номзоди, профессор

**Етакчи ташкилот:**

**Фарғона политехника институти**

Диссертация ҳимояси Наманган муҳандислик-технология институти хузуридаги илмий даражалар берувчи DSc.03/29.08.2023.К/Т.66.02 рақамли Илмий кенгашнинг 2024 йил «12» август соат 11-00 даги мажлисида бўлиб ўтади (Манзил: 160115, Наманган шаҳри, Косонсой кўчаси, 7-уй. Тел.: (69) 225-10-07, факс: (69) 228-76-75, e-mail: [niei\\_info@edu.uz](mailto:niei_info@edu.uz), Наманган муҳандислик-технология институти, 3- бино, 1-қават, илмий кенгаш хонаси).

Диссертация билан Наманган муҳандислик-технология институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (303)-рақами билан рўйхатга олинган). Манзил: 160115, Наманган ш., Косонсой кўчаси, 7-уй. Тел.: (99869) 225-10-07.

Диссертация автореферати 2024 йил «1» август куни тарқатилди.  
(2024 йил « 1 » августдаги № 9-рақамли реестр баённомаси)

**О.К.Эргашев**

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

**Д.Ш.Шеркузиев**

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

**А.С.Боймирзаев**

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

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

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Бугунги кунда жаҳонда саноат чиқиндиларини утилизация қилиш улардан иккиламчи хомашё сифатида фойдаланиб янги маҳсулотлар ишлаб чиқариш нафақат экологик, балки иқтисодий тарафдан ҳам муҳим аҳамиятга эга. Бундай маҳсулотлардан бири, сорбцион хусусиятли углеродли адсорбентлар бўлиб, уларни сорбцион хоссасини ўрганиш ва турли соҳаларга, озиқ-овқат, металлургия, кимё ва бошқа соҳаларда адсорбцион жараёнларда қўллаш имкониятлари мавжуд. Углеродли адсорбентларни қўллаш имкониятлари кенг бўлиб, уларни суюқ, газ ва қаттиқ муҳитларда ишлатиш имкониятлари муҳим аҳамиятга эгадир.

Дунёда қимматбаҳо металлларни сорбцион ажратиб олиш учун фаоллаштирилган кўмир адсорбентларини бир қатор самарали адсорбентлар ишлаб чиқариш бўйича илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда. Бу борада, углеродли адсорбент олиш учун хомашё базалари ўрганиш; углеродли адсорбентни (ёнғоқ ва бодом) олишнинг мақбул шароитларини аниқлаш; уларни фаоллаштириш ва модификация қилиш усулларини ва мақбул шароитларини танлаш; углеродли адсорбентларнинг адсорбцион хоссаларини аниқлашга алоҳида эътибор берилмоқда.

Республикамизда ўсимлик чиқиндилари асосида юқори самарали сорбция қобилиятига эга адсорбентлар яратиш ва улардан қимматбаҳо металлларни сорбцион ажратиб олиш ҳамда оқова сувларни адсорбцион тозалаш бўйича назарий ва амалий натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикасининг 2024-2026 йилларга мўлжалланган янги Ўзбекистонни тараққиёт стратегиясининг Миллий иқтисодиёт барқарорлигини таъминлаш ва ялпи - ички маҳсулотда саноат улушини оширишга қаратилган саноат сиёсатини давом эттириш деб номланган 4-йўналишида «Кон-металлургия саноати соҳасида экологик талаблар ва атроф-муҳит муҳофазаси меъёрларини халқаро стандартлар асосида белгилаш дастурини ишлаб чиқиш...»<sup>1</sup>га қаратилган муҳим вазифалар белгилаб берилган. Бу борада ўсимлик чиқиндилари асосида углерод адсорбентларини олиш ва қимматбаҳо металлларни сорбцион ажратиб олиш ҳамда улардан 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, Ўзбекистон Республикаси Президентининг 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

---

<sup>1</sup> Ўзбекистон Республикаси Президентининг «2022-2026 йилларга мўлжалланган янги Ўзбекистонни тараққиёт стратегияси» тўғрисидаги Фармони

«Ўзбекистон Республикасида кимё саноатини жадал ривожлантириш чоратадбирлари тўғрисида»ги Қарорлари, ҳамда мазкур фаолиятга тегишли меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга мазкур диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

**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.** Илмий-техник адабиётларда ўсимлик чиқиндилари ҳамда табиий кўмир асосида олинган адсорбентлар яратиш, улар ёрдамида оқова сув таркибидан қимматбаҳо металлларни сорбцион ажратиш бўйича чет эл олимларидан J.D.Torres , 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, M.В. Чеботарёва, С.В. Яковлев, И.Г. Краснобородько, В.М. Рогов, Г.А. Селицкий, В.П. Исаченко илмий изланишлар олиб боришган.

Ўзбекистон олимларидан С.С.Хамраев, М.Д. Исобаев., Э.Х.Пулатов, Т.Х.Абдуллаев, М.З.Турдиалиев, Г.А.Мирзатиллаев, Г.М.Гулямова, К.К.Назаров, Г.Р.Нарметова, С.А.Абдурахимов, Р.Х.Гумаров, И.К.Сатаев, О.К.Бисенбаев, Г.У. Рахматкариев, И.Д.Эшметов, О.К.Эргашев, Д.С.Салиханова, Д.Ж.Жумаева ва бошқа олимлар маҳаллий хомашёлар ва чиқиндилар асосида адсорбентлар олиш ва уларнинг адсорбцион хоссалари бўйича изланишлар олиб боришган ва олиб боришмоқда.

Ёнғоқ пўсти асосида термик пиролиз усулида углеродли адсорбент олиш бўйича ЎзРФА УНКИ олимлари тамонидан илмий изланишлар олиб борилган, ушбу олинган адсорбентлар ёрдамида аминларни ва турли таркибли оқова сувларни тозалаш ишлари олиб борилган. Лекин металлларни оқова сувлар таркибидан сорбция қилиш бўйича илмий изланишлар деярли олиб борилмаган. Шу сабабли углеродли адсорбентларда металллар сорбциясини ўрганиш муҳим аҳамиятга эга ҳисобланади.

**Диссертация мавзусининг диссертация бажарилаётган илмий-тадқиқот муассасининг илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги.**

Диссертация тадқиқоти Умумий ва ноорганик кимё институтининг илмий-тадқиқот режаларига мувофиқ «Маҳаллий хомашёлар асосида олинган фаоллантирилган кўмирлар ёрдамида қимматбаҳо металлларни ажратиб олиш» мавзуси хўжалик шартномаси доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** ёнғоқ ва бодом пўстлоғи асосида модификацияланган углеродли адсорбент олиш ва уларнинг адсорбцион хоссасини аниқлашдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

ўсимлик хомашёлари асосида углеродли адсорбентлар олиш учун уларнинг хомашё базаларини ўрганиш;

ёнғоқ ва бодом пўстлоғидан фаоллантирилган ва модификацияланган углеродли адсорбент олишнинг оптимал шарт-шароитларини аниқлаш;

юқори сорбцион хусусиятли адсорбент олиш учун ёнғоқ ва бодом пўстлоғидан модификаторлар ёрдамида модификациялашнинг оптимал шарт-шароитларини аниқлаш;

модификацияланган углеродли адсорбентларда (УА) турли табиатдаги адсорбатлар адсорбциясини ўрганиш;

ўсимлик чиқиндилари ёнғоқ ва бодом пўстлоғидан модификация қилинган углеродли адсорбент (УА) олиш технологиясини ишлаб чиқиш;

қимматбаҳо металлари сорбцион ажратиш олиш технологиясини ишлаб чиқиш;

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

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида ўсимлик чиқиндилари (ёнғоқ ва бодом пўстлоғи) асосида олинган углеродли адсорбент, саноат оқава сувлари, солиштириш учун назорат намунаси, модификаторлар (KOH ва NaOH) ҳисобланади.

**Тадқиқотнинг предмети** углеродли адсорбент олиш усуллари, уларни модификациялаш қонуниятлари ва саноат оқава сувларни тозалаш жараёнларининг қонуниятлари, шунингдек, углеродли адсорбентларнинг физик-кимёвий ва адсорбцион хусусиятларини аниқлашдан иборат.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Диссертация ишида физик-коллоид, физик-кимёвий тадқиқот усулларида (ИК спектроскопия, электрон микроскопия рентген нурлари дифракцияси, СЕМ, калориметрик таҳлил усулларида фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

карбонизация шароитлари ва ишқор таъсирида ғовакли структуранинг ўзгаришига ва сорбцион хоссаларига таъсири аниқланган;

ишқор билан термокимёвий ишлов беришни унумга, унинг структур-сорбцион кўрсаткичларига таъсири аниқланган;

термокимёвий KOH билан модификациялаб олинган углеродли адсорбентни 1:0.5, 1:1 ва 1:2 нисбатларда ишлов бериш чиқиш унуми 36.0% дан 46.6% га ошириши, солиштирма сирт юзалари бодом пўстлоқларидан олинган намуналарда ёнғоқ пўстлоқларида олинган намуналарга нисбатан юқори эканлиги аниқланган;

паст ҳароратли азот адсорбцияси натижасига кўра ҳар икки намунанинг дастлабки намуналарга нисбатан адсорбция кўрсаткичлари деярли икки баробарга ортиши, намуналарнинг БЭТ бўйича солиштирма сирт юзалари ( $S_{\text{ВЕТ}}$ ), ўртача ғовак ҳажмлари ҳамда ғовакларнинг ҳажмий тақсимланиши ҳисобларига кўра исботланган;

ЁУА ва БУА углеродли адсорбентлар ёрдамида оқава сувлар таркибидан металл ионларини тозалаши, Ni ва Cu ионларини РЭМ га тушуриши исботланган;

ЁУА ва БУА углеродли адсорбентлар олиш технологияси ва техник-иктисодий самарадорлиги ҳисоблаб чиқилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

ўсимлик чиқиндилари (ёнғоқ ва бодом пўстлоғи) асосида модификация қилинган углеродли адсорбент олиш технологияси ишлаб чиқилган;

углеродли адсорбентлар ёрдамида металлургия саноати оқава сувлари таркибидан металл ионларини тозалаш усули ишлаб чиқилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги.** Фойдаланилган кимёвий ва замонавий физик-кимёвий таҳлил натижалари, тажриба-саноат қурилмаларида синовдан ўтганлиги ва саноат миқёсида ишлаб чиқаришга тадбиқ этилганлиги билан тасдиқланади.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.**

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти шундан иборатки, ёнғоқ пўстлоғи ва бодом пўстлоғини модификация қилиш орқали фаоллашган углеродли адсорбент олиш ва олинган адсорбентни ишлаб чиқариш корхоналардан чиқаётган оқава сувларини классификацион схема асосида тозалаш ҳамда янги сорбцион хусусияти юқори бўлган адсорбент олиш технологиясини ишлаб чиқиш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти маҳаллий ўсимлик чиқиндиларидан фаоллашган углеродли адсорбент олиш орқали улардан қиматбаҳо металлургия сорбцион ажратиб олиш ҳамда саноат оқава сувларини тозалашда фойдаланиш технологиясини саноат миқёсида ишлаб чиқаришга ҳамда кимё ва кимёвий технология соҳасидаги таълим муассасаларида магистр ва бакалаврларни тайёрлашда ўқув жараёнларига қўллашга хизмат қилади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Ўсимлик чиқиндилари (ёнғоқ ва бодом пўчоқлари) асосида оқава сувлар таркибидаги металл ионларини сорбцион тозалаш учун углеродли адсорбент олиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

ёнғоқ ва бодом пўчоғи асосида термокимёвий усул ёрдамида углеродли адсорбент олиш технологияси «Навоий кон-металлургия комбинати» АЖнинг “2023-2024 йилларда амалиётга жорий этиш бўйича истиқболли ишланмалар рўйхати”га киритилган (Навоий кон-металлургия комбинати АЖнинг 2023 йил 31 августдаги 23/01-01-07/423-сон маълумотномаси) Натижада, ўсимлик чиқиндилари асосида углеродли адсорбентлар олиш имконини беради;

ЁУА ва БУА ёрдамида металлургия саноати оқава сувлари таркибидан металл ионларини тозалаш усули «Навоий кон-металлургия комбинати» АЖнинг “2023-2024 йилларда амалиётга жорий этиш бўйича истиқболли ишланмалар рўйхати”га киритилган («Навоий кон-металлургия комбинати» АЖнинг 2023 йил 31 августдаги 23/01-01-07/423-сон маълумотномаси) Натижада, металлургия саноати оқава сувларини металл ионларидан тозалаш имконини беради.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Тадқиқот натижалари 12 та конференцияларда, жумладан, 7 та халқаро ва 5 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши.** Диссертация мавзуси бўйича жами 19 та илмий иш чоп этилган. Шулардан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг фалсафа доктори (PhD) диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 6 та мақола, жумладан, 3 таси республика ва 3 таси хорижий журналларда нашр этилган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация иши кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 98 бетни ташкил этган.

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ ҚИСМИ

**Кириш қисмида** олиб борилаётган тадқиқотларнинг долзарблиги ва зарурати, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари, объекти ва предмети баён этилган, тадқиқотларнинг Ўзбекистон Республикаси фан ва техника тараққиётининг устувор йўналишларига мувофиқлиги кўрсатилган, илмий янгилиги ва амалий натижалари баён этилган, натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиб берилган, саноат тажриба-синовлари, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Кўмир адсорбентлари, уларни хоссалари ва олиш усулларининг замонавий ҳолати**» деб номланган биринчи бобида, ёнғок ва бодом пўстлоғи асосида олинган адсорбент ҳамда олинган адсорбентни турли муҳитда модификация қилиниши ва олиш усулларининг дунё олимлари томонидан таклиф этилган технологиялар бўйича таҳлилий маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Ўсимлик чиқиндиларидан углеродли адсорбент олиш тажриба техникаси ва тадқиқот услубияти**» деб номланган иккинчи бобида, бодом ва ёнғок пўстлоғини пиролиз усулда адсорбент олиш ва олинган адсорбентларни модификациялаш ҳамда унинг таркиб тузилиши ҳақида маълумотлар келтирилган. Адсорбент олишда хомашёлар танлаш ва таркиби ва хоссаларини ўрганиш муҳим аҳамият касб этади.

Углеродли адсорбент олиш учун хомашё сифатида бодом ва ёнғок пўстлоғи олинган. Бунинг асосий сабаби унинг хомашё сифатида республикада етарлилиги ва уларни чиқинди сифатида йўқотиш заруратидир. Уларни морфологик жиҳатдан турлича эканлиги, уларни модификация ва фаоллаштиришда турли ёндошувларни талаб этади. Тадқиқот учун уларни заррачалар ўлчами 1-0.063мм оралиғида олинган.

Уларни термик ишлов бериш, яъни кўмирлаштириш жарёни 300-900°С оралиғида лабораторияда махсус йиғилган пиролиз қурилмасида амалга оширилди. Жараёни инерт муҳитда юқори ҳамда нормал атмосфера

босимида олиб борилди. Кимёвий модификациялаш калий ва натрий ишқоридан фойдаланилди.

Бодом ва ёнғоқ пўстлоқлари асосида углеродли адсорбент олишда унинг физик-кимёвий таркиби ва тузулиши ҳамда таркиби ва миқдорий таркиби энергодисперсион рентгенофлуоресцент спектрометрда аниқланди. MA10 SEM сканерловчи электрон микроскоп ёрдамида морфологик таҳлиллари ўтказилди. Ушбу таҳлил намуналарнинг элемент таркиби ҳақида ҳам маълумот келтирилган.

Модификация қилинган материалларнинг ИК спектрлари Avatar 360 FT-IR Nicolet iS50 Thermo Fisher Scientific, 400-4000 см<sup>-1</sup> частота диапазонида амалга оширилган.

Диссертациянинг «**Ўсимлик чиқиндилари асосида углеродли адсорбент олиш усуллари ва уларнинг коллоид-кимёвий хоссалари**» деб номланган учинчи бобида, янги ЁМА ва БМА углеродли адсорбентлар олиш ва уларни физик кимёвий хоссалари ҳамда саноат қўлланиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Углеродли адсорбент - карбонизация қилиш орқали олинади. Ўсимлик чиқиндиларини, яъни объект сифатида олинган ёнғоқ ва бодом пўчоқлари турли ҳароратда карбонизация қилинди. Ҳарорат ошишини унимга боғлиқлиги ўрганилди ва натижалари 1-жадвалда келтирилди.

Углеродли хомашёнинг, яъни ёнғоқ пўстлоғи -400 °С да бодом пўстлоғи эса -300 °С да тўлиқ кўмирлашиши аниқланди. Олинган натижалар 1-жадвалда келтирилган.

### **1-Жадвал**

#### **Бодом ва ёнғоқ пўстлоғидан углеродли адсорбент олишда унумининг ҳароратга боғлиқлиги**

<b>Хомашё</b>	<b>300</b>	<b>400</b>	<b>500</b>	<b>600</b>	<b>700</b>	<b>800</b>
Бодом пўстлоғи, %	41	40	40	39	37	35
Ёнғоқ пўстлоғи, %	40	39	37	37	35	35

1-жадвалдан ҳароратни 300<sup>0</sup>С дан 800<sup>0</sup>С га кўтариш унумни секинлик билан камайиши кўриш мумкин. Бунинг асосий сабаби таркибий тузилиши бўлиб, таркибидаги углерод монооксид ва карбонат ангидрид ажралиб чиқиши билан карбонизацияланган хомашёнинг ёниши билан боғлиқ. Маҳсулот уними юқорилиги углеродли адсорбент олиш ўзини-ўзи оқловчи технология ҳисобланади.

Дастлабки хомашё ва карбонизация қилиб олинган углеродли адсорбентларни тасвирлари 3.1- расмда келтирилган.



а-бодом



б-майдаланган



с-карбонизат



а-ёнғоқ



б-майдаланган



с-карбонизат

### 1-расм. Бодом ва ёнғоқ пўстлоғи ва ундан олинган углеродли адсорбент тасвири

Термик пиролиз усулида олинган углеродли адсорбентлар доим ҳам етарли даражада сорбцион хоссаларини эга бўлмайди, шу сабабли уларни кислота ёки ишыорлар билан модификация қилиш орқали сорбцион хоссаларини ошириш имкониятлари кўрилган. Ишқор билан ишлов берилмаган карбонизат 50-180 м<sup>2</sup>/г паст солиштирма юзага эга. Лекин ишқор билан ишлов бериш сезиларли ғовакли структурани ўзгаришига олиб келади. Ўзгариш таъсирини ўрганиш мақсадида уларни азот адсорбцияси бўйича сорбцион хусусиятлари ўрганилди.

### 2-Жадвал

#### Модификациялашда ишқорнинг концентрацияси ва нисбатини солиштирма юзага таъсири

Адсорбент номи	Карбонизат/ишқор нисбатида солиштирма юзаси			
	1:0.5	1:1	1:1.5	1:2
БП* NaOH-50%	650	720	740	730
БП KOH-50%	665	735	745	752
ЁП* NaOH -50%	690	750	758	779
ЁП KOH-50%	710	750	745	762
БП NaOH -40%	495	560	577	580
БП KOH-40%	487	555	568	578
ЁП NaOH -40%	515	532	578	600
ЁП KOH-40%	530	580	577	590
БП NaOH -30%	370	380	399	410
БП KOH-30%	415	442	458	465
ЁП KOH-30%	530	580	577	590

ЁП <sub>КОН-30%</sub>	380	395	407	415
-----------------------	-----	-----	-----	-----

БП\*-бодом пиролизланган  
 ЁП\* - ёнғоқ пиролизланган

Юқоридаги жадвалдан концентрацияни ва нисбатни 1:2гача ошириш натижасда солиштирма юзани 1:1 нисбатдан кейин деярли катта ўзгариш бермаганлигини кўриш мумкин. Ишқор концентрациясини 50% лиги билан ишлов берилганда энг юқори натижа берди, бунда ҳам КОН натижаси NaOH натижаларига нисбатан юқори эканлигини жадвалдан ҳам кўриш мумкин. Бунинг асосий сабабларидан бири микроғоваклар ҳажми ошишидандир. Солиштирма юзанинг ошиши микроғовакли структуранинг ривожланиши натижасиди.

Шундай қилиб, солиштирма юзанинг ўзгаришига қараб, энг мақбул ишқорнинг концентрацияси 50%, 1:1 нисбатда модификациялаш жараёнини олиб бориш етарли эканлиги аниқланди.

Ишқорнинг концентрацияси ва нисбати ўзгариши билан мезоғовак, микроғовак ҳажмлари ҳам ўзгаришига таъсири ўрганилди ва натижалари 3-жадвалда келтирилди.

### 3- жадвал

#### Модификациялаш таъсирида ғовакларни нисбатини ўзгариши

Адсорбент номи	Ғоваклар ҳажми, см <sup>3</sup> /г	Карбонизат:ишқор нисбати				
		0	1:0.5	1:1	1:1.5	1:2
БП <sub>NaOH-50%</sub>	V <sub>мик</sub>	0.06	0.22	0.40	0.42	0.32
	V <sub>мез</sub>	0.04	0.28	0.42	0.33	0.30
БП <sub>КОН-50%</sub>	V <sub>мик</sub>	0.08	0.31	0.56	0.54	0.39
	V <sub>мез</sub>	0.01	0.24	0.31	0.45	0.32
ЁП <sub>NaOH-50%</sub>	V <sub>мик</sub>	0.02	0.28	0.38	0.35	0.31
	V <sub>мез</sub>	0.01	0.23	0.48	0.45	0.35
ЁП <sub>КОН-50%</sub>	V <sub>мик</sub>	0.14	0.27	0.48	0.51	0.45
	V <sub>мез</sub>	0.03	0.24	0.35	0.41	0.35

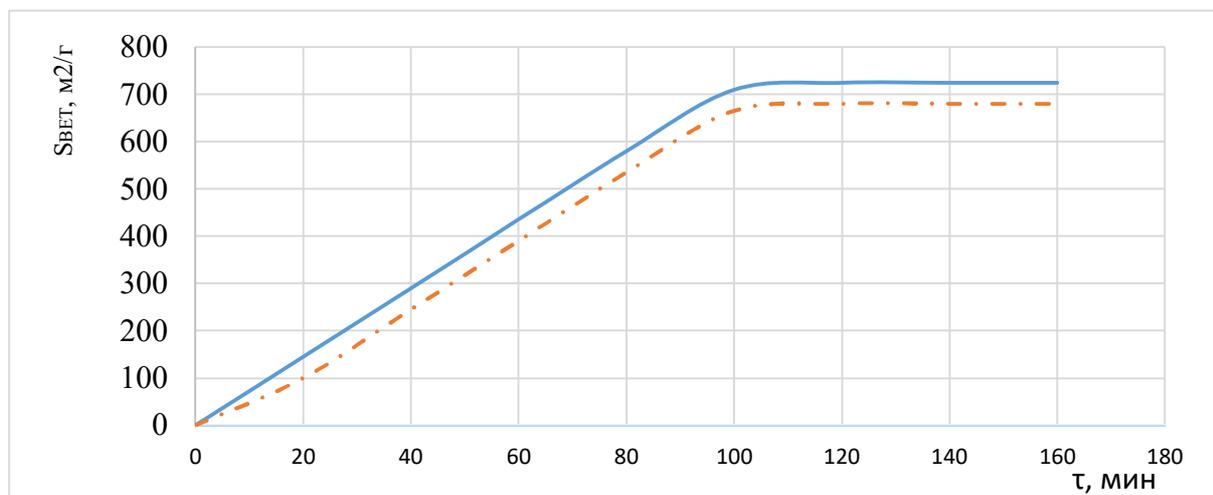
Юқоридаги жадвалдан кўриниб турибдики, 1:1 нисбатда ишқорни қўллаб модификация қилиш мезоғовакларни ошишига ва ундан кейинги миқдорининг ошиши унинг ҳажмининг камайишига олиб келиши аниқланди. бунинг асосий сабаби ишқорнинг концентрацияси ошиши билан ғовакларни ўзаро тақсимланиши ҳисобига мезоғоваклар камайиб, микроғоваклар кўпайишига олиб келди.

КОН билан модификация қилинган бодом пўстлоғи намунаси NaOH билан ишлов берилган намунага нисбатан юқорироқ натижаларга эга эканлигини кўриш мумкин. Ёнғоқ пўстлоғи намунасига нисбатан бодом пўстлоғидан олинган намуна микроғоваклар ҳажми катталигини кўриш мумкин.

Шундай қилиб, 50% ли ишқорнинг 1:1 нисбатда модификациялаш

солиштирма юзаси ва микроғовак ҳажми юқори углеродли адсорбент олиш имконини беради.

Термик пиролиз жараёнини давомийлигини солиштирма юзага таъсири ўрганилди. Олинган натижалар қуйидаги 2-расмда келтирилган.

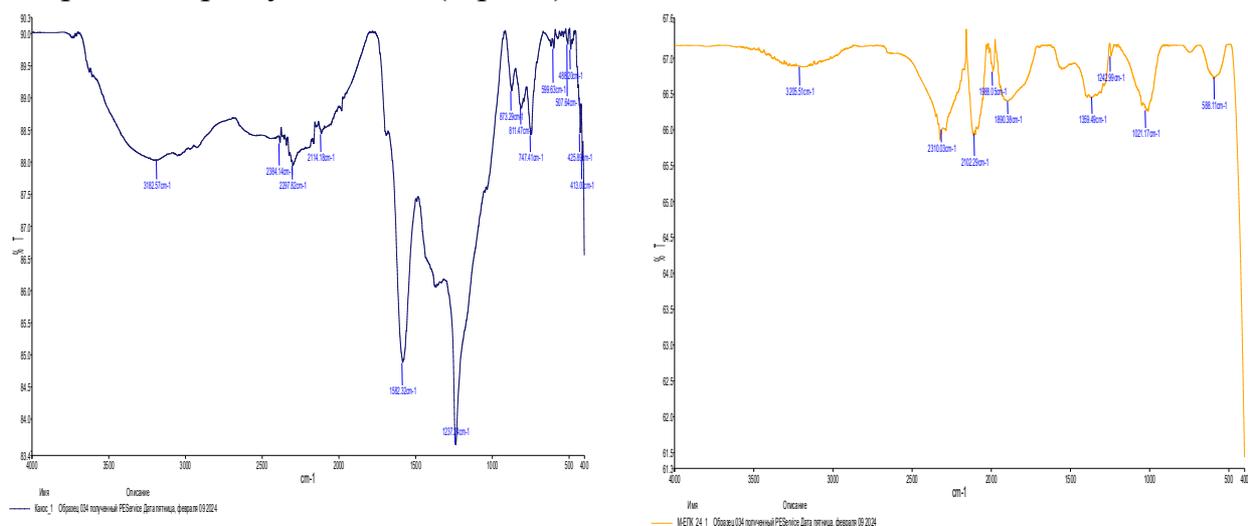


**2-Расм. Модификациялаш жараёни давомийлигини солиштирма юзага боғлиқлиги**

Графикдан кўришиб турибдики, кимёвий модификациялашни 800 °C да 100 минутгача олиб бориш адсорбентнинг солиштирма юзаси максимал даражада ошиши, яъни 750 м²/г гача ошганини кузатилади. Ундан кейинги модификациялаш жараёнини давом эттириш деярли солиштирма юзани ўзгармаслиги аниқланди.

Олинган углеродли адсорбентларнинг ИК-спектр таҳлили 3-расмда келтирилган. Намуна сифатида танланган, кокос пўчоғидан олинган кўмирнинг ИК спектрларини 3182 см<sup>-1</sup> соҳасида кенгайган ёйсимон кучсиз ютилиш кузатилган бўлиб, бу сув молекулаларининг валент (ν) тебранишлари билан изоҳланади. Яъни пиролиз давомида органик моддаларнинг куйишидан ҳосил бўлган сув молекулалари кўмирнинг ғовакларидан чиқиб улгурмаганлигидан далолат беради. Кучсиз ютилиш сув молекулаларининг фақат сирт юзасига ютилганлигини кўрсатади. Кейинги 2384 см<sup>-1</sup> ҳамда 2298 см<sup>-1</sup> соҳаларда кучсиз ютилиш юзага келган бўлиб ушбу чўққиларда пиролиз натижасида ҳосил бўлган СО, СО<sub>2</sub> газлари мос равишда 2384 см<sup>-1</sup> да, кокос пўчоғининг таркибидаги азотли органик бирикмаларнинг пиролиз натижасида парчаланишидан NO ва NO<sub>2</sub> газлари тегишли равишда 2298 см<sup>-1</sup> соҳаларда ютилишларни қайд этган. Какос пўчоғи таркибидаги айрим органик бирикмаларнинг чала оксидланиши ёки тўлиқ парчаланмаслиги натижасида карбонил гуруҳи (-C=O) тутган бирикмалар (карбон кислоталар, мураккаб эфирлар, алдигедлар ва кетон)нинг борлигидан инфрақизил спектрининг 1582 см<sup>-1</sup> соҳасидаги кучли ютилиш чўққиси далолат беради. 1237 см<sup>-1</sup> соҳада мураккаб эфирлардаги углерод кислород боғининг (O-C-O) валент тебранишлари кузатилди. Ютилиш спектрларининг қуйи 873-413 см<sup>-1</sup> соҳаларида кўмир таркибидаги

минералларга хос бўлган металл оксидларининг М-О боғларининг тебранишлари кузатилган (3-расм).



**3-расм. Какос (б) (Намуна) ва ёнғоқ пўчоғидан (а) пиролиз усулида олинган углеродли адсорбент ИК таҳлили**

Солиштириш учун 400°C да пиролизланиб олинган ёнғоқ пўстлоғидан олинган углеродли адсорбент инфракизил спектроскопик усули 400-4000 см<sup>-1</sup> соҳалар орасида таҳлил қилинди.

Дастлаб намуналар (бодом ва ёнғоқ пўстлоқлари) 500°C ҳароратгача, яъни кўмирлашгунча пиролиз қилинади. Кейин майдаланиб, 50%ли ишқорнинг (KOH ва NaOH) эритмалари билан 1:0,5, 1:1, 1:2 нисбатларда аралаштириб, 24 соат давомида тиндирилади. Кейин қуришиб пиролиз қурилмасига яна 800°C га 60-90 минутга қўйилади. Совитилган намуналарни дистилланган сув ёрдамида нейтралланади ва олинган масса 1 соат мобайнида қуриштириш шкафида қурилади. Модификация жараёнининг чиқиш унумига таъсири ўрганилди (4-жадвал)

*4-жадвал.*

**Ишқор нисбатининг углеродли адсорбентнинг чиқиш унумига таъсири**

Номланиши	Адсорбент/ишқор нисбати	Адсорбент массаси, гр	Нейтраллашдан кейинги массаси	Қолган масса, %
БУА*	1:0,5	3.0	1,46	48.6
БУА	1:1	3.0	1,16	38.6
БУА	1:2	3.0	1,08	36.0
ЁУА*	1:0,5	3.0	1,71	57.0
ЁУА	1:1	3.0	1,53	51.0
ЁУА	1:2	3.0	1.4	46.6

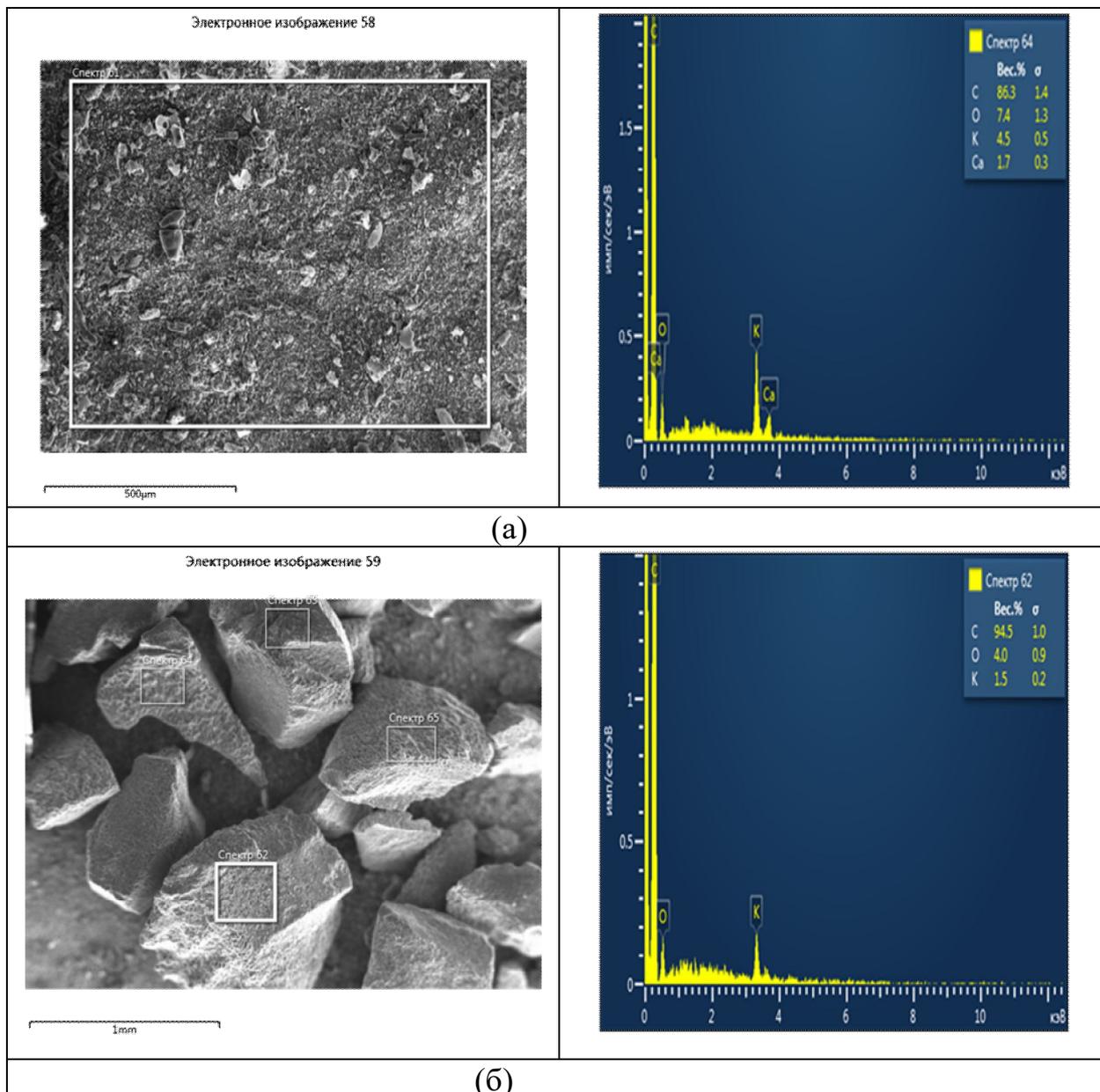
\* БУА – Бодом углеродли адсорбент;

\* ЁУА – Ёнғоқ углеродли адсорбент.

Юқоридаги жавдалдан модификация жараёнида намуна ўзининг дастлабки массасидан 50% деярли йўқотишини кўриш мумкин. Бунинг асосий сабаби ишқор таъсирида баъзи тузларнинг эриши ҳисобланади.

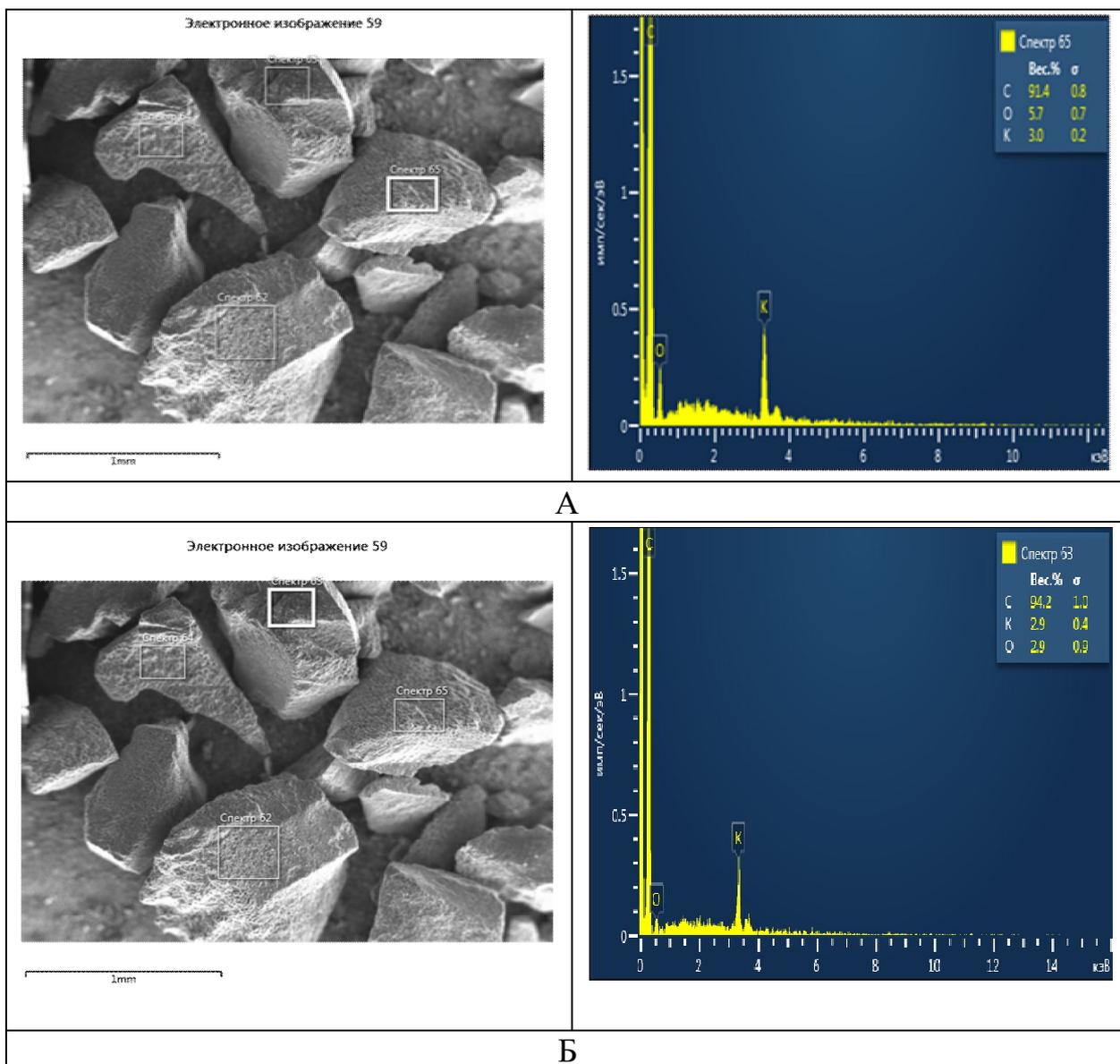
Ишқорнинг нисбатини оширилиши эса маҳсулотнинг унумини тушуриб юбориши кузатилди. Энг юқори чиқиш унуми шунда 1:0.5 ишқор нисбатини қўлаганда кузатилди.

Олинган намуналарнинг морфологик ва элементар таркибини СЭМ ёрдамида ўрганилди. Олинган натижалар 4-5-расмда келтирилган.



**4- расм. Ёнғоқ пўстлоғини термик пиролиз 500°C (а) қилинган, КОН билан модификация қилинган намуна (б)**

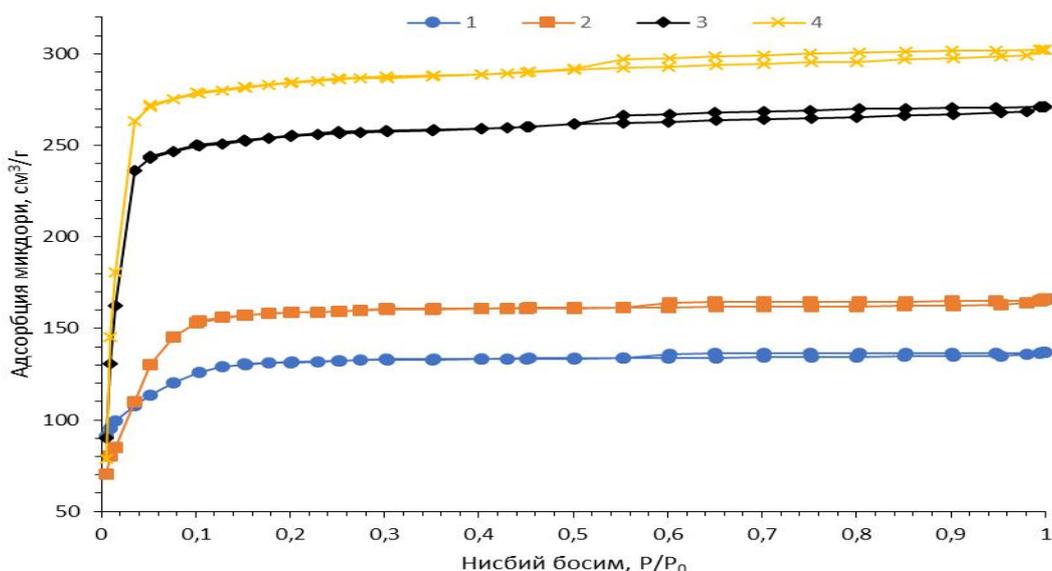
Олинган натижалардан кўриниб турибдики, С миқдори 86.3% до 94.5%, шунингдек модификациядан кейин Са миқдорини кескин тушканини кузатиш мумкин.



**5-расм. Бодом пўстлоғини термик пиролиз 500°C (а) қилинган, КОН билан модификация қилинган намуна (б)**

Олинган натижалардан фаоллантирилган бодом пўчоғидан олинган углеродли адсорбент термик пиролиздан кейин таркибидаги С миқдори 91.2 % дан 94.5 % га ортиши кузатилган.

Намуналарнинг адсорбцион кўрсаткичларини ўрганиш мақсадида Quantachrome Autosorb қурилмаси ёрдамида 77 Кда паст ҳароратли азот адсорбция-десорбцияси амалга оширилди ва олинган натижалар таҳлил қилинди. Дастлабки карбонизацияланган бодом ва ёнғоқ пўчоқлари ҳамда уларнинг ишқор билан ишлов берилган намуналарининг текстур хусусиятлари таққосланди, ишқор билан модификациялашнинг таъсири ўрганилди.



**6-расм. Намуналарда азот адсорбцияси изотермлари: 1-Ё-400; 2-Б-300; 3-ЁУА-800; 4-БУА-800**

Дастлабки карбонизацияланган ҳамда ишқор билан ишлов берилиб, сўнг карбонизацияланган намуналарнинг 77 К даги азот бўйича адсорбция изотермлари 6-расмда келтирилган. Барча адсорбция эгрилари паст нисбий босимда ИЮПАК бўйича микроговаксимон қаттиқ материалларга хос бўлган I тип ва юқори босим соҳаларида IV тип изотермлар билан тавсифланади.

Графикдан гистерезис ҳалқаси сирт мезаговакларини капилляр конденсация бориши, айниқса ишқор билан модификацияланган намуналарда кўриниб турибти. Гестерезис эгри чизикларининг кенглиги ва эгриларнинг кесишуви нисбий босимнинг паст қийматларда содир бўлиб, юқори ғоваклилигини кўрсатади.

Расмдан кўриниб турганидек, ишқор билан ишлов берилган ҳар икки намунанинг дастлабки намуналарга нисбатан адсорбция кўрсаткичлари деярли икки баробарга ортган. Олинган изотермлар асосида намуналарнинг БЭТ бўйича солиштирма сирт юзалари( $S_{\text{БЭТ}}$ ), ўртача ғовак ҳажмлари ҳамда ғовакларнинг ҳажмий тақсимланиши ҳисоблаб чиқилди (5-жадвал).

**5-жадвал**

**Намуналарнинг азот адсорбцияси изотермлари асосида ҳисобланган текстур хусусиятлари**

Намуналар	$S_{\text{БЭТ}}$ , м <sup>2</sup> /г	$a_m$ , ммоль/г	$V_a$ , см <sup>3</sup> /г	$V_b$ , см <sup>3</sup> /г	$V_{\Sigma}$ , см <sup>3</sup> /г	D, нм
Ё400	403.2	0.271	0.170	0.032	0.202	2,04
Б300	486.3	0.327	0.212	0.032	0.244	1,41
ЁМА	781.17	0.525	0.348	0.044	0.392	1,42
БМА	870.6	0.585	0.388	0.049	0.437	1,41

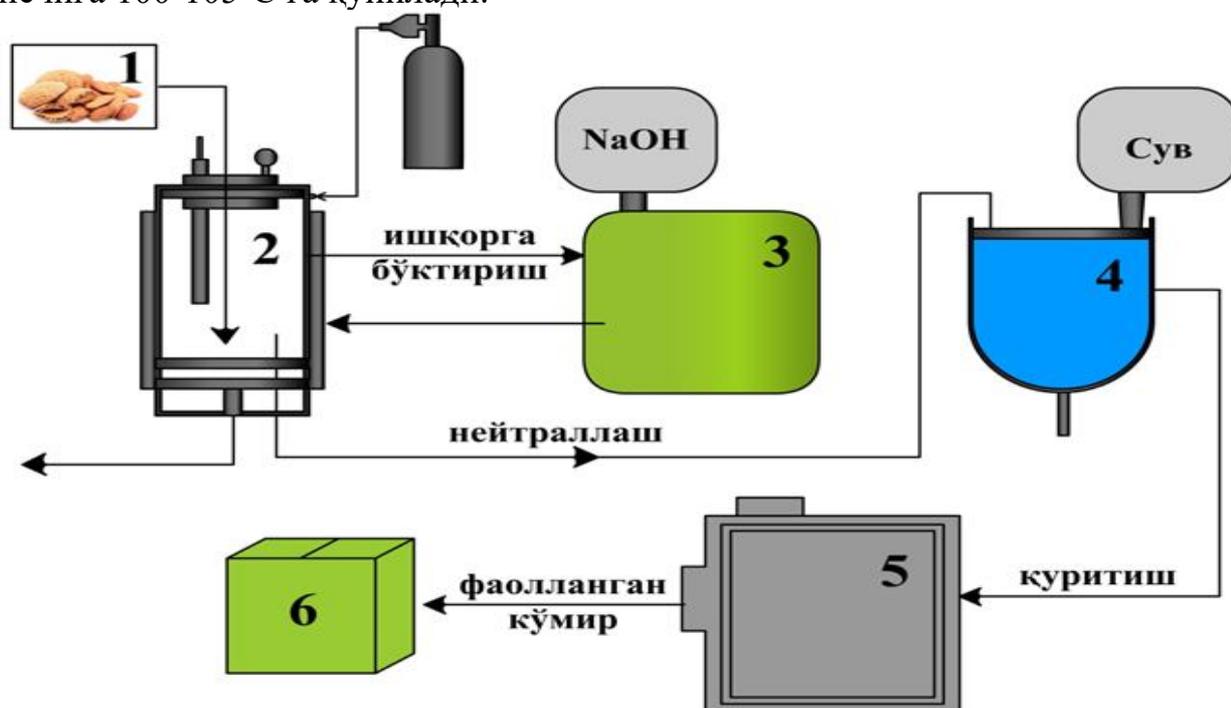
*$S_{\text{БЭТ}}$ -БЭТ бўйича солиштирма сирт юзаси,  $a_m$  – моноқават сигими,  $V_a$  – микроговаклар ҳажми,  $V_b$  – мезоговаклар ҳажми,  $V_{\Sigma}$  - ғовакларнинг умумий ҳажми, D – ўртача ғоваклар ўлчами*

Шундай қилиб, БЭТ бўйича ҳисобланган солиштирма сирт юзаси дастлабки термик пиролиз қилиб олинган намунага нисбатан, икки баравар катталашганини кўриш мумкин. Микроғовакларни ҳам деярли икки баравар ўзгарганини, лекин мезоғовакларни деярли ўзгармаганини, яъни олинган адсорбентлар микроғовакли турга кириши аниқланган.

Диссертациянинг «Углеродли адсорбентларни сорбцион-текстур хоссалари, уларни қўллаш ва олиш технологияси» деб номланган тўртинчи бобида, олинган янги адсорбентларни сорбцион кўрсаткичлари ва олиш технологияси, шунингдек техник-иқтисодий кўрсаткичлари келтирилган.

Олдинги бобдаги ўтказилган тадқиқотлар натижасида қуйидаги кетма-кетликда ўсимлик чиқиндилари асосида углеродли адсорбент олиш технологияси ишлаб чиқилди, унга кўра 7-расмда келтирилган кетма-кетликда жараён боради.

Маҳаллий хом ашёлардан бодом ва ёнғоқ пўстлоғидан углеродли адсорбент олиш жараёни қуйидаги кетма-кетликда, яъни олти босқичда амалга оширилади. Биринчи босқичда бодом ва ёнғоқ пўстлоғларини керакли майдаликкача майдалаб (1) олинади ва пиролиз жараёнига тайёрланади. Иккинчи босқичда пиролиз қурулмасига  $800^{\circ}\text{C}$  да кўмирлаштирилади (2). Бунда хавосиз муҳитда хомашёга аргон газини юборилиши натижасида, органик моддалар ажралиб чиқади. Термик пиролиз 1-1,5 соат давомида олиб борилиб, сўнгра учинчи босқичда олинган кўмир намуналарини 50% ли NaOH эритмаси билан турли нисбатларда (1:1 ёки 1:2 нисбатларда) кўмирларни ишқорга 24 соат давомида бўктирилади (3). Сўнгра қурутиш печига  $100-105^{\circ}\text{C}$  га қўйилади.



8-расм. Ўсимлик чиқиндилари асосида углеродли адсорбент олиш технология

1-Хом ашё; 2-пиролиз; 3-ишқорга бўктириш; 4-нейтраллаш; 5-курутиш печи; 6-фаоллашган кўмир

Кейинги босқичда қурутилган намуналарни термик пиролиз жараёнига қайтарилади (2). Термолиз 2 этапда амалга оширилади. 800<sup>0</sup>С да 60 минут сақлаб турилади. Пиролиздан кейин (4) тўртинчи босқичда кўмирни дистилланган сув билан ишқордан рН-7 гача тўлиқ ювилади. Нейтралланган намуналар қуригилади (5) ва қадоқлашга жўнатилади (6).

Ишлаб чиқилган технологиянинг иқтисодий самардорлигини баҳолаш учун барча жараёнларни кетма-кетликда ҳисобланди.

**6-жадвал**

**Оқава сувларни тозалаш учун олинган углеродли адсорбентларни қўллашдан қутилаётган иқтисодий самардорлик**

№	Номланиши	Сўм бирлигида	миқдори
<b>А. АГ-3 углеродли адсорбенти кўрсаткичлари (таққослаш учун)</b>			
1	Йиллик углеродли адсорбентнинг қўлланилиши	т	55
2	1 тонна АГ-3 углеродли адсорбент тан нархи	млн.сум.	20,0
3	Йиллик углеродли адсорбент сарфи $20000000 \cdot 55 = 1100\ 000\ 000$	млд.сўм	1100,0
<b>Б. Тавсия қилинаётган углеродли ЁУА ва БУА кўрсаткичлари</b>			
1	Йиллик углеродли адсорбент сарфи	т	55
2	1 тонна олинган углеродли ЁУА ва БУА адсорбенти таннархлари: ЁУА БУА	сум	81700 00,00 78 88500 000,00
3	Йиллик углеродли адсорбент сарфи $81700\ 00,00 \cdot 55 = 449350000$ $788500\ 000,00 \cdot 55 = 433675000000$	млд. сум	

6-жадвалларда 1 тонна тайёр маҳсулот ишлаб чиқаришнинг моддий баланси ва иқтисодий самардорликнинг “Штурвал” ООО корхонаси маҳсулоти бўлган АГ- 3 маркали фаол кумирга нисбатан қиёсий ҳисоблари бўйича маълумотлар ҳисобланди.

**ХУЛОСА**

1. Маҳаллий бодом ва ёнғоқ пўстлоқларини термик пиролиз ва ишқор билан ишлов бериш орқали модифицирланган углеродли адсорбент олиш имкониятлари яратилган.

2. Ишқор билан термохимёвий ишлов беришни унумга, унинг структур-сорбцион кўрсаткичларига таъсири аниқланган.

3. Термохимёвий КОН билан модификациялаб олинган углеродли адсорбентни 1:0,5, 1:1 ва 1:2 нисбатларда ишлов бериш чиқиш унумини

36.0% дан 46.6% га ошириши, солиштирма сирт юзалари бодом пўстлоқларидан олинган намуналарда ёнғоқ пўстлоқларида олинган намуналарга нисбатан юқори эканлиги аниқланган.

4. Паст ҳароратда азот адсорбцияси натижасига кўра ҳар икки намунанинг дастлабки намуналарга нисбатан адсорбция кўрсаткичлари деярли икки баробарга ортиши аниқланган. Олинган изотермлар асосида намуналарнинг БЭТ бўйича солиштирма сирт юзалари ( $S_{\text{ВЕТ}}$ ), ўртача ғовак ҳажмлари ҳамда ғовакларнинг ҳажмий тақсимланиши ҳисоблаб чиқилган.

5. МК сорбцияси ўрганиш натижасида ЁМА натижаси БМА никига караганда юқорилиги бу адсорбент юзасида адсорбатнинг таъсирлашиш энергиясининг ортиши, яъни фаол адсорбция марказининг ортиши ҳисобига, моноқаватнинг ҳосил бўлиш тўхтагандан кейин, полимолекуляр қатлам ҳосил бўлишини аниқланган.

6.  $\text{Cu}^{2+}$  ионларини модификация қилинган углеродли ЁМА да БМА намуналарида сорбциясида максимал сорбция рН 6-7 да бўлиши, сорбцион мувозанатга эса 200 мг/л концентрациядаги эритмаларда 3 соатда эришилиши аниқланган.

7. Оқава сувлар таркибидан метал ионларини сорбцияловчи маҳаллий ўсимлик чиқинди хомашёлардан ЁМА ва БМА углеродли адсорбентлар олиш технологияси ишлаб чиқилган.

8. Оқава сувлар таркибидан метал ионларини сорбцияловчи маҳаллий ўсимлик чиқинди хомашёлардан олинган ЁМА ва БМА углеродли адсорбентларларини ишлаб чиқариш ва қўллашдан келадиган техник-иқтисодий самарадорлиги ҳисоблаб чиқилган.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
DSc.03/29.08.2023.К/Т.66.02 ПРИ НАМАНГАНСКОМ ИНЖЕНЕРНО-  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

---

**ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ  
НАМАНГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**УБАЙДУЛЛАЕВА НАВРУЗА НЕМАТЖОНОВНА**

**ПОЛУЧЕНИЕ АКТИВИРОВАННЫХ УГЛЕРОДНЫХ АДСОРБЕНТОВ  
ДЛЯ СОРБЦИОННОГО РАЗДЕЛЕНИЯ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ  
И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИХ КОЛЛОИДНО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ**

**02.00.11 – Коллоидная и мембранная химия**

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

**Наманган-2024**

**Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистана под номером B2023.4.PhD/K705.**

Диссертационная работа выполнена в Институт общей и неорганической химии и Наманганском государственном университете. Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета ([www.nammti.uz](http://www.nammti.uz)) и Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» ([www.ziyo.net](http://www.ziyo.net)).

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

**Официальные оппоненты:** **Кулдашева Шахноза Абдулазизовна**  
доктор химических наук, профессор  
**Очилов Голиб Мамаюсупович**  
кандидат химических наук, профессор

**Ведущая организация:** **Ферганский политехнический институт**

Защита диссертации состоится «\_\_» августа 2024 года в \_\_\_\_\_ часов на заседании Научного совета DSc.03/29.08.2023.К/Т.66.02 при Наманганском инженерно-технологическом институте (Адрес: 160115, г. Наманган, ул. Косонсой, 7. Тел.: (69) 225-10-07, факс: (69) 228-76-75, e-mail: [niei\\_info@edu.uz](mailto:niei_info@edu.uz), Наманганский инженерно-технологический институт, 3 здание, 1 этаж, кабинет Научного совета).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Наманганского инженерно-технологического института (зарегистрировано под № (303). (Адрес: 160115, г. Наманган, ул. Косонсой, 7. Тел.: (99869) 225-10-07.).

Автореферат диссертации разослан: «1» августа 2024 г.  
(реестр протокола рассылки № 9 «1» августа 2024 г).

**О.К.Эргашев**

Председатель Научного совета по присуждению  
ученых степеней, д.х.н., проф.

**Д.Ш.Шеркузиев**

Ученый секретарь Научного совета по присуждению  
ученых степеней, д.т.н., проф.

**А.С.Боймирзаев**

Председатель Научного семинара при Научном совете  
по присуждению ученых степеней, д.х.н., проф.

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

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** Сегодня утилизация промышленных отходов в мире и производство новой продукции с использованием их в качестве вторичного сырья важны не только с экологической, но и с экономической точки зрения. Одним из таких продуктов являются углеродные адсорбенты с сорбционными свойствами, изучения их сорбционных свойств и применения в адсорбционных процессах в пищевой, металлургической, химической и других областях имеет актуальное значение. Углеродные адсорбенты имеют широкий спектр применения, важное значение имеет их использование в жидких, газообразных и твердых средах.

В мире ведутся научные исследования по производству ряда эффективных сорбентов активированного угля для сорбционного извлечения драгоценных металлов. В связи с этим изучение сырьевых ресурсов; установление оптимальных условий получения углеродного адсорбента на основе скорлупы греческого ореха и миндаля; установление методов и оптимальных условий их активации и модификации; изучение адсорбционных свойств полученных углеродных адсорбентов.

В нашей республике достигаются теоретические и практические результаты по созданию адсорбентов с высокоэффективной сорбционной емкостью на основе отходов предприятий и применению их при сорбционной извлечении драгоценных металлов из сточных вод. Новая стратегия развития Республики Узбекистан на 2022-2026 годы по дальнейшему развитию Республики Узбекистан названа продолжением промышленной политики, направленной на обеспечение стабильности национальной экономики и увеличение доли промышленности в валовом внутреннем продукте по 4-му направлению определены важные задачи, направленные на «Разработка программы определения экологических требований и стандартов охраны окружающей среды в горно-металлургической промышленности на основе международных стандартов»<sup>1</sup>. В связи с этим большое значение имеет получение углеродных адсорбентов на основе отходов растений и для сорбционного извлечения драгоценных металлов при очистке промышленных сточных вод.

Указ Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года № УП-60 «О стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы», № УП-4265 от 3 апреля 2019 года «Меры по дальнейшему реформированию химической промышленности и повысить его инвестиционную привлекательность» и в реализации задач, определенных в решениях от 12 августа 2020 года № УП-4805 «О мерах по повышению качества непрерывного образования и эффективности науки в областях химии и

---

<sup>1</sup> Указ Президента Республики Узбекистан от 28-января 2022 года № ПФ-60 «О новой стратегии развития Узбекистана на 2022-2026 годы»

биологии», а также другие нормативно-правовые документы, относящиеся к данной области, в определенной степени служит данное диссертационное исследование.

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

**Уровень изученности проблемы.** В научно-технической литературе описано создание адсорбентов на основе отходов растений и природного угля, сорбционное извлечение драгоценных металлов из сточных вод зарубежными учеными Дж.Д. Торрес, Э.А. Фариа, А.Г. Прадо, Т.Э. Никифорова, Н.А. Собгайда, Ю.А. Макарова, А.Е. Кузнецов, Н.Б. Градова, С.В. Лушников, М. Энгельхарт, Т. Вайссер, Н.С. Змур, М.В. Чеботарёва, С.В. Яковлев, И.Г. Краснобородько, В.М. Рогов, Г.А. Селицкий, В.П. Исаченко проводили научные исследования.

Из Узбекистана учёные т.к. С.С.Хамраев, М.Д.Исобеаев, Э.Х.Пулатов, Т.Х.Абдуллаев, М.З.Турдиалиев, Г.А.Мирзатиллаев, Г.М.Гулямова, К.К.Назаров, Г.Р. Нарметова, С.А.Абдурахимов, Р.Х.Сатаев, О.К. Бисенбаев, Г.У. Рахматкариев, И.Д. Эшметов, О.К.Эргашев, Д.С. Салиханова, Д.Ж. Жумаева и др. исследовали такие процессы как получение углеродных адсорбентов на основе местного сырья и отходов и изучению их адсорбционных свойств.

На основе метода термического пиролиза углеродного адсорбента учеными УзРФА проведены научные исследования по получению углеродного адсорбента на основе скорлупы грецкого ореха для сорбции амидов. Однако, научные исследования по сорбции металлов сточных водах металлургической промышленности не проводились. Поэтому актуально изучение сорбции металлов на углеродных адсорбентах полученных на основе местного сырья и отходов.

**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация.**

Диссертационное исследование проводилась в рамках хозяйственного договора в соответствии с планами научных исследований Института общей и неорганической химии по теме «Извлечение драгоценных металлов с помощью активированных углей, полученных на основе местного сырья».

**Цель исследования** является получение модифицированного углеродный адсорбент на основе скорлупы грецкого ореха и миндаля и изучение их адсорбционных свойства.

**Задачи исследования:**

изучение сырьевой базы для получения углеродных адсорбентов на основе растительного сырья;

определение оптимальных условий получения активированного и модифицированного углеродного адсорбента из скорлупы грецкого ореха и миндаля;

определение оптимальных условий модификации с использованием модификаторов скорлупы грецкого ореха и миндаля для получения адсорбента с высокими сорбционными характеристиками;

исследование адсорбции адсорбатов различной природы на модифицированных углеродных адсорбентах (УА);

разработка технологии получения модифицированного углеродного адсорбента (УА) из растительных отходов ореховой и миндальной скорлупы;

разработка технологии сорбционного извлечения драгоценных металлов;

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

**Объектом исследования** являются углеродный адсорбент, полученный на основе растительных отходов (скорлупы грецкого ореха и миндаля), промышленные сточные воды, контрольный образец для сравнения, модификаторы (КОН и NaOH) .

**Предметом исследования** является определение способов получения углеродных адсорбентов, закономерностей их модификации и закономерностей процессов очистки промышленных сточных вод, а также физико-химических и адсорбционных свойств углеродных адсорбентов.

**Методы исследования.** В диссертации использованы физико-коллоидные, физико-химические методы исследования (ИК-спектроскопия, электронная микроскопия, рентгеноструктурный анализ, СЭМ, калориметрические методы анализа.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

определены условия карбонизации и влияние щелочи на изменение пористой структуры и сорбционные свойства;

определено влияние термохимической обработки щелочью на выход продукт и его структурно-сорбционные показатели;

установлено, что обработка углеродного адсорбента, модифицированного термохимическим с помощью КОН в соотношении 1:0,5, 1:1 и 1:2, увеличивает выход с 36,0% до 46,6%, а удельная поверхность образцов, полученных из скорлупы миндаля выше, чем у грецкого ореха;

доказано, что в результате адсорбции низкотемпературного азота адсорбционные показатели, т.к. удельная поверхность по БЭТ ( $S_{БЭТ}$ ), средний объем пор и объемное распределение пор у обоих образцов увеличились почти в два раза по сравнению с исходными образцами;

доказано, что ореховый углеродные адсорбент и миндалевый углеродные адсорбент способен очистить из состава сточных вод ионы металлов, т.к. ионы Ni и Cu до норм maximum permissible concentration;

разработана технология получения угольных адсорбентов ОУА и МУА; Рассчитана технико - экономическая эффективность технологии получения углеродных адсорбентов WCA и АСА.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

Разработана возможно получение модифицированного углеродного адсорбента на основе растительных отходов (скорлупы грецких орехов и миндаля);

Разработан способ очистки сточных вод от ионов металлов углеродными адсорбентами.

**Достоверность результатов исследования.** Результаты использованного химического и современного физико-химического анализа подтверждены тем, что они апробированы на опытно-промышленных установках и применены в промышленном производстве.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследований заключается в том, что производство активированного угольного адсорбента путем модификации скорлупы грецкого ореха и скорлупы миндаля и производство полученного адсорбента станет основой очистки сточных вод предприятий на основе классификационной схемы и разработки технологии очистки сточных вод предприятий и получение нового адсорбента с высокими сорбционными свойствами.

Практическая значимость результатов исследований заключается в том, что они способствуют промышленному освоению технологии сорбционного извлечения драгоценных металлов из растительных отходов и использованию их при очистке промышленных сточных вод, а также будет служить в образовательном процессе подготовки магистров и бакалавров в учебных заведениях в сфере химии и химической технологии.

**Внедрение результатов исследований.** На основе полученных научных результатов по получению углеродного адсорбента для сорбционной очистки ионов металлов в сточных водах на основе растительных отходов (скорлупы грецких орехов и миндаля):

технология получения углеродного адсорбента термохимическим методом на основе скорлупы грецкого ореха и миндаля включена в перечень перспективных разработок, подлежащих внедрению в практику в 2023-2024 годах АО «Навоийский горно-металлургический комбинат» (Справка №23/01-01-07/423 АО «Навоийский горно-металлургический комбината» от 31 августа 2023 г.) В результате появилась возможно получение углеродных адсорбентов на основе растительных отходов;

способ очистки металлургических сточных вод от ионов металлов с использованием углеродных адсорбентов ОУА и МУА включен в перечень перспективных разработок, подлежащих внедрению в практику в 2023-2024 годах на АО «Навоийский горно-металлургический комбинат» (Справка №23/01-01-07/423 АО «Навоийского горно-металлургического комбината» от

31 августа 2023 г.) В результате появилась возможность очистить сточные воды металлургического комбината от ионов металла;

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследований обсуждались на 12 конференциях, в том числе 4 международных и 8 национальных научно-практических конференциях.

**Опубликование результатов исследования.** Всего по теме диссертации опубликовано 6 научных работ. Из них в научных изданиях опубликовано 6 статей, в том числе в 3 отечественных и 3 зарубежных журналах, в которых основные научные результаты диссертаций доктора философских наук (PhD) ВАК Республики Узбекистан были рекомендованы к публикации.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составил 105 страниц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Во введении** обоснована актуальность и востребованность темы диссертации, сформулированы цель и задачи, характеризуются объекты и предмет исследования, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, изложена научная новизна и практические результаты исследования, раскрыта теоретическая и практическая значимость полученных результатов, приведены сведения о состоянии внедрений в практику результатов исследования, по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации под названием **«Современное состояние способов получения угольных адсорбентов, их свойства»** содержит аналитические данные по технологии получения и модификации при различных условиях углеродных адсорбентов на основе скорлупы грецкого ореха и миндаля предложенные всемирными учеными.

Во второй главе диссертации под названием **«Экспериментальная техника и методология исследования по получению углеродных адсорбентов из растительных отходов»**, приведены сведения по получению адсорбентов из скорлупы миндаля и грецких орехов методом пиролиза и очистке полученных адсорбентов, а также изучению их структур. Большое значение при получении адсорбента имеет выбор, изучение состава и свойств сырья.

В качестве сырья для получения углеродного адсорбента использовали скорлупу миндаля и грецкого ореха. Основной причиной этого является его достаточность в республике в качестве сырья и необходимость утилизации его как отходов. Их морфологическое разнообразие требует разных подходов к их модификации и активации. Для исследования размер их частиц был принят в пределах 1-0,063 мм.

Их термическая обработка, то есть процесс карбонизации, осуществлялась в специально собранной в лаборатории пиролизной установке в диапазоне температур 300-900°C. Процесс проводился в инертной среде при высоком и нормальном атмосферном давлении. Для химической модификации использовали щелочи калия или натрия.

При производстве углеродного адсорбента на основе скорлупы миндаля и грецкого ореха его физико-химический состав и структуру, а также состав и количественный состав определяли на энергодисперсионном рентгенофлуоресцентном спектрометре. Морфологию углеродного адсорбента изучали на сканирующем микроскопе MA 10 SEM. А также данный анализ показал элементный состав образцов.

ИК-спектры модифицированных материалов получали на приборе Avatar 360 FT-IR Nicolet iS50 Thermo Fisher Scientific в диапазоне частот 400-4000 см<sup>-1</sup>.

Третья глава диссертации под названием «**Методы и коллоидно-химические свойства углеродных адсорбентов на основе растительных отходов**» содержит сведения о получении новых углеродных адсорбентов ОМА и ММА, их физико-химические свойства и применении.

Углеродный адсорбент – получают в основном методом пиролиза. Растительный отход, т.е. скорлупа грецкого ореха и миндаля карбонизовали при различных температурах.

Углеродное сырьё, т.е. скорлупу грецкого ореха обугливают при 400<sup>0</sup> С, а скорлупу миндаля при 300<sup>0</sup> С. Полученные результаты приведены в табл.1.

**Таблица 1.**

**Зависимость выхода углеродного адсорбента из скорлупы грецкого ореха и миндаля от температуры**

<b>Сырьё</b>	<b>300</b>	<b>400</b>	<b>500</b>	<b>600</b>	<b>700</b>	<b>800</b>
Скорлупа миндаля, %	41	40	40	39	37	35
Скорлупа грецкий ореха, %	40	39	37	37	35	35

Из табл.1 видно, что с повышением температуры от 300<sup>0</sup> С до 800<sup>0</sup> С выход продукта снижается. Причина этого является структурный состав, в котором выделяется монооксид углерода и углекислый газ, а также карбонизацией исходного сырья. Из-за высокого выхода, целесообразным является получение углеродного адсорбента.

На рис.1 представлен исходный сырьё и углеродный адсорбент полученный методом термического пиролиза.



а- миндаль



б- измельчённый



в- углеродный адсорбент



а- грецкий орех



б- измельчённый



в- карбонизат

**рис.1. Снимки исходного и углеродного адсорбента полученного из греческого ореха и миндаля**

Из-за низкой сорбционной емкости углеродного адсорбента полученный путём термического пиролиза, его повышают путем модификации щелочами или кислотами. Необработанный карбонизат имеет низкую удельную поверхность – около 50-180 м<sup>2</sup>/г. Но после обработки щелочью показывает существенное изменение пористой структуры. Для этого изучено сорбционные характеристики методом сорбции низкотемпературного азота, которые приведены в табл.2.

**Таблица 2**

**Влияние концентрации и соотношении щелочи на удельную поверхность**

Название адсорбента	Отношение карбонизата/щелочи, удельная поверхность			
	1:0,5	1:1	1:1,5	1:2
ПМ* NaOH -50%	650	720	740	730
ПМ <sub>КОН</sub> -50%	665	735	745	752
ПГО* NaOH -50%	690	750	758	779
ПГО <sub>КОН</sub> -50%	710	750	745	762
ПМ NaOH -40%	495	560	577	580
ПМ <sub>КОН</sub> - 40%	487	555	568	578
ПГО <sub>NaOH</sub> 40%	515	532	578	600
ПГО <sub>КОН</sub> -40%	530	580	577	590

ПМ <sub>NaOH</sub> -30%	370	380	399	410
ПМ <sub>KOH</sub> -30%	415	442	458	465
ПГО <sub>NaOH</sub> 30%	530	580	577	590
ПГО <sub>KOH</sub> -30%	380	395	407	415

\*ПМ- пиролизный миндаль.

\* ПГО – пиролизный грецкий орех

Из приведенной выше таблицы видно, что увеличение концентрации и соотношения до 1/2 практически не приводило к значительному изменению удельной поверхности по сравнению с показателями соотношения 1/1. При обработке щелочью концентрации 50% показывает наиболее высокие результаты, причем результаты KOH выше, чем результаты NaOH. Причина этого является увеличение размера микропор. Увеличение удельной поверхности приводит к развитию микропористой структуры.

Таким образом, в зависимости от изменения удельной поверхности установлено, что оптимальная концентрация щелочи составляет 50 %, а соотношение 1:1.

Изучено изменение объемов мезопор и микропор в зависимости от изменения концентрации и соотношении щелочи.

**Таблица 3**

**Изменение соотношений пор при модификации щелочами**

Название адсорбента	Объем пор, см <sup>3</sup> /г	Соотношение карбонизата:щелочь				
		0	1:0,5	1:1	1:1,5	1:2
ПМ <sub>NaOH</sub> 50%	V <sub>мик</sub>	0,06	0,22	0,40	0,42	0,32
	V <sub>мез</sub>	0,04	0,28	0,42	0,33	0,30
ПМ <sub>KOH</sub> 50%	V <sub>мик</sub>	0,08	0,31	0,56	0,54	0,39
	V <sub>мез</sub>	0,01	0,24	0,31	0,45	0,32
ПГО <sub>NaOH</sub> 50%	V <sub>мик</sub>	0,02	0,28	0,38	0,35	0,31
	V <sub>мез</sub>	0,01	0,23	0,48	0,45	0,35
ПГО <sub>KOH</sub> 50%	V <sub>мик</sub>	0,14	0,27	0,48	0,51	0,45
	V <sub>мез</sub>	0,03	0,24	0,35	0,41	0,35

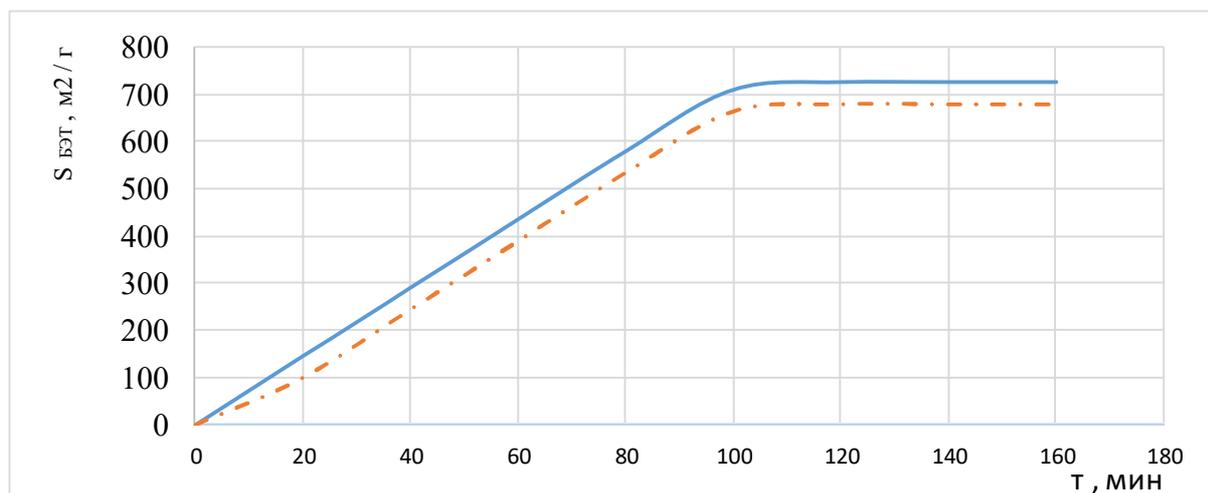
Как видно из таблицы выше, установлено, что модификация с использованием щелочи в соотношении 1:1 приводит к увеличению мезопор, а последующий увеличение его соотношения приводит к снижению объем работы приводит к уменьшению ее размеров. Основная причина этого заключается в том, что с увеличением концентрации щелочи мезопоры уменьшаются, а микропоры увеличиваются за счет взаимного распределения пор.

Из таблицы видно, что образец скорлупы миндаля, модифицированный KOH, имеет более высокие результаты, чем образец, обработанный NaOH. Видно, что размер микропор больше в образце скорлупы грецкого ореха по

сравнению с образцом скорлупы миндаля.

Таким образом, использование для модификации 50%-ной щелочи в соотношении 1:1 позволяет получить углеродный адсорбент с высокими удельной поверхностью и объемом микропор.

Изучено влияние продолжительности процесса термического пиролиза на удельную поверхность. Полученные результаты представлены на рис.2.



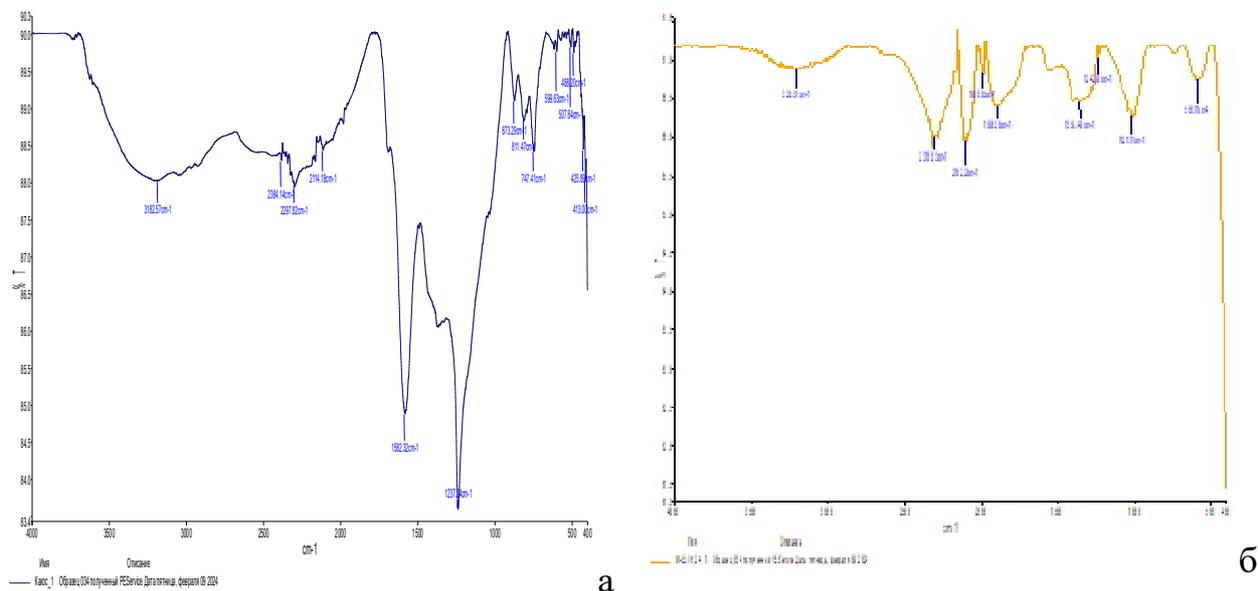
**Рис.2. Зависимость продолжительности процесса модификации от удельной поверхности**

Как видно из графика, после проведения химической модификации при  $800^{\circ}C$  в течение 100 минут наблюдалось, что удельная поверхность полученного адсорбента увеличилась до максимума, т.е. увеличилась до  $750 m^2/g$ . После этого установлено, что продолжение процесса модификации практически не изменило удельную поверхность поверхности.

Проведен ИК-спектральный анализ полученных углеродных адсорбентов, представленный на рис. 3.

ИК-спектры угля, полученного из скорлупы кокосового ореха, выбранного в качестве образца, имеют широкое дугообразное слабое поглощение в области  $3182 cm^{-1}$ , что объясняется валентными ( $\nu$ ) колебаниями молекул воды. Т.е. это свидетельствует о том, что молекулы воды, образовавшиеся при сгорании органических веществ при пиролизе, не вышли из пор угля. Слабое поглощение указывает на то, что молекулы воды поглощаются только на поверхности. Слабое поглощение произошло в следующих областях  $2384 cm^{-1}$  и  $2298 cm^{-1}$ , газы  $CO$ ,  $CO_2$  образовались в результате пиролиза в этих пиках соответственно при  $2384 cm^{-1}$ , газы  $NO$  и  $NO_2$  от разложения азотистых органические соединения в скорлупе кокосовых орехов в результате пиролиза относятся к поглощениям в полях  $2298 cm^{-1}$ . Высокий пик поглощения в области  $1582 cm^{-1}$  инфракрасного спектра указывает на наличие соединений, содержащих карбонильную группу ( $-C=O$ ) (карбоновые кислоты, сложные эфиры, альдегиды и кетоны) в результате неполного окисления или неполного окисления некоторых

органических соединений в скорлупе кокоса. Валентные колебания связи углерод-кислород (О-С-О) в сложных эфирах наблюдались в области  $1237\text{ см}^{-1}$ . В нижних областях спектров поглощения  $873\text{-}413\text{ см}^{-1}$  наблюдались колебания связей М-О оксидов металлов, характерные для минералов угля (рис. 4).



**Рис.3. ИК-спектры углеродного адсорбента, полученных путём пиролиза из грецкого ореха (а) и кокоса (б)(образец)**

Также для сравнения проведено ИК в диапазоне  $400\text{-}4000\text{ см}^{-1}$  углеродный адсорбент, полученный путём термического пиролиза при  $400^\circ\text{C}$  скорлупа грецкого ореха.

Образцы (скорлупа миндаля и грецкого ореха) подвергаются пиролизу до температуры  $500^\circ\text{C}$ , то есть до полного обугливания. Затем ее измельчают и смешивали 50%-ным растворами щелочи ( KOH и NaOH ) в соотношении 1:0,5, 1:1, 1:2 и настаивают в течение 24 часов. Затем его сушат и снова помещают в пиролизную установку при температуре  $800^\circ\text{C}$  на 60-90 минут. Охлажденные образцы нейтрализуют дистиллированной водой и полученную массу сушат в сушильном шкафу в течение 1 часа. Изучено влияние процесса модификации на выход продукта (табл. 4).

**Таблица 4 .**

**Влияние соотношений щелочи на выход углеродного адсорбента**

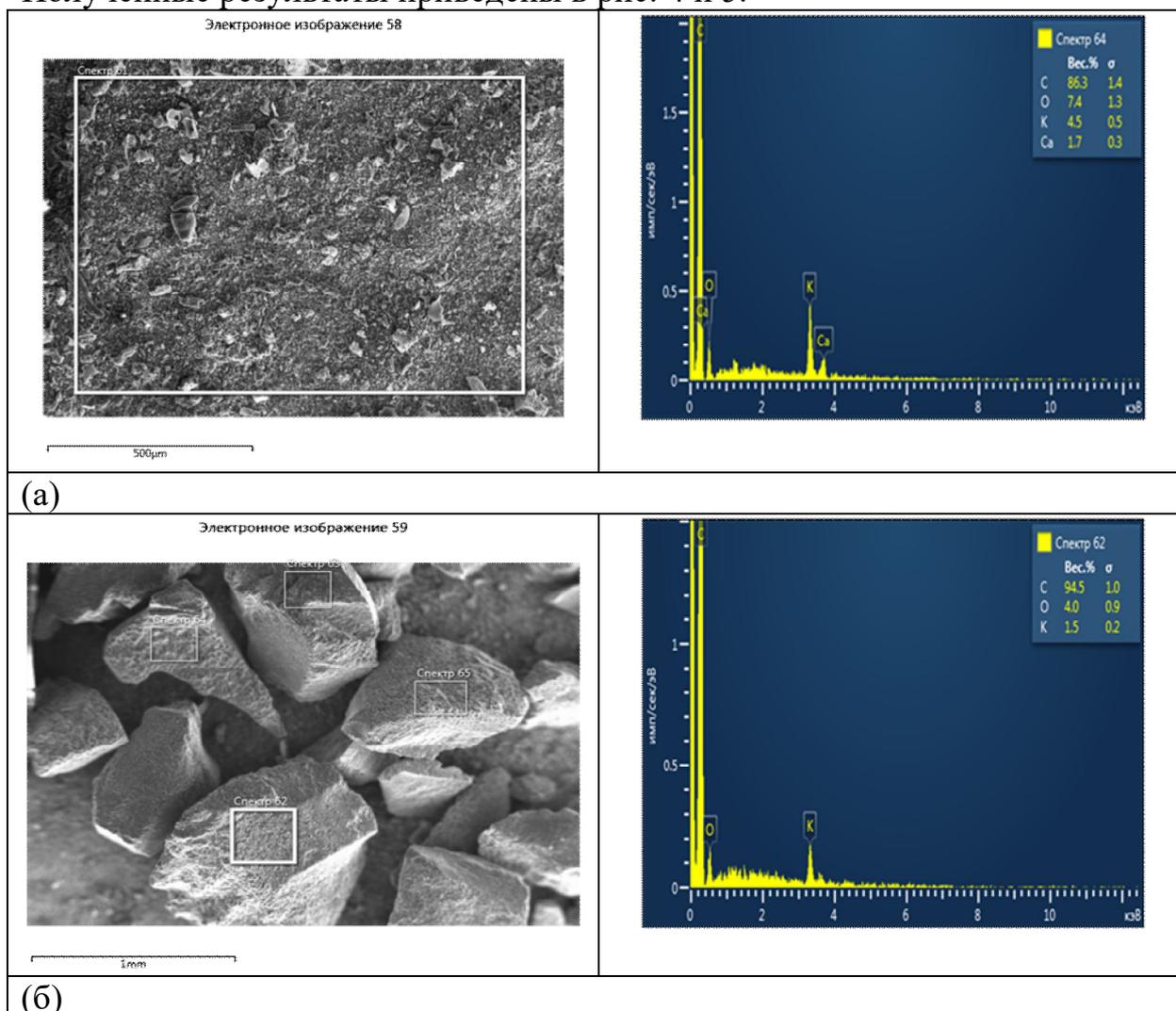
наименование	Адсорбент/ щелочь соотношение	Масса адсорбента, гр	Остаток после нейтрализации	Остаточная масса, %
МУА*	1:0,5	3.0	1,46	48,6
МУА	1:1	3.0	1.16	38,6
МУА	1:2	3.0	1.08	36,0
ОУА*	1:0,5	3.0	1,71	57,0
ОУА	1:1	3.0	1,53	51,0
ОУА	1:2	3.0	1,4	46,6

\*МУА – миндальный углеродный адсорбент;

\* ОУА – ореховых угольный адсорбент;

Из вышеприведённых данных таблицы видно, что теряет до 50% от общей массы. Основная причина этого, является растворение солей под воздействием щелочей. Наблюдается что с повышением соотношений щелочи снижается выход продукта. Самый высокий выход продукта вышел при соотношении щелочи 1:0,5.

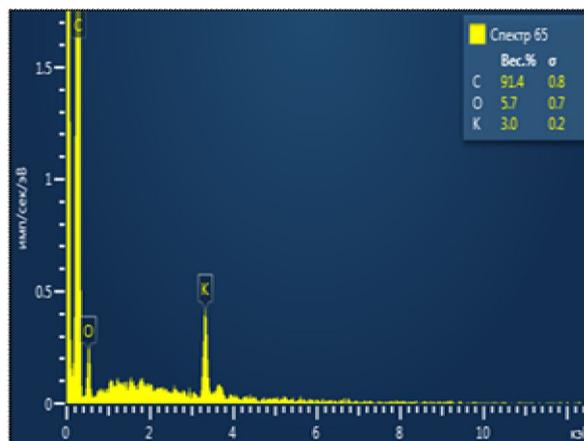
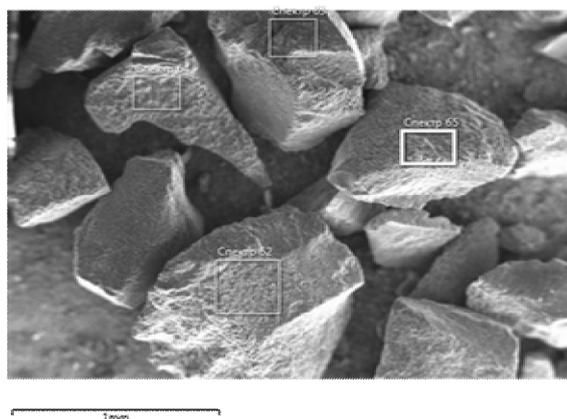
Морфология и элементный состав образцов исследован SEM. Полученные результаты приведены в рис. 4 и 5.



**Рис.5. Результаты термического пиролиза скорлупы грецкого ореха при 500°C (а), образец, модифицированный КОН (б)**

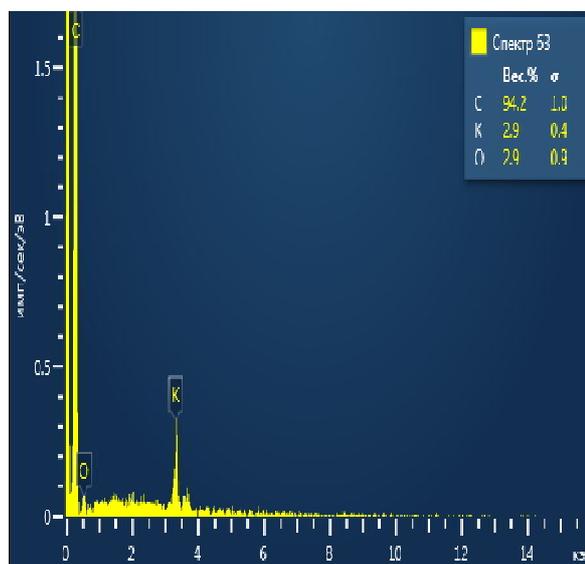
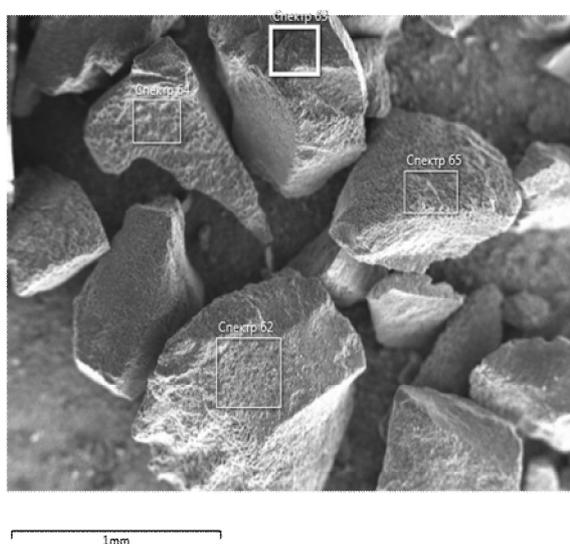
Как видно из полученных результатов, количество С составляет от 86,3% до 94,5%, можно заметить, что количество Са резко снизилось после модификации.

Электронное изображение 59



а

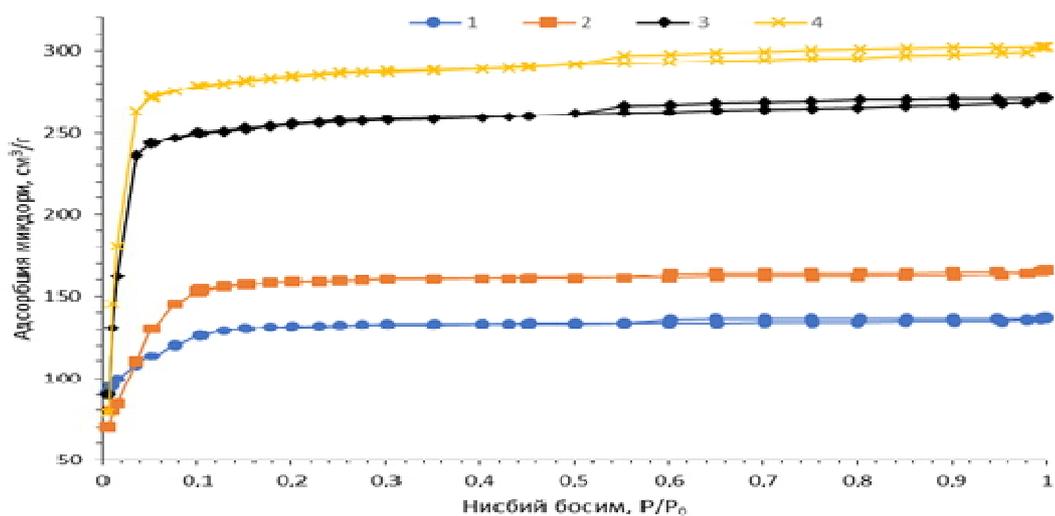
Электронное изображение 59



**Рис.5. Результаты СЭМ термического пиролиза скорлупы миндаля при 500°C (а), образец, образец модифицированный КОН (б)**

Из полученных результатов отмечено, что после термического пиролиза углеродного адсорбента, полученного из активированного скорлупы миндаля, содержание С увеличилось с 91,2% до 94,5%.

С целью определения текстурных характеристик углеродных адсорбентов изучено сорбция и десорбция азота на приборе Quantachrome Autosorb при 77К. Проведено сравнение текстурных характеристик исходных карбонизированных скорлуп миндаля и грецкого ореха и их обработанных щелочью образцов, а также изучено влияние щелочной модификации.



**Рис.6. Изотермы адсорбции азота в образцах: 1-О-400; 2-М-300; 3-ОУА-800; 4-МУА-800**

Изотермы адсорбции азота при 77 К первоначально карбонизированных и обработанных щелочью, а затем карбонизированных образцов представлены на рис. 6. Все кривые адсорбции характеризуются изотермами I типа, характерными для микропористых твердых материалов по ИЮПАК при низком относительном давлении, и изотермами IV типа в области высоких давлений.

Из графика видно, что, линия гистерезиса представляет собой капиллярную конденсацию поверхностных пор, особенно в образцах, модифицированных щелочью. Ширина кривых гистерезиса и пересечение кривых происходят при низких значениях относительного давления, что указывает на высокую пористость.

Как видно из рисунка, значения адсорбции обоих образцов, обработанных щелочью, увеличились почти в два раза по сравнению с исходными образцами. На основании полученных изотерм были рассчитаны удельная поверхность по БЭТ (SBET), средние объемы пор и распределение пор по объему образцов (табл. 5).

**Таблица 5 .**

**Текстурные свойства рассчитаны на основе изотерм адсорбции азота образцов**

образцы	S <sub>БЭТ</sub> , м <sup>2</sup> /г	a <sub>m</sub> , ммоль/г	V <sub>a</sub> , см <sup>3</sup> /г	V <sub>b</sub> , см <sup>3</sup> /г	V <sub>Σ</sub> , см <sup>3</sup> /г	D, нм
О-400	403.2	0.271	0.170	0.032	0.202	2,04
М-300	486.3	0.327	0.212	0.032	0.244	1,41
ОУА	781.17	0.525	0.348	0.044	0.392	1,42
МУА	870.6	0.585	0.388	0.049	0.437	1,41

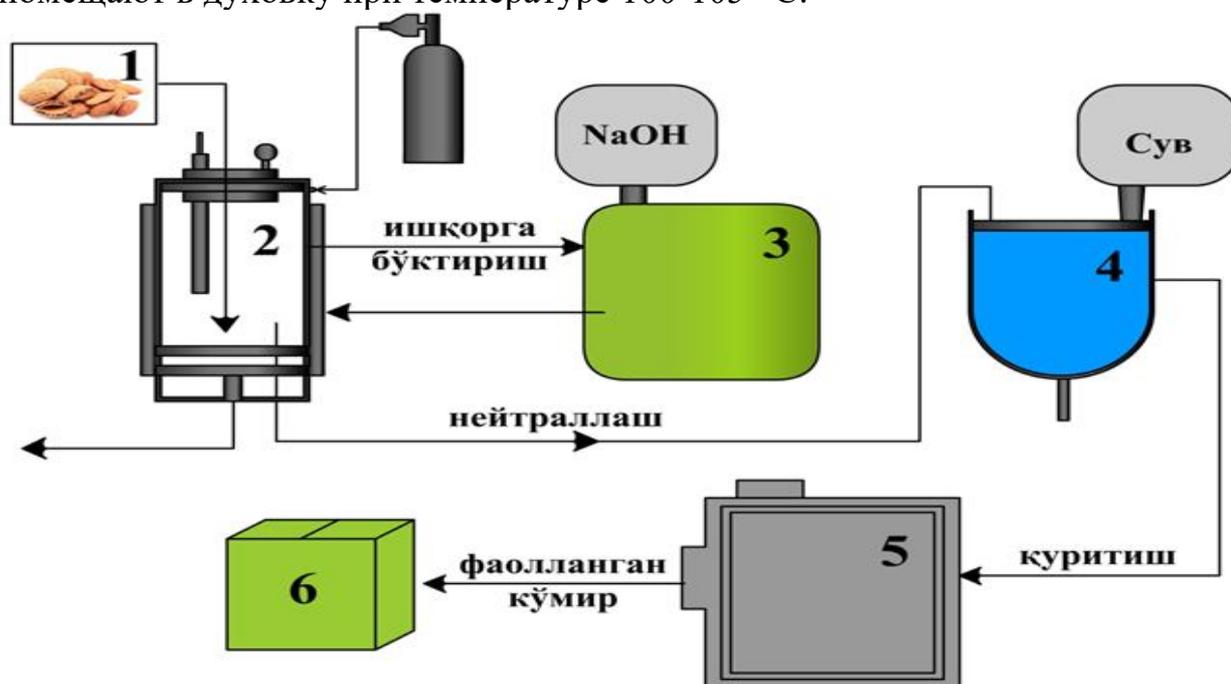
*S<sub>БЭТ</sub>-удельная поверхность по БЭТ, a<sub>m</sub> – объем монослоя, V<sub>a</sub> – объем микропор, V<sub>b</sub> – объем мезопор, V<sub>Σ</sub> – общий объем пор, D – средний размер пор*

Таким образом, видно, что удельная поверхность, рассчитанная по методу БЭТ, по сравнению с исходным образцом термопиролиза увеличилась вдвое. Установлено, что микропоры увеличились почти в два раза, а мезопоры практически не изменились, то есть полученные адсорбенты относятся к микропористому типу.

В четвертой главе диссертации под названием «Сорбционно-текстурные свойства углеродных адсорбентов, их применение и технология получения» приведены сорбционные характеристики и технология получения углеродных адсорбентов и технико-экономические расчёты.

В результате исследований, проведенных в предыдущей главе, была разработана технология получения углеродного адсорбента на основе растительных отходов в следующей последовательности, согласно которой процесс представлен в последовательности, представленной на рисунке 7.

Процесс получения углеродного адсорбента из местного сырья из скорлупы миндаля и грецкого ореха осуществляется в следующей последовательности, то есть в шесть стадий. На первом этапе скорлупа миндаля и грецких орехов измельчается до необходимой крупности (1) и подготавливается к процессу пиролиза. На втором этапе пиролиз обугливается при температуре 800<sup>0</sup>С (2). В результате подачи аргона к сырью в безвоздушной среде выделяются органические вещества. Термический пиролиз проводят в течение 1-1,5 часов, затем полученные на третьем этапе образцы угля кипятят в щелочи с 50% раствором NaOH в различных соотношениях (1:1 или 1:2) в течение 24 часов (3). Затем, сушка его помещают в духовку при температуре 100-105<sup>0</sup> С.



**Рис.7 . Технология производства углеродного адсорбента на основе растительных отходов**

1-Сырье; 2-пиролиз; 3-замачивание в щелочи; 4-нейтрализация;  
5-сушильная печь; 6-активированный уголь

Следующий этап сушеные образцы возвращается на термический пиролиз (2). Термолиз осуществляется 2-ой стадии и выдерживали при 800<sup>0</sup> С в течение 60 минут. После пиролиза (4) в четвертом этапе уголь смывают от щелочи дистиллированной водой до рН-7. Нейтрализованный образцы высушивается (5) и отправляется на упаковку (6).

Для оценки экономической эффективности разработанной технологии были проведены последовательные расчеты всех процессов.

**Таблица 6**

**Экономическая эффективность, ожидаемая от использования производных углеродных адсорбентов для очистки сточных вод**

Нет	наименование	В суммах	количество
<b>А. Показатели углеродного адсорбента АГ-3 (для сравнения)</b>			
1	Годовой расход углеродного адсорбента	т	55
2	Цена 1 тонна угольного адсорбента АГ-3	млн .	20,0
3	Ежегодно расход углеродного адсорбента $20000000 \cdot 55 = 1100\ 000\ 000$	млрд .сум	1100,0
<b>Б. Показатели предлагаемого ОУА и МУА углеродного адсорбента</b>			
1	Годовой расход углеродного адсорбента	т	55
2	Цена 1 тонна полученного адсорбент <b>ОУА</b> <b>и МУА</b> <b>ОУА</b> <b>МУА</b>	количество	81700 00.00 78 88 500 000,00
3	Годовой расход углеродного адсорбента $81700\ 00.00 \cdot 55 = 449350000$ $788500\ 000,00 \cdot 55 = 433675000000$	Млд. сум	650.650.000 666.325.000

В таблицах 6 рассчитаны материальный баланс и экономическая эффективность производства 1 т готовой продукции в сравнении с активным иодом АГ-3, продукцией ООО «Штурвал».

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. Определены оптимальные условия термического пиролиза скорлупы миндаля и грецкого ореха.

2. Определено влияние термохимической обработки щелочью на продуктивность и ее структурно-сорбционные показатели.

3. Обработка углеродного адсорбента, модифицированного термохимическим КОН в соотношениях 1:0,5, 1:1 и 1:2, увеличивает выход с 36,0% до 46,6%, определено, что удельная поверхность образцов, взятых из скорлупы миндаля, увеличивается. выше, чем у образцов, взятых из скорлупы грецеских орехов.

4. По результату адсорбции азота при низкой температуре показатели адсорбции обоих образцов увеличиваются почти в два раза по сравнению с исходными образцами. На основании полученных изотерм были рассчитаны удельная поверхность по БЭТ (SBET), средние объемы пор и распределение пор по объемам образцов.

5. В результате исследования сорбции МК установлено, что результат ОУА выше, чем у МУА, за счет увеличения энергии адсорбции адсорбата на поверхности адсорбента, то есть увеличения активный центр адсорбции, после прекращения образования монослоя образуется полимолекулярный слой.

6. Установлено, что при сорбции ионов  $\text{Cu}^{2+}$  в образцах БМА на модифицированном угле ЁМА максимум сорбции приходится на рН 6-7, а сорбционное равновесие достигается через 3 часа в растворах с концентрацией 200 мг/л.

7. Разработана технология получения углеродных адсорбентов ОУА и МУА.

8. Рассчитана технико-экономическая эффективность технологии получения углеродных адсорбентов ОУА и МУА.

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

---

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

**UBAYDULLAEVA NAVRUZA**

**PREPARATION OF ACTIVATED CARBON ADSORBENTS FOR  
SORPTION SEPARATION OF PRECIOUS METALS AND  
DETERMINATION OF THEIR COLLOIDAL CHEMICAL PROPERTIES**

**02.00.11 – Colloid and membrane chemistry**

**ABSTRACT**

**of the dissertation of the doctor of philosophy (PhD) IN CHEMICAL SCIENCES**

**Namangan – 2024**

**The title of Doctor of Philosophy (PhD) dissertation has been registered by the Supreme Attestation Commission at the Ministry of Higher Education, Science and Innovations of the Republic of Uzbekistan with registration numbers B2023.4.PhD/K705.**

The dissertation work was carried out at Namangan State University.

The dissertation abstract in three languages (Uzbek, Russian, English (summary)) is available on the web page of the Scientific Council ([www.nammti.uz](http://www.nammti.uz)) and the Information and Educational Portal "ZiyoNet" ([www.ziyo.net](http://www.ziyo.net)).

**Research Supervisor:**

**Salikhanova Dilnoza**

doctor of technical sciences, professor

**Official opponents:**

**Kuldasheva Shakhnoza** doctor of chemical sciences, professor

**Ochilov Golib**

candidate of chemical sciences, professor

**Leading organization:**

**Fergana Polytechnical Institute**

The defense of the dissertation will take place on «\_\_» December 2024 at \_\_\_\_ at the meeting of Scientific council DSc.03/29.08.2023.K/T.66.02 at the Namangan Institute of engineering and technology and Research Center at the following address: 7, Kosonsoy Street, Namangan District, 160115, Namangan, Tel.: (+99 869) 228-76-75, fax: (+99 869) 228-76-71, e-mail: [niei\\_info@edu.uz](mailto:niei_info@edu.uz)

The dissertation has been registered at the Information-resource Centre of the Namangan institute of engineering and technology (registration number № 562). (Address7, Kosonsoy Street 160115, Namangan, Tel.: (+99869) 228-76-75, fax: (+99869) 228-76-71).

Abstract of the dissertation sent out on «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 year.  
(Mailing report № 4 on «\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 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.

**A.S. Boymirzaev**

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

**The aim of the research work** is to obtain modified carbon adsorbent based on walnut and almond shells and study their adsorption properties.

**The objects of the research work** serves as a carbon adsorbent obtained on the basis of plant waste (walnut and almond shells), industrial wastewater, a control sample for comparison, modifiers (KOH and NaOH).

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

conditions of carbonization and the influence of alkali on the change of porous structure and sorption properties were determined;

the influence of thermochemical treatment with alkali on the product yield and its structural and sorption parameters was determined;

it was found that the treatment of carbon adsorbent modified thermochemically with KOH in the ratio of 1:0.5, 1:1 and 1:2 increases the yield from 36.0% to 46.6%, and the specific surface area of samples obtained from almond shells is higher than that of walnut shells;

it is proved that as a result of adsorption of low-temperature nitrogen adsorption parameters, i.e. specific surface area by BET ( $S_{\text{БЭТ}}$ ), average pore volume and volume distribution of pores in both samples increased almost twice as compared to the initial samples;

it was proved that walnut carbon adsorbent and almond carbon adsorbent are able to purify metal ions from wastewater composition, as Ni and Cu ions up to maximum permissible concentration;

the technology for production of carbon adsorbents WCA and ACA was developed

Technical and economic efficiency of the technology of production of carbon adsorbents WCA and ACA is calculated.

**Implementation of research results.** on the basis of the obtained scientific results on the production of carbon adsorbent for sorptive treatment of metal ions in wastewater on the basis of plant wastes (walnut shells and almonds) :

technology of obtaining carbon adsorbent by thermochemical method on the basis of walnut shells and almonds is included in the list of promising developments to be put into practice in 2023-2024 years of “Navoi Mining and Metallurgical Combine” JSC (Reference No. 23/01-01-07/423 of “Navoi Mining and Metallurgical Combine” JSC dated August 31, 2023) As a result, it is possible to obtain carbon adsorbents on the basis of plant waste;;

method of purification of metallurgical wastewater from metal ions using carbon adsorbents OUA and MUA is included in the list of promising developments to be put into practice in 2023-2024 at JSC “Navoi Mining and Metallurgical Combine” (Reference No. 23/01-01-07/423 of JSC “Navoi Mining and Metallurgical Combine” dated August 31, 2023) As a result, it became possible to purify metallurgical wastewater from metal ions;

**Structure and scope of the thesis.** The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of used literature and appendices. The volume of the dissertation amounted to 105 pages.

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

**I бўлим (I часть; I part)**

1. 1. D.S.Salihanova, N.N.Ubaydullayeva Yong'oq po'stlog'I asosida olingan ko'mirli adsorbentlarning fizik xossalari ni o'rganish // Namangan davlat Universiteti Ilmiy axborotnoma 2022 y. -5 son. 156-1602 (02.00.00 № 6).
2. Д.С. Салиханова, Н.Н.Убайдуллаева, Р.С.Дехқанов Исследование угольного адсорбента композиции на основе местного растительного сырья для очистки сточных вод // Universum: технические науки. 2022. №7-100, –С 29-33. (02.00.00,№1).
3. N.N Ubaydullayeva D.S.Salihanova, M.Karabayeva Faollashtirilgan uglerod ishlab chiqirish uchun hom ashyo resurslari tahlili// Namangan davlat Universiteti Ilmiy Axborotnoma 2023 й 6-son 73-77 betlar (02.00.00 № 6).
4. N.N. Ubaydullayeva, D.S. Salikhanova, M.I Karabayeva. Studying the sorption properties of adsorbents obtained on the basis of plant waste.//Skopus . E3S Web of Conferences 390, 05022 (2023) (<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339005022>) AGRITECH-VIII 2023
5. М.И. Карабаева, С.Р. Мирсалимова, Д.С. Салиханова, Н.Н. Убайдуллаева Адсорбционная очистка воды адсорбентами на основе растительного сырья // Skopus Химия растительного сырья. 2023. №3. с. 47-62 (<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=58402493900>)

**II бўлим (II часть; part II)**

6. D.S. Salikhanova, Z. Usmonova S.Sobirjonova, N.N Ubaydullayeva, M.I Karabayeva // obtainment activated carbon by processing plum stones and using them in industrial wastewater purification E3S Web of Conferences 486, 01017 (2024)
7. Д.С. Салиханова, Н.Н. Убайдуллаева. Изучения влияние модификатора на адсорбционные свойства// Польша vol. 27 Impact Factor: 9.2 ISSN-L: 2544-980X *Miasto Przyszłości Kielce* 2022.
2. 8. N.N Ubaydullayeva, D.S.Salihanova Bodom va yong'oq chiqindilari asosida olingan adsorbentlarning xossalari ni o'rganish // Qo'qon davlat pedagogika unstituti 2-son. (10)-2023 В 158-160 ЎзР Олий аттестация комиссияси Раёсатининг 2021 йил 31 martdagi №01-07/1368 қарори).
7. Д.С. Салиханова,Н.Н.Убайдуллаева,З.Т.Усмонова,Махаллий ўсимлик чиқиндилари асосида углеродли адсорбентларни олиш // Ислом Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети 2-Халқаро илмий ва амалий-техник анжумани Тошкент 2022 й.22-23 апрел 135-137б
8. Д.С. Салиханова, Н.Н.Убайдуллаева, З.Т.Усмонова Yong'oq po'stlog'I asosida olingan ko'mirli adsorbentlarning g'ovakliligini o'rganish // Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti 2-Xalqaro ilmiy va amaliy-техник anjumani Toshkent 2022 y.22-23 aprel 37-39b

9. Д.С Салиханова Н.Н.Убайдуллаева, Бодом пўстлоғи асосида олинган кўмирли адсорбентларнинг адсорбция даражасини ўрганиш // Сборник материалов Республиканской научно-практической конференции. Институт общей и неорганической химии АН РУз. Ташкент 12-14 май 2022 года.

10. Д.С Салиханова Н.Н.Убайдуллаева Оқава сувларни тозалаш учун маҳаллий ўсимликлар асосидаги кўмирли адсорбент композициясини олиш // Кимё ва кимёвий таълим муаммолари, Қўқон 2022й,20 сентябр.

11. Д.С Салиханова Н.Н.Убайдуллаева, изучение свойств адсорбентов полученных из местного сырья //Кимё технология, кимё ва озик –овқат саноатидаги муаммолар ҳамда уларни бартараф этиш йуллари // Наманган 2022 йил, 227-227б.

12. N.N.Ubaydullayeva, D.S Salixanova, O'simlik chiqindilari asosida adsorbentlar olish// Эффективность использование местных минералов при восстановлении деградированных почв. //Nukus 2023,280-283bet.

13. Убайдуллаева Н.Н., Салиханова Д.С., Усмонова З.Т. Очистка сточных вод разработанными адсорбентами Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию доктора биологических наук, профессора Шалахметовой Т.М.20 апреля 2023 г.

14. N.N.Ubaydullayeva, D.S Salixanova, Yong'oq va bodom po'stlog'i asosida olingan ko'mir adsorbentlarining adsorbsiya darajasini o'rganish. Nodir va noyob metallar kimyosi va texnologiyasi:Bugungi holati, muammolari va istiqbollari "2023 yil 28-29 aprel Termiz ,293-bet.

15 N.N.Ubaydullayeva, D.S Salixanova, O'simlik chiqindilari asosida olingan dsorbentlarning sorbsion xossalarini o'rganish. // «Innovatsion texnika va texnologiyalarning qishloq xo'jaligi- oziq-ovqat tarmog'idagi muammo va istiqboolari»Toshkent 2023 yil 20-21 aprel,164-166 bet.

16. Исмоилова М.А., Салиханова Д.С., Убайдуллаева Н.Н. “Микроческий вид эмульсий” Oziq-ovqat va kimyo sanoatida innovatsion texnologiyalarni joriy qilish mavzusidagi Respublikadagi ilmiy-amaliy anjuman.Namangan 2023.yil 166-168.bet

17. Исмоилова М.А, Салиханова Д.С, Убайдуллаева Н.Н. “Получение водно-жировых эмульсий для смазки” // Таджикистан / Илмий амалий конференцияси, Таджикистан 2023 года. С353-358 bet.

18. Усмонова З.Т., Салиханова Д.С., Убайдуллаева Н.Н. Mahalliy hom ashyo chiqindisi asosida olingan uglerodli adsorbentlarni fizik-kimyoviy va adsorbsion xossalarini aniqlash. МАВОДИ конференция илмий байнал халқи “Муаммоҳои илму фан аз нигоҳи муҳаққиқон” “Ilm-fan muammolari tadqiqotchilar talqinida” mavzusidagi xalqaro ilmiy konferensiya materillar to'plami 20.05.2023 // 37-40 bet

19. Убайдуллаева Н.Н., Салиханова Д.С., Усмонова З.Т. Маҳаллий ҳом ашё чиқиндиси асосида олинган углеродли адсорбентларни физик-кимёвий ва адсорбцион хоссаларини аниқлаш. “Ilm-fan muammolari tadqiqotchilar

talqinida” mavzusidagi xalqaro ilmiy konferensiya materiallari to‘plami  
20.05.2023 // 37-40 bet;

Автореферат «Наманган муҳандислик-технология институти Илмий-техника журнали» таҳриридан ўтказилди ва ўзбек, рус, инглиз тилларидаги матнлари мослиги текширилди («\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 й.).

**Босмахона лицензияси:**



**9338**

Бичими: 84x60 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. «Times New Roman» гарнитураси.  
Рақамли босма усулда босилди.  
Шартли босма табоғи: 3. Адади 100 дона. Буюртма № 60/23.

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