

**НАМАНГАН МУҲАНДИСЛИК-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ  
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ**

**PhD.03/30.12.2019. К/Т.66.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**НАМАНГАН МУҲАНДИСЛИК-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ  
ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ФАНЛАР АКАДЕМИЯСИ  
УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ**

**ГУЛОМОВА ГУЛНОРА МУХИТДИНОВНА**

**МАҲАЛЛИЙ КЎМИР ВА НЕФТ ҚОЛДИҚЛАРИ АСОСИДА  
ОЛИНГАН УГЛЕРОДЛИ АДСОРБЕНТЛАРНИНГ КОЛЛОИД  
КИМЁВИЙ ХОССАЛАРИ**

**02.00.11 – коллоид ва мембрана кимёси**

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

**Наманган–2022**

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

**Гуломова Гулнора Мухитдиновна**

Маҳаллий кўмир ва нефт қолдиқлари асосида олинган углеродли  
адсорбентларнинг коллоид кимёвий хоссалари ..... 3

**Гуломова Гулнора Мухитдиновна**

Коллоидно-химические свойства углеродных адсорбентов полученных на  
основе местного угля и нефтяных остатков ..... 21

**Gulomova Gulnora Mukhitdinovna**

Colloidal-chemical properties of carbon adsorbents obtained on the basis of local  
coal and oil residues ..... 40

**Эълон қилинган илмий ишлар рўйхати**

**Список опубликованных работ**

**List of published works.....44**

**НАМАНГАН МУХАНДИСЛИК-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ  
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ**

**PhD.03/30.12.2019. К/Т.66.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**НАМАНГАН МУХАНДИСЛИК-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ  
ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ФАНЛАР АКАДЕМИЯСИ  
УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ**

**ГУЛОМОВА ГУЛНОРА МУХИТДИНОВНА**

**МАҲАЛЛИЙ КЎМИР ВА НЕФТ ҚОЛДИҚЛАРИ АСОСИДА  
ОЛИНГАН УГЛЕРОДЛИ АДСОРБЕНТЛАРНИНГ КОЛЛОИД  
КИМЁВИЙ ХОССАЛАРИ**

**02.00.11 – коллоид ва мембрана кимёси**

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

**Наманган–2022**

**Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида B2022.1.PhD/K467 рақам билан рўйхатга олинган.**

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

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

**Илмий раҳбар:**

**Абдурахмонов Элдор Баратович**  
кимё фанлари доктори, катта илмий ходим

**Расмий оппонентлар:**

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

**Хандамов Даврон Абдуқодирович**  
кимё фанлари доктори, доцент

**Етакчи ташкилот:**

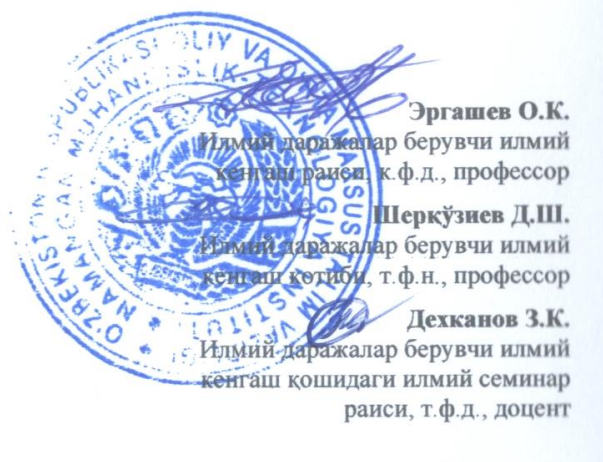
**Фарғона политехника институти**

Диссертация ҳимояси Наманган муҳандислик-технология институти ҳузуридаги илмий даражалар берувчи PhD.03/30.12.2019.K/T.66.02 рақамли илмий кенгашнинг 2022 йил «30» июнь соат 14<sup>00</sup> да ўтадиган мажлисида бўлади (Манзил: 160115, Наманган ш., Косонсой кўчаси 7. Тел.: (+99869) 228-76-75, факс: (+99869) 228-76-71, e-mail: [nei\\_info@edu.uz](mailto:nei_info@edu.uz)).

Диссертация билан Наманган муҳандислик-технология институти Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (460-рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 160115, Наманган ш., Косонсой кўчаси 7. Тел.: (+99869) 228-76-75, факс: (+99869) 228-76-71.

Диссертация автореферати 2022 йил «17» июнь куни тарқатилди.

(2020 йил «17» июньдаги № 6  
рақамли реестр баённомаси)



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

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Ҳозирги вақтда дунёда фаоллантирилган углеродли адсорбентлар саноат оқова сувларини турли хилдаги органик бирикмалардан тозалашда, оғир металл ионларидан ва ҳаёт учун хавфли радиоактив металлларни сорбциялашда кенг қўлланилишига эътибор қаратилмоқда. Бугунги кунда гидрофоб хусусиятга эга углеродли адсорбентлар асосан кўнғир, тош кўмирлар, кокс ва турли хил ўсимликларнинг поя ва пўстлоғлари асосида модификацияланиб олинмоқда. Кўмир ва нефть кокс асосида олинадиган фаоллантирилган углеродли адсорбентлар нефтни қайта ишлашда чиқадиган оқова сувлар таркибидаги органик, ароматик бирикмалардан тозалашда ва оғир металл ионларини ажратиш олишда муҳим аҳамиятга эга.

Ҳозирги кунда дунёда конлардаги маҳаллий кўмир ва нефть қолдиқ маҳсулотларидан фойдаланиб, фаоллантирилган углеродли адсорбентлар олиш бўйича бўйича илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Бу борада, саноат чиқиндилари таркибини ўрганиш; улар асосида углеродли адсорбентлари олишнинг мақбул шароитларини аниқлаш; олинган углеродли адсорбентларга органик моддаларни юттириб, уларнинг микро-, мезо- ва макроғовакларининг сони ва жойлашиши, адсорбентларда содир бўладиган сорбцион жараёнларнинг тўлиқ молекуляр механизмларини аниқлаш; олинган углеродли адсорбентлар ёрдамида саноат оқова сувларини тозалаш технологиясини яратишга алоҳида эътибор берилмоқда.

Республикамызда маҳаллий кўмир асосида гидрофоб хусусиятга эга бўлган углеродли сорбентлар олиш, уларни саноатда чиқадиган оқова сувлар таркибидаги қўшимчалардан тозалашда қўллаш борасида илмий ва амалий жиҳатдан ижобий натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантиришга қаратилган 2017-2021 йиллар Ҳаракатлар стратегиясининг учинчи йўналишида "...саноатни юқори технологияли қайта ишлаш тармоқларини, энг аввало, маҳаллий хом-ашё ресурсларини чуқур қайта ишлаш асосида юқори қўшимча қийматли тайёр маҳсулот ишлаб чиқариш"<sup>1</sup> вазифалари белгиланган. Бу борада, жумладан юқори самарали адсорбцион хусусиятга эга углеродли адсорбентларини олиш ва уларни саноат корхоналарида чиқадиган оқова сувларни қўшимчалардан тозалашда қўллаш бугунги кунда муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2020 йил 21 августдаги ПҚ-4805-сон "Кимё ва биология йўналишларида узлуксиз таълим сифатини ва илм-фан натижадорлигини ошириш чора-тадбирлари тўғрисида"ги, 2019 йил 3 июньдаги ПҚ-4265-сон "Кимё саноатини янада ислоҳ қилиш ва унинг инвестициявий жозибадорлигини ошириш чора-тадбирлари тўғрисида"ги қарорлари, 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон "2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг бешта устувор

---

<sup>1</sup>Ўзбекистон Республикаси Президентининг ПҚ-4947 «2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг бешта устувор йўналишлари бўйича Ҳаракатлар стратегияси» тўғрисидаги қарори

йўналишлари бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги Фармони ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг Республика фан ва технологиялари ривожланиши устувор йўналишларига боғлиқлиги.** Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг VII “Кимё технологиялари ва нанотехнологиялар” устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Илмий адабиётларда олинган маълумотлар бўйича олиб борилаётган кўпчилик илмий тадқиқот ишларида углерод таркибли хом-ашёлардан, ўсимликлар, кўнгир кўмир, тошкўмир, резина ва платмасса қолдиқларидан фаоллантирилган углеродли адсорбентлар олиш усуллари келтирилган. Углеродли адсорбентлар олиш ва зарур объектларда қўллаш бўйича хорижий олимлардан М.М.Дубинин, В.В.Запилкина, Ю.А. Саврасова, W.Zhao, H.Wang, A.Govindaraj, B.M.Мухин, М.А. Тагиров, Н.С. Голубева ва бошқа олимлар ўз ҳиссаларини қўшишган.

Республикаимиз олимларидан ЎзР ФА Умумий ва ноорганик кимё институтида К.С. Ахмедов, Э.А. Арипов, С.С. Хамраев, С.Н. Аминов, А.А. Агзамходжаев, У.К. Ахмедов, Г.У. Рахматқариев, В.П. Гуро, С.З. Муминов, Б.Н. Хамидов, С.А. Абдурахимов, Ф.М. Юсупов, И.Д. Эшметов, Д.С. Салиханова, Д.Ж. Жумаева ва бошқа кўпгина олимлар углеродли адсорбентни олиш ва унинг ривожланиши учун салмоқли ҳиссаларини қўшмоқдалар.

Шуни таъкидлаш керакки, ҳозирги пайтгача маҳаллий кўмир, нефт кокси ва углеродли хом-ашёлардан адсорбент олиш ва уни нефтни қайта ишлаш саноати оқова сувларини тозалаш борасидаги тадқиқотлар етарлича олиб борилмаган. Мазкур диссертация ишида маҳаллий углеродли хомашёлар асосида экологик хавфсиз ва ғовакли углеродли адсорбентини олиш, сорбциясини хусусиятларини ўрганиш ва амалиётда қўллаш муаммолари ечилганлиги, натижаларнинг назарий ва амалий нуқтаи назардан аҳамиятга моликдир.

**Тадқиқотнинг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Умумий ва ноорганик кимё институтининг илмий-тадқиқот ишлари режасининг ФА-Ф-7-010 рақамли “Наноструктурали фожазит типдаги цеолитлар панжараси юзасида ион-молекуляр кластерларни энергетикаси, тузилиши ва жойлашиши” (2017-2020 й.й.) мавзусидаги фундаментал лойиҳа доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** маҳаллий кўмир (Ангрен БПК), нефт кокси ва асфальтен асосида углеродли адсорбентлар олиш усуллари ишлаб чиқиш ҳамда бензол ва толуол молекулалари адсорбция изотермалари, дифференциал иссиқликлари, энтропиялари ва термокинетик хусусиятларини аниқлашдан иборат.

### **Тадқиқотнинг вазифалари:**

Углеродли адсорбентларини олиш учун маҳаллий кўмир, нефт кокси намуналарининг кимёвий таркиби, коллоид-кимёвий ва сорбцион хоссалари таҳлилини ўрганиш;

саноат оқова сувларни тозалашда зарур бўлган углеродли адсорбент олиш учун маҳаллий кўмир ва углеродли хом-ашёларни танлаш;

саноат оқова сувларини тозалаш учун маҳаллий кўмир асосида нефт кокси ва асфальтендан фойдаланиб углеродли адсорбент олиш;

олинган углеродли адсорбентга бензол ва толуол адсорбциясини юқори вакуумли адсорбцион қурилмада тажриба ишларини олиб бориш ва тўлиқ адсорбцион жараёнларни таҳлил қилиш;

маҳаллий кўмир, нефт кокси ва асфальтендан углеродли адсорбентини олиш методикасини ишлаб чиқиш;

адсорбция изотермаларини микроғовакларнинг ҳажмий тўйиниш назарияси (МХТН) тенгламалари орқали тавсифлаш ва сорбцион ғовакликларини аниқлаш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида маҳаллий кўмири (Ангрен БПК), нефт кокси ва асфальтен асосида олинган фаоллантирилган углеродли адсорбентлар, бензол ва толуол ташкил этади.

**Тадқиқотнинг предмети** маҳаллий кўмир, нефт кокси ва асфальтендан импорт ўрнини босувчи углеродли адсорбентларни олиш усуллари, уларнинг коллоид-кимёвий хоссалари, нефт саноат оқова сувларини тозалаш, ҳамда адсорбцион жараёнларидаги қонуниятларни ўрганишдан иборат.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Диссертация ишини бажаришда тадқиқотларнинг физик ва коллоид-кимёвий (сканерли электрон микроскоп, адсорбцион колориметрик, аналитик ва бошқа) каби тадқиқот ва таҳлил усуллари қўлланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

маҳаллий кўмир (50%), нефт кокси (30%) ва асфальтен (20%) 5:3:2 нисбатдаги аралашмаларини 400<sup>0</sup>С, 600<sup>0</sup>С, 800<sup>0</sup>С ҳароратларда қиздирилиб углеродли адсорбент намуналари олинган ва уларнинг коллоид-кимёвий хусусиятлари аниқланган;

маҳаллий кўмир, нефт кокси ва асфальтен аралашмаларининг ҳароратга боғлиқ ҳолда масса йўқотилиши ва сирт юзаларининг ўзгариш асосида, углеродли адсорбент олишнинг оптимал шароити аниқланган;

фаоллантирилган углеродли адсорбентга бензол ва толуол буғи адсорбцияси изотермалари микроғовакларнинг ҳажмий тўйиниш назарияси (МХТН) математик тенгламалари асосида тавсифланган, бунга кўра логарфимик босим қийматларига асосланиб микро ва мезоғовакларига адсорбцияланиши аниқланган;

олинган фаоллантирилган углеродли адсорбентга жами 4,5 ммоль/г бензол, 3,5 ммоль/г толуол молекулалари ҳамда шундан 3,8 ммоль/г бензол ва 3,3 ммоль/г толуол молекулалари микроғовакларга адсорбцияланиши исботланган;

маҳаллий кўмир, нефт кокси ва асфальтен асосида юқори сорбцион ҳажмга эга фаолантирилган углеродли адсорбентлар олиш усули ишлаб чиқилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижаси** қуйидагилардан иборат:

Ангрен кўнғир кўмири, нефт кокси ва асфальтен асосида углеродли адсорбентни олиш имкониятлари асосланган;

Ангрен кўнғир кўмири, нефт кокси ва асфальтен асосида адсорбент олиш методикаси ишлаб чиқилган;

олинган углеродли адсорбентни “Чиноз НҚИЗ” МЧЖдаги оқова сувларни тозалашда тажриба сифатида синовдан ўтказилди, турли хилдаги ароматик углеводород аралашмаларидан ва металл ионларидан самарали тозалаш имконияти яратилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги.** Кимёвий (элемент) ва физик-кимёвий (колориметрик, сканерли электрон микроскоп) таҳлил натижалари саноат қурилмаларида тажриба синовидан ўтганлиги билан тасдиқланади.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.**

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти шундаки, маҳаллий нефт маҳсулотлари қолдиқларидан оқова сувларни тозалаш учун маҳаллий кўмир, нефт кокси, асфальтен асосида адсорбентлар олиш имконини беради. Олинган углеродли адсорбент бошқа соҳаларда ҳам органик ва ароматик бирикмалардан тозалашда ишлатилиши учун асос бўлади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти маҳаллий кўмир, нефт кокси ва асфальт асосида фаоллаштирилган углеродли адсорбентлар олиш ва олинган углеродли адсорбентни турли хил саноат корхона оқова сувларини органик ва ароматик бирикмалардан тозалашда, шунингдек, тадқиқот натижаларига асосланган ҳолда ОТМ бакалавриат ва магистратура талабаларига коллоид кимё фанидан ўтиладиган адсорбцион қонуниятларга оид билимларини мустаҳкамлашга хизмат қилади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Маҳаллий кўмир, нефтнинг қолдиқ маҳсулотлари кокс ва асфальтдан кўмир адсорбентини олиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

олинган фаолантирилган углеродли адсорбент нефтни қайта ишлашда чиқадиган саноат оқова сувлар таркибидаги ароматик углеводородлардан бензол, толуол молекулаларини тозалаш усуллари “Чиноз НҚИЗ” МЧЖнинг “2022-2024 йилларда истиқболли амалиётга жорий этиладиган ишланмалар рўйхати”га киритилган (“Ўзбекнефтегаз” АЖ нинг 2021 йил 6 октябридаги 28-1-01/768-сон маълумотномаси). Натижада нефтни қайта ишлашда чиқадиган саноат оқова сувларни ароматик бирикмалар, уларнинг гомологлари ва бошқа моддалардан тозалаш даражасини 5-6 баробарга ошириш имконини берган.

олинган фаоллантрилган углеродли адсорбент нефтни қайта ишлашда чиқадиган саноат оқова сувлар таркибидаги оғир металл ( $\text{Ag}^+$  (нодир металл),  $\text{Cu}^{2+}$  (рангли металл),  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ) ионларидан тозалаш усуллари “Чиноз



НҚИЗ” МЧЖнинг “2022-2024 йилларда истиқболли амалиётга жорий этиладиган ишланмалар рўйхати”га киритилган (“Ўзбекнефтегаз” АЖ нинг 2021 йил 6 октябридаги 28-1-01/768-сон маълумотномаси). Натижада, “Чиноз НҚИЗ” МЧЖ идан чиқадиган саноат оқова сувлар таркибидаги металл ионларидан тозалаш ва қайта ишланган сувнинг тозалик даражаси ГН2.1.5.689-98 меъёрига мос келишини аниқлаш имконини берган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Тадқиқот натижалари, жумладан, 4 та халқаро ва 5 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Диссертация мавзуси бўйича жами 14 та илмий иш нашр этилган, шундан Ўзбекистон Республикаси Олий Аттестация Комиссиясининг илмий ишлар учун натижаларини чоп этишга тавсия этилган илмий нашрларда 5 та мақола, жумладан, 3 таси республика ва 2 таси хорижий журналларда нашр этилган.

**Диссертациянинг ҳажми ва тузилиши.** Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхатидан ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 106 бетни ташкил этди.

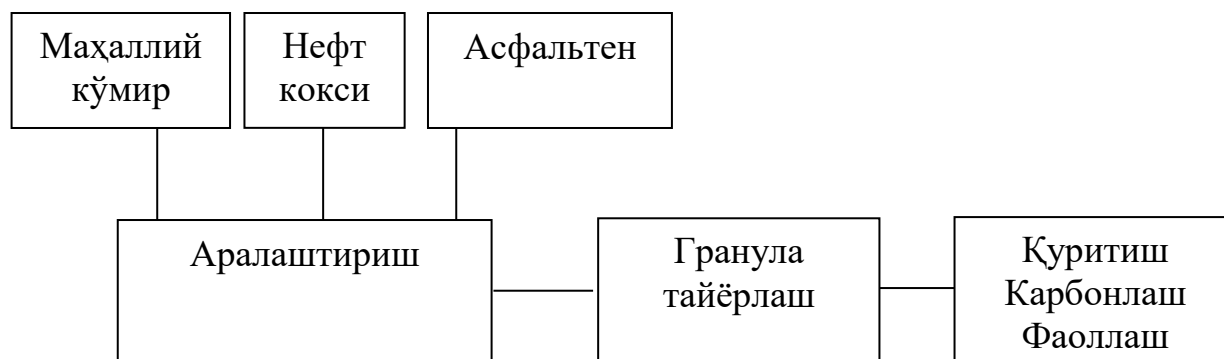
## **ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ ҚИСМИ**

**Кириш** қисмида олиб борилган тадқиқот ишларининг долзарблиги ва зарурияти, мақсад ва вазифалари, ўрганилганлик даражаси, тадқиқот усуллари, объекти ва предмети, Ўзбекистон Республикаси фан ва технологияларни ривожлантириш йўналишига мувофиқлиги, тадқиқотнинг илмий янгилиги, натижаларнинг назарий ва амалий аҳамияти очиқ берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий этиш рўйхати келтирилган, чоп этилган ишлар ва диссертациянинг ҳажми, тузилиши бўйича маълумотлар берилган.

Диссертациянинг **“Фаоллаштирилган углерод адсорбентларнинг таркиби ва тузилишининг замонавий таҳлили (адабиётлар шарҳи)”** деб номланган биринчи бобида, углеродли адсорбентлар ҳақида умумий тушунча, сорбцион ғовақларининг ҳосил бўлиши, адсорбент олиш учун углеродли хомашёлар, суюқ ва газ муҳитдаги органик бирикмаларнинг адсорбцияси бўйича тадқиқот ишлари бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **“Илмий ишнинг объекти ва маҳаллий кўмир ва нефт қолдиқларидан олинган углеродли адсорбентнинг физик-кимёвий усуллар таснифи”** деб номланган иккинчи бобида, углеродли адсорбент олиш учун зарур объектлар, олиниш усуллари, электрон микроскоп, Мак-Бен ва юқори вакуумли адсорбцион қурилмада ишлаш ва олинган натижаларни назарий ҳисоблашларда фойдаланиладиган формулалар берилган. Бундан ташқари лаборатория усулида бензол, толуол молекулаларидан тозалаш ва атом абсорбцион спектрофотометрия аппаратида металл ионларининг ( $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$  ва  $\text{Al}^{3+}$ ) олинган углеродли адсорбентга сорбция усуллари бўйича маълумотлар келтирилган.

Замонавий адабиётлар таҳлили асосида тадқиқот объекти сифатида келтирилган маҳаллий кўмир, нефт қолдиқлари ва асфальтен аралашмаларидан фойдаланилган ҳолда фаоллантирилган углеродли адсорбентнинг олиниш схемаси тузиб олинди (1-расм).



**1-расм. Фаоллантирилган углеродли адсорбент олиш схемаси**

Диссертациянинг “Углеродли адсорбентларни олишнинг оптимал шароитлари, физик кимёвий таҳлиллари ва иқтисодий кўрсаткичларини аниқлаш” деб номланган учинчи бобида углеродли адсорбентларни олиниши, физик кимёвий таҳлили, фаолланишнинг оптимал шароитлари, тажриба натижаларининг сканерли электрон микроскоп таҳлили ва иқтисодий самарадорлиги келтирилган.

Тадқиқот ишимизда ангрен кўнғир кўмирининг БПК маркаси, нефт кокси ва асфальтенни керакли нисбатларда аралаштириб, углеродли хомашё таёрланиб олинди (1-жадвалда келтирилган).

#### **1--жадвал**

Фаолантирилган углеродли адсорбенти тайёрлаш учун қуйидаги компонентлардан танланди:

Компонентларнинг номланиши	Ҳоиз (%)
Маҳаллий кўмир (Ангрен БПК)	50
ФНҚИЗ да чиқадиган нефт кокси (жами)	30
ФНҚИЗ да чиқадиган асфальтен (қовушқоқлиги 100°C -2.95)	20

Ушбу тажрибага тайёргарлик жараёни қуйидаги босқичлардан иборат бўлади:

- маҳаллий кўмир ва нефт коксини қуқун ҳолатига келтириш;
- маҳаллий кўмир, нефт кокси ва асфальтен билан аралаштириб гранулалар ҳосил қилиш;
- аралашмани 350°C гача қиздириб, таркибдаги учувчан углеводородларни чиқариб юбориш;
- карбонлаш ва активлаш (буғ билан 800°C ҳароратда).

Юқоридаги ҳолатлардан келиб чиқиб углеродли адсорбентларни маҳаллий хом-ашёлар, жумладан, маҳаллий кўмир, нефт кокси ва асфальтен асосида тайёрлашга алоҳида аҳамият берилди. Аралашмаларни 400, 600 ва 800°C ларда термик усулда фаоллантирилиб углеродли адсорбентлар

тайёрлаб олинди. Олинган углеродли адсорбентларни шартли равишда маҳаллий кўмир, нефт кокси ва асфальтендан олинган углеродли адсорбент (МКНКАОУА) ва сув буғи ёраида маҳаллий кўмир, нефт кокси, асфальтен асосида олинган фаоллантирилган углеродли адсорбент (СБЁМКНКАОФУА) деб шартли номланди.

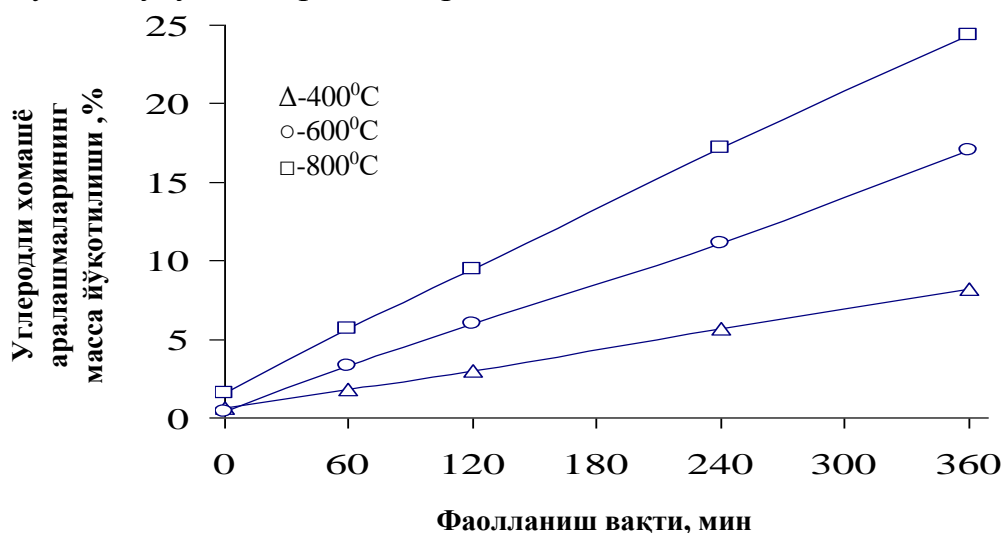
Олинган углеродли адсорбентларнинг физик-кимёвий хоссалари 2-жадвалда келтирилган.

**2-жадвал**

**Олинган углеродли адсорбентларнинг физикавий хоссалари**

Адсорбент намуналари	Фаоллантириш ҳарорати, °C	Техник таҳлил		
		Намлик миқдори, %, ( $W^A$ )	Кул миқдори, %, ( $A^C$ )	Адсорбентларнинг ҳосил бўлиш унуми, (%)
Маҳаллий кўмир, нефт кокси ва асфальтендан олинган фаоллантирилган углеродли адсорбент	400	2,3	9,1	32,5
	600	2,1	8,9	29,5
	800	1,9	6,9	26,9
	800 (сув буғи)	1,7	5,8	24,2

Углеродли адсорбентларнинг адсорбция жараёни энг муҳим кўрсаткичларидан бири ҳисобланиб, уларнинг адсорбатларни мустаҳкам ютиши муҳим хусусиятларидан бири ҳисобланади.



**2-расм. Углерод хомашёлар аралашмасининг масса йўқотилишини фаолланиш вақтига боғлиқлиги (белгилардаги фаолланиш вақти рақамлари, фаолланиш ҳароратига мос келади)**

3-жадвалдан кўриниб турибдики, бир вақтнинг ўзида фаоллантириш ҳароратининг ошиши билан углеродли хомашёлар массасининг камайишига олиб келади, шу билан бирга уларда йодга нисбатан сорбцион фаоллиги ҳам ошиб боради. Масалан, ҳарорат 400<sup>0</sup>С дан 800<sup>0</sup>С гача ўзгарганда углеродли хомашёнинг масса йўқолиши 0,24 дан 0,12 гача камаяди, йод сони эса мос равишда 27,8 дан 64% гача ортади.

**3-жадвал**

**Углеродли хомашёлар аралашмасининг турли ҳароратда фаоллантириш натижалари**

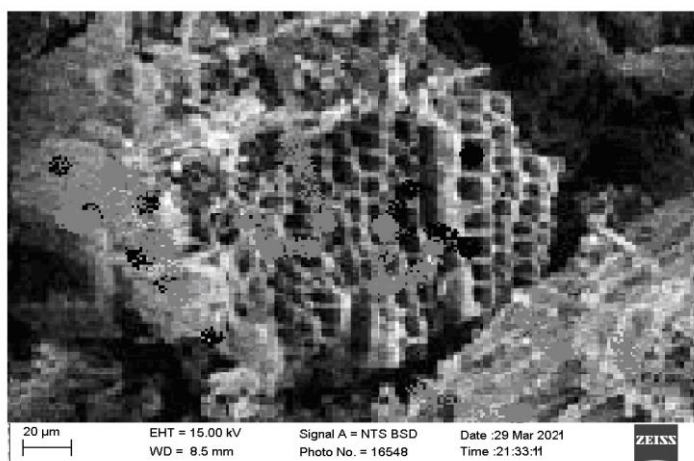
Фаоллланиш вақти, мин	Масса йўқотилиши (г), ҳарорат <sup>0</sup> С			Йод бўйича фаоллиги %, ҳарорат <sup>0</sup> С		
	400	600	800	400	600	800
0	0,0116	0,0214	0,0033	4,5	2,3	0,7
60	0,0328	0,0755	0,1076	9,8	15	22,2
120	0,0513	0,1028	0,1734	13	19	46,6
240	0,0901	0,1497	0,2133	20,3	34,2	57,6
360	0,128	0,16	0,2463	27,8	40	64

Маҳаллий кўмир, нефт кокси ва асфальтен асосида олинган углеродли адсорбентларнинг сканерли электрон микроскопда олинган элементар таркиби 4-жадвалда келтирилган:

**4-жадвал**

**Маҳаллий кўмир, нефт кокси ва асфальтен асосида олинган углеродли адсорбент намуналарнинг элементар таркиби**

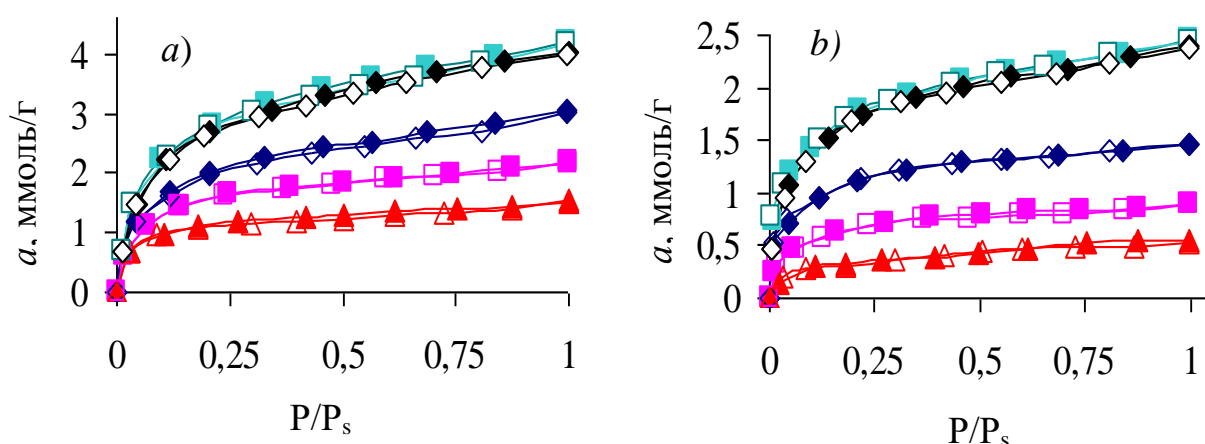
Намуна	Элементлар таркиби, %					
	C	O	Al	Si	Ca	S
СБЁФМКНКАОУА-800	94,0	6,0	-	0,2	0,51	0,01



**2-расм. Фаоллантирилган углеродли адсорбентнинг сканерли электрон микроскопда туширилган сурати**

Тадқиқот натижасида олинган углеродли адсорбентнинг сканерли электрон микроскопдаги тасвирдан ғоваклар ва ёриқларни кузатиш мумкин (2-расм).

Диссертациянинг “**Маҳаллий кўмир, нефт кокси ва асфальтен асосида олинган углеродли адсорбентларга бензол ва толуол адсорбция қонуниятлари**” деб номланган тўртинчи бобида Мак-Бен вакуумли қурилмасида олинган натижалар асосида углеродли адсорбентларнинг бензол ва толуол молекулалари адсорбция изотермалари қийматлари ёрдамида солиштирма юзаси, тўйиниш адсорбцияси, микро ва мезоғоваклари ҳисоблаб топилди.



3-расм. Олинган углеродли адсорбентларга (a) бензол ва (b) толуол молекулалари адсорбция (рангли белгилар) ва десорбция (рангсиз белгилар) изотермалари

▲ -400<sup>0</sup>С да олинган углеродли адсорбент; ■ -600<sup>0</sup>С да олинган углеродли адсорбент; ◆ -800<sup>0</sup>С да олинган углеродли адсорбент; ■ -800<sup>0</sup>С сув буғида фаоллантирилган углеродли адсорбент; ■ -АГ-3 маркали импорт фоллантирилган кўмир

Адсорбентларда бензол буғи адсорбциясини ўлчашдан аввал ҳар бир адсорбция системада қолдиқ босим  $1,33 \cdot 10^{-3}$  Па бўлгунча вакуумланиб, 573 К да 8 соат давомида қиздирилди, сўнгра адсорбция изотермалари тузилди.

Ўрганилган системалардаги адсорбция изотермаларидан МКНКАОУА-400 га нисбатан МКНКАОУА-600 да 1.42, МКНКАОУА-800 да 1.98, СБЁФМКНКАОУА-800 да 2.7 марта юқори бўлиши олинган натижалар билан исботланди (3(a)-расм). Ўрганилган намуналардаги адсорбция изотермаларидан СБЁФМКНКАОУА-800 да бензол адсорбцияси бошқа адсорбентларга нисбатан юқори бўлиши тажриба натижалари билан исботланган. СБЁФМКНКАОУА-800 га бензол адсорбцияси миқдори нисбий босим ноль қийматидан  $P/P_s \approx 0,25$  гача кескин кўтарилиши ва  $P/P_s \approx 0,8-1$  оралиғида тўйиниш ҳолатига яқинлашиб бориши тажриба графигидан ҳам кузатиш мумкин.

МКНКАОУА-400 олинган углеродли адсорбентга бензол молекуласининг адсорбцияси 1,54 моль/кг га тенг бўлса, толуолнинг

адсорбция миқдори 0,36 моль/кг, МКНКАОУА-600 да ҳам бензол бўйича 2,14 моль/кг га, толуол бўйича 0,89 моль/кг, МКНКАОУА-800 га бензол молекуласининг ютилиш миқдори 3,0 моль/кг га тенг бўлса, толуол молекуласининг ютилиш миқдори 1,46 моль/кг, СБЁМКНКАОУА-800 адсорбентига бензол молекуласининг адсорбцияси миқдори 4,17 моль/кг га тенг бўлса, толуол молекуласининг адсорбцияси миқдори 2,5 моль/кг га тенг бўлиши адсорбция қийматлари ва графиги ҳам исботлайди (3(а, б)-расм).

Олинган углеродли адсорбент намуналарига бензол буғи адсорбциясининг МКНКАОУА-400 га нисбатан СБЁМКНКАОУА-800 да солиштирма юза (S) энг юқори, яъни 4.3 марта катта бўлиши аниқланди (6-жадвал).

#### 6-жадвал

**Маҳаллий кўмир, нефт кокси ва асфальтен асосида турли шароитларда фаоллантириб олинган углеродли адсорбентларда бензол буғи адсорбцияси бўйича структура-сорбцион кўрсаткичлари**

№	Адсорбентлар	Моно- қават сигими, $\alpha_m$ , моль/кг	Солиш- тирма юзаси, $S \text{ м}^2/\text{г}$	Тўйиниш адсорбцияси, $\alpha_s$ , моль/кг	Ғоваклар- нинг ўртача радиуси $r_{\text{ўр}}$ , Å
1	МКНКАОУА -400	0.33	101.4	1.5	29,7
2	МКНКАОУА -600	0.76	204.7	2.2	24,3
3	МКНКАОУА -800	1.00	310.2	3.06	17,3
4	СБЁМКНКАОУА -800	1.43	489.1	4.3	14,2
5	АГ-3	1.41	485,4	4.01	13,5

Тадқиқот иши давомида олинган углеродли адсорбентларда бензол адсорбцияси изотермалари асосида турли нисбий босимда ( $P/P_s$ ) аниқланган адсорбция ҳажмлари 0,5 да микроғоваклар ҳажми  $W_0$ , мезоғоваклар  $W_{me}=V_s-W_0$  ва тўйиниш адсорбция ҳажмлари  $V_s$  қуйидаги 7-жадвал келтирилган.

#### 7-жадвал

**Маҳаллий кўмир, нефт кокси ва асфальтен асосида турли шароитларда фаоллантирилган адсорбентларда бензол буғи адсорбцияга кўра ғоваклари ҳажми**

№	Адсорбентлар	Микроғоваклар ҳажми $W_0 \cdot 10^3$ , м <sup>3</sup> /кг	Мезоғоваклар ҳажми $W_{me} \cdot 10^3$ , м <sup>3</sup> /кг	Тўйиниш ҳажми $V_s \cdot 10^3$ , м <sup>3</sup> /кг
1	МКНКАОУА -400	0.06	0.025	0.085
2	МКНКАОУА -600	0.11	0.005	0.115
3	МКНКАОУА -800	0.14	0.014	0.164
4	СБЁМКНКАОУА -800	0.18	0.02	0.2
5	АГ-3	0.175	0.02	0,195

Сув буғи ёрдамида маҳаллий кўмир, нефт кокси ва асфальтен асосида олинган фаоллантирилган углеродли адсорбентларида ҳам бензол молекулалари каби толуол молекулаларига нисбатан адсорбция миқдори юқорилиги аниқланди.

Углеродли адсорбентларда толуол буғлари адсорбцияси изотермалари қийматларига асосланиб адсорбентларнинг энг муҳим сорбцион кўрсаткичлари ҳисобланган моноқават сифими  $\alpha_m$ , тўйиниш ҳажми  $V_s$  (ёки адсорбцияси  $\alpha_s$ ) ва уларнинг солиштирама сирт юзалари  $S$  ҳисоблаб топилди (8-жадвал).

#### 8-жадвал

**Термик ва сув буғи билан фаоллантирилган маҳаллий кўмир, нефт кокси ва асфальтендан олинган углеродли адсорбентларга толуол буғлари адсорбцияси бўйича структура - сорбцион кўрсаткичлари**

№	Адсорбентлар	Моно- қават сифими, $\alpha_m$ , моль/кг	Солиш- тирама юзаси, $S$ м <sup>2</sup> /г	Тўйиниш адсорб- цияси, $\alpha_s$ , моль/кг	Ғоваклар нинг ўртача радиуси $r_{\text{ўр}}$ , Å
1	МКНКАОУА -400	0,23	100.4	0,36	27,8
2	МКНКАОУА -600	0,50	204.7	0,89	23,4
3	МКНКАОУА -800	0,88	308.2	1,46	19,7
4	СБЁМКНКАОФУА -800	1,14	420.4	2,5	14,1
5	АГ-3	1,13	423,4	2,45	13,2

Тажриба натижаларига асосланиб микроғоваклар ҳажмий тўйиниш назарияси тенгламасининг толуол адсорбция изотермалари қийматлари бўйича турли нисбий босимларда ( $P/P_s$ ) аниқланган адсорбция ҳажмлари микроғоваклар ( $W_0$ ), мезоғоваклар  $W_{\text{ме}} = V_s - W_0$  ва тўйиниш адсорбция ҳажм ( $V_s$ ) лари ва ғовакларнинг ўртача радиуси қийматлари 9-жадвалда келтирилган.

#### 9-жадвал

**Маҳаллий кўмир, нефт кокси ва асфальтендан олинган кўмирларнинг толуол буғлари адсорбцияси бўйича адсорбцияси бўйича ғоваклар ҳажмлари кўрсаткичлари**

№	Адсорбентлар	Микроғоваклар ҳажми $W_0 \cdot 10^3$ , м <sup>3</sup> /кг	Мезоғоваклар ҳажми $W_{\text{ме}} \cdot 10^3$ , м <sup>3</sup> /кг	Тўйиниш ҳажми $V_s \cdot 10^3$ , м <sup>3</sup> /кг
1	МКНКАОУА-400	0,078	0,024	0,102
2	МКНКАОУА-600	0,128	0,038	0,166
3	МКНКАОУА-800	0,196	0,038	0,234
4	СБЁФ МКНКАОУА-800	0,35	0,042	0,392
5	АГ-3	0,345	0,0415	0,3865

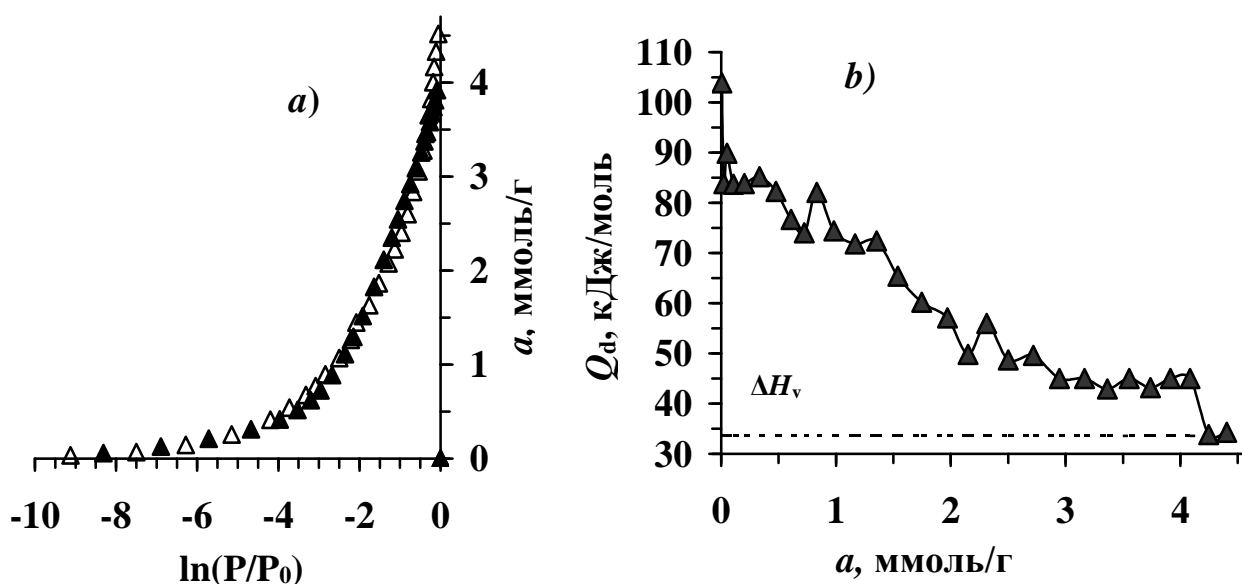
Юқори вакуумли адсорбцион қурилмада СБЁФМКНКАОУА-800 намунасига бензол ва толуол молекулаларининг адсорбцияси дифференциал иссиқлиги, изотермаси, энтропияси ва термодинамикаси таҳлили батафсил баён қилинган.

3(а)-расмда 303 К ҳароратда СБЁМКНКАОФУА бензол адсорбцияси изотермаси келтирилган. Адсорбция изотермаси дастлаб  $\ln(P/P_0)=-11$  ни адсорбентнинг ички микроғовакларида адсорбцияланаётлигини билдиради.

СБЁФМКНКАОУА-800 намунасига бензол молекулалари адсорбция изотермаси уч ҳадли микроғовакларнинг ҳажмий тўйиниш назарияси тенгламаси ёрдамида (МХТН) тавсифланди.

$$a=0,64\exp[-(A/13,64)^2]+2,48\exp[-(A/4,93)^2]+0,99\exp[-(A/0,97)^{-1}],$$

$a$ -микроғовакларда адсорбция миқдори  $C_6H_6$ ,  $A=RT\ln(P^0/P)$ -эркин энергия иши (кЖ/моль).

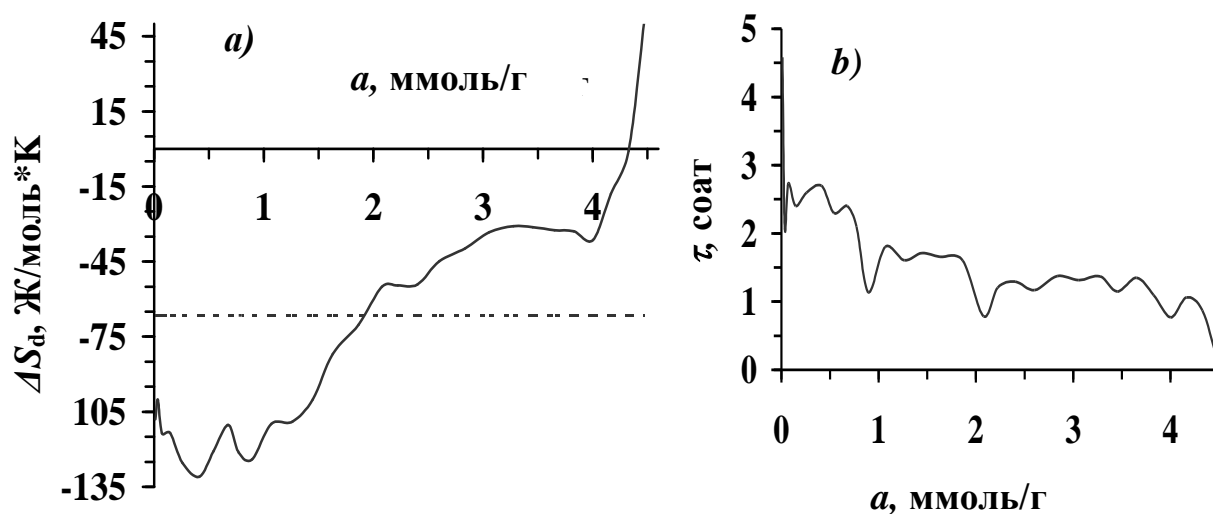


4-расм. а) 303 К ҳароратда СБЁТКНКАОФУАга бензол буғлари адсорбциясининг изотермаси  $\Delta$ -экспертмент қиймат;  $\blacktriangle$ -МХТН тенгламаси орқали ҳисобланган нукталар. б) 303 К ҳароратда СБЁФТКНКАОУАга бензол буғлари адсорбциясининг дифференциал иссиқлиги. Горизонтал штрих чизик 303 К да бензол буғининг конденсатланиш иссиқлиги

303 К ҳароратда тадқиқот иши учун олинган СБЁМКНКАОФУА га бензол буғлари адсорбцияси дифференциал иссиқлиги 3(б)-расмда келтирилган. Дастлаб бензолнинг адсорбция иссиқлиги бошланғич тўйинишларида  $a=0,055$  ммоль/г бўлганда 105,05 кЖ/мольга тенг бўлиб, кейинги бензол молекулалари адсорбцияси иссиқлик қиймати кўрсаткичлари биров пастлашиши кузатилади.  $a=0,52$  ммоль/г да  $Q_d=85,16$  кЖ/мольни ташкил этади. Кичик тўйинишларда бензол молекулалари адсорбцияси иссиқлиги юқори бўлишининг асосий сабабларидан бири микроғовакларга адсорбцияси билан изоҳланади. Кўмир намунаси микроғовакларидаги жойлашган металл катионлари  $(Me^{n+}C_6H_6)_n$  типдаги  $\pi$ -комплекслар ҳосил



қилади. Кейинчалик адсорбция дифференциал иссиқлик қиймати, яъни  $a=1,0$  ммоль/г бўлганда битта максимал иссиқликни намоиш этади ва  $Q_d=87,66$  кЖ/мольгача кўтарилиши кузатилди. Адсорбциянинг кейинги босқичларида дифференциал иссиқлик пасайиб боради.  $a=4,2$  ммоль/г дан кейин адсорбция иссиқлиги иссиқлик конденсация қийматига тенглашади. Адсорбция дифференциал иссиқлик қийматларининг бундай камайиши кўмирнинг микро-, ва мезоғовакларига ютилади ва бензолга тўйиниб борган сари адсорбция иссиқликлари пасайиб боради. Тадқиқот иши учун олинган кўмирга бензол буғларининг адсорбцияси конденсация иссиқлиги қиймати тенглашди 33,8 кЖ/мольга яқин боради ва жами 4,6 ммоль/г бензол адсорбцияланади.

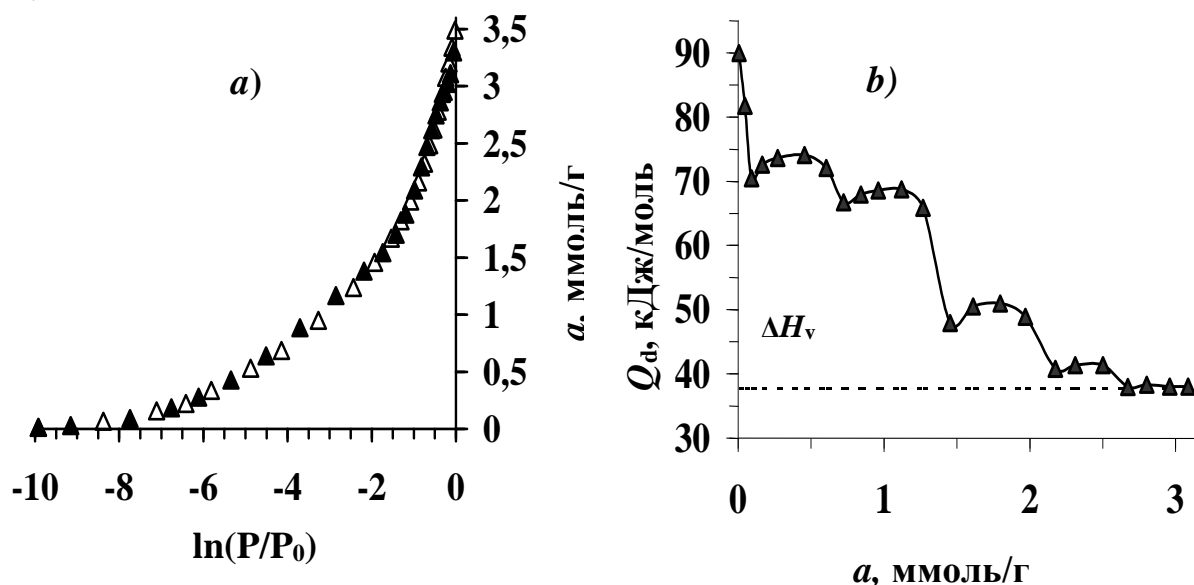


**5-расм. а) 303 К температурада СБЁТКНКАОФУАга бензол адсорбциясининг дифференциал моляр энтропияси. Горизонтал штрихланган чизик - ўртача интеграл энтропия. Қаттиқ бензол энтропияси нолга тенг деб ҳисоблансин. б) 303 К ҳароратда СБЁТКНКАОФУАга бензол адсорбциясининг адсорбцион мувозанат ўрнатилиш вақтига боғлиқлиги.**

Адсорбция энтропияси ютилган адсорбат молекулаларининг адсорбентдаги ҳаракатини ҳолатини тавсифлайди. маҳаллий кўмирдан олинган адсорбентига -бензол системасининг энтропия эгри чизиги адсорбент тўйиниб бориш миқдорларига мувофиқ равишда тўлқинсимон кўринишга эга бўлди (4(a)-расм). Энтропия графигидан маълумки 2 ммоль/ггача бўлган қийматларда бензол кучли адсорбцияланади, яъни ўртача интеграл энтропия чизигидан пастда жойлашади. 4,3 ммоль/гдан кейин стандарт ҳолатдаги бензол энтропияси қийматидан юқори бўлади. 4,3 ммоль/ггача бўлган жараёнда адсорбция энтропияси адсорбент ғовакларига кучли локализацияланганлигини билдиради. Дастлабки тўйиниш босқичларида бензол молекулалари кўмирнинг микроғовакларига кучли адсорбцияланади, яъни бензол молекулалари қўзғалмаган ҳолатда бўлади, - 68,7 Ж/моль\*К гача бўлган адсорбция жараёнида бензол қаттиқ ҳолат энтропияси қийматида боради. Унда сўнг аста секинлик билан бензол суюқ

ҳолат энтропиясига ўтади. Тадқиқот ишида олинган кўмирга бензол адсорбцияси ўртача интеграл энтропияси  $-68,7 \text{ Ж/моль} \cdot \text{К}$  ни ташкил қилади.

4(b)-расмда олинган фаоллантирилган углеродли адсорбентга бензол молекулалари адсорбцияси мувозанат вақти келтирилган. Дастлабки толуол молекуласининг термокинетика вақти 5,6 соатни ташкил қилади. Бундан келиб чиқиб шуни айтишимиз мумкинки, ютилаётган молекулаларга нисбатан адсорбент микроғовакларининг сони кўплиги ва шу ғовакларга толуол молекулалари тақсимланишига кўпроқ вақт сарфланади. 0,5 ммоль/г гача бўлган толуол молекулалари термокинетика вақти 3 соатгача камайиши кузатилади. 0,5 ммоль/гдан кейин тўлқинсимон кўринишда мувозанат (термокинетика) вақти аста секинлик пасайиб боради. Жараён охирлашганда мувозанат вақти 20 дақиқагача пасаяди.



**6-расм. а) 303 К ҳароратда СБЁТКНКАОФУАга толуол буғлари адсорбциясининг изотермаси  $\Delta$ -эксперимент қиймат;  $\blacktriangle$ -МХТН тенгламаси орқали ҳисобланган нуқталар. б) 303 К ҳароратда СБЁФТКНКАОУАга толуол буғлари адсорбциясининг дифференциал иссиқлиги. Горизонтал штрих чизик 303 К да бензол буғининг конденсатланиш иссиқлиги**

СБЁФМКНКАОУАга толуол адсорбция изотермаси уч ҳадли микроғовакларнинг тўйиниш назарияси тенгламаси ёрдамида (МХТН) тавсифланди (5(a)-расм).

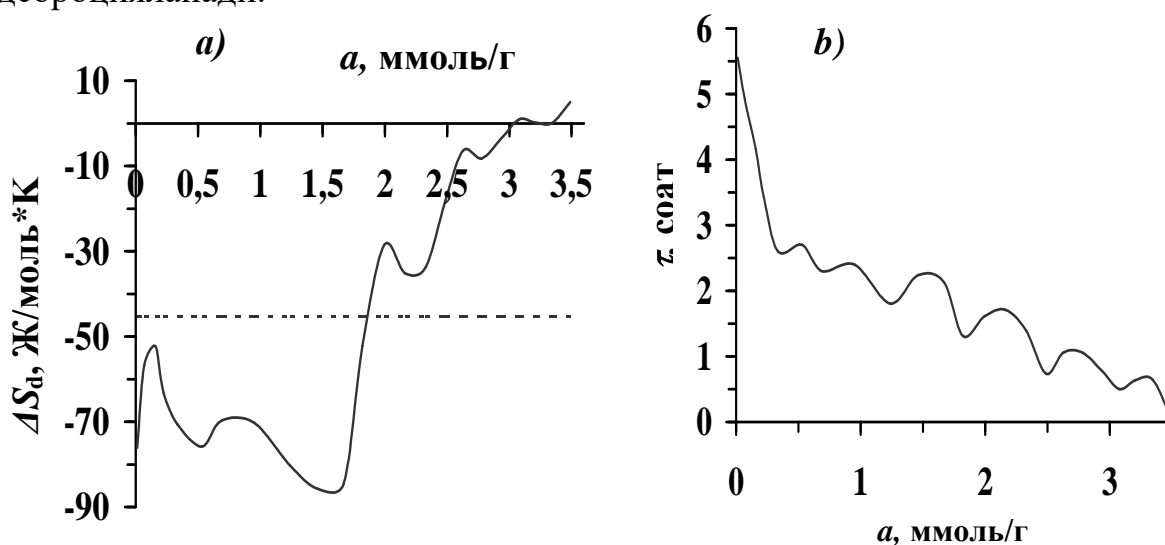
$$a = 1,74 \exp[(A/11,36)^2] + 1,33 \exp[(A/2,34)^2] + 0,63 \exp[(A/0,14)^1],$$

$a$ -микроғовакларда адсорбция миқдори  $\text{C}_6\text{H}_6\text{CH}_3$ ,  $A = RT \ln(P^\circ/P)$ -эркин энергия иши ( $\text{кЖ/мол}$  ь).

303 К ҳароратда тадқиқот иши учун олинган фаоллантирилган углеродли адсорбентга толуол молекулалари адсорбцияси дифференциал иссиқлиги 5(b)-расмда келтирилган. Бошланғич тўйинишларда толуол буғи молекулаларининг адсорбция миқдори  $a = 0,006 \text{ ммоль/г}$  бўлиб,

дифференциал иссиқлиги 105,05 кЖ/мольга тенг бўлади. Кейинги толуол молекулалари адсорбцияси иссиқлик қиймати кўрсаткичлари бироз пастлашиши кузатилади. Бунда  $a=0,093$  ммоль/г да  $Q_d=70,46$  кЖ/мольни ташкил этди. Олинган фаоллантирилган углеродли адсорбентнинг микрофовакларида жойлашган ҳар хил металл катионлари  $(Me^{n+}C_6H_6CH_3)_n$  типидagi  $\pi$ -комплекслар ҳосил қилади.

Адсорбция дифференциал иссиқлик қийматларининг бундай камайиши кўмирнинг микро-, ва мезофовакларига ютилади ва толуолга тўйиниб борган сари адсорбция иссиқликлари пасайиб боради. Тадқиқот иши учун олинган кўмирга толуол молекуласи буғларининг адсорбцияси конденсация иссиқлиги қиймати тенглашди, яъни 37,78 кЖ/мольга яқин боради. Олинган фаоллантирилган углеродли адсорбентга жами 3,5 ммоль/г толуол молекуласи адсорбцияланади.



**7-расм. а) 303 К температурада СБЁТКНКАОФУАга толуол адсорбциясининг дифференциал моляр энтропияси. Горизонтал штрихланган чизик-ўртача интеграл энтропия. Каттиқ толуол энтропияси нолга тенг деб ҳисоблансин. б) 303 К ҳароратда СБЁТКНКАОФУАга толуол адсорбциясининг адсорбцион мувозанат ўрнатилиш вақтига боғлиқлиги.**

б (а)-расмда олинган фаоллантирилган углеродли адсорбентга толуол молекулалари адсорбцияси энтропия графиги келтирилган. Адсорбция энтропияси ютилган адсорбат молекулаларининг адсорбент ғоваклари ҳолатини ва актив марказлари билан ўзаро таъсирлашишини тавсифлайди. 3 ммоль/ггача бўлган сорбцион жараёнда адсорбция энтропияси адсорбент турли ўлчамдаги ғовакларига кучли локализацияланганлигини билдиради. Дастлабки тўйиниш босқичларида толуол молекулалари фаоллантирилган углеродли адсорбентнинг микрофовакларида кучли адсорбцияланади, яъни толуол молекулалари қўзғалмаган ҳолатда бўлади, -50 Ж/моль\*К гача бўлган адсорбция жараёнида толуол қаттиқ ҳолат энтропияси қийматида боради. Тадқиқот ишида олинган фаоллантирилган углеродли адсорбентга толуол

молекулари адсорбцияси ўртача интеграл энтропияси  $-45,41 \text{ Ж/моль} \cdot \text{К}$  ни ташкил қилади.

6(b)-расмда олинган фаоллантирилган углеродли адсорбентга толуол молекулалари адсорбцияси мувозанат вақти келтирилган. Дастлабки толуол молекуласининг термокинетика вақти 5,6 соатни ташкил қилади. Бундан келиб чиқиб шуни айтишимиз мумкинки, ютилаётган молекулаларга нисбатан адсорбент микроғовакларининг сони кўплиги ва шу ғовакларга толуол молекулалари тақсимланишига кўпроқ вақт сарфланади.  $0,5 \text{ ммоль/г}$  гача бўлган толуол молекулалари термокинетика вақти 3 соатгача камайиши кузатилади.  $0,5 \text{ ммоль/гдан}$  кейин тўлқинсимон кўринишда мувозанат вақти (термокинетика) аста секинлик билан камайиб боради. Жараён охирида бир неча дақиқагача пасаяди.

## ХУЛОСАЛАР

Диссертацияси ишини бажаришда олинган асосий илмий натижалари қуйидагилар ҳисобланади:

Маҳаллий кўмир, нефт кокси ва асфальтен асосида олинган углеродли адсорбент намуналарининг электрон микроскопда олинган суръатлари, фаоллантирилган углеродли адсорбентнинг кимёвий таркиби ва тўлиқ термодинамик хусусиятлари келтирилди.

Углеродли хомашёлар аралашмаларини термик ишлов беришда ҳарорат кўтарилиб борган сари масса йўқотилиши кузатилди. Ҳарорат кўтарилиши билан йод адсорбцияси фаоллиги ортиб борди. Олинган углеродли адсорбент намуналарининг ҳарорат ўзгаришига қараб, йодга нисбатан сирт юзаси  $0,20 \text{ г}$  масса йўқотилишида  $280,7 \text{ м}^2/\text{г}$  тенг бўлиши ҳисоблаб топилди.

Тадқиқот ишида ўрганилган бензол ва толуол молекулаларининг адсорбция дифференциал иссиқлиги, изотермаси, молли энтропия ва термокинетикаси ҳисобланди ва фаоллантирилган углеродли адсорбентга  $4,5 \text{ ммоль/г}$  бензол,  $3,5 \text{ ммоль/г}$  толуол адсорбцияланиши аниқланди.

Олинган фаоллантирилган углеродли адсорбентга бензол адсорбциясида дастлаб  $104 \text{ кЖ/моль}$  ва толуолда эса  $90 \text{ кЖ/моль}$  иссиқлик билан бориб, дифференциал иссиқлиги поғонали кўринишда камайиб бориши кузатилди.

Фаоллантирилган углеродли адсорбентга бензол ва толуолнинг адсорбция изотерма қийматлари асосида микроғовакларнинг ҳажмий тўйиниш назарияси тенгламаси ёрдамида қайта ҳисобланганда, адсорбентнинг микроғовакларига умумий адсорбцияга нисбатан бензолнинг  $84,5\%$ , толуолнинг  $94,2\%$  адсорбцияланди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
PhD.03/30.12.2019.К/Т.66.02 ПРИ НАМАНГАНСКОМ ИНЖЕНЕРНО-  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

---

**НАМАНГАНСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
ИНСТИТУТ**

**АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН  
ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

**ГУЛОМОВА ГУЛНОРА МУХИТДИНОВНА**

**КОЛЛОИДНО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА УГЛЕРОДНЫХ  
АДСОРБЕНТОВ ПОЛУЧЕННЫХ НА ОСНОВЕ МЕСТНОГО УГЛЯ И  
НЕФТЯНЫХ ОСТАТКОВ**

**02.00.11 - Коллоидная и мембранная химия**

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

**Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована под номером B2022.1.PhD/K467. Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан.**

Диссертационная работа выполнена в Наманганском инженерно-технологическом институте, а также в институте общей и неорганической химии.

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

**Научный руководитель:**

**Абдурахмонов Элдор Баратович**  
доктор химических наук, старший научный сотрудник

**Официальные оппоненты:**

**Салиханова Дилноза Саидакбаровна**  
доктор технических наук, профессор

**Хандамов Даврон Абдукодирович**  
доктор химических наук, доцент

**Ведущая организация:**

**Ферганский политехнический институт**

Защита состоится «30» июня 2022 г. в 14<sup>00</sup> часов на заседании Научного совета PhD.03/30.12.2019.K/T.66.02 при Наманганском инженерно-технологическом институте по адресу: 160115, г.Наманган, ул. Косонсой, 7. Тел.: (+99869) 228-76-75; факс: (+99869) 228-76-71; e-mail: [niei\\_info@edu.uz](mailto:niei_info@edu.uz)

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Наманганского инженерно-технологического института за №460, с которой можно ознакомиться в информационно-ресурсном центре (160115, г.Наманган, ул. Косонсой, 7.). Тел.: (+99869) 228-76-75; факс: (+99869) 228-76-71.

Автореферат диссертации разослан «17»июня 2022 года  
(реестр протокола рассылки № 6 от «17» июня 2022 года).



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

**Шеркузиев Д.Ш.**  
Ученый секретарь научного совета  
по присуждению ученой степени, к.т.н., профессор

**Дехканов З.К.**  
Председатель научного семинара при научном совете  
по присуждению учёной степени, д.т.н., доцент

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

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В настоящее время в мире широко применяются активированные угольные адсорбенты для очистки промышленных сточных вод от различных органических соединений, сорбции ионов тяжелых металлов и опасных для жизни радиоактивных металлов. Сегодня угольные адсорбенты с гидрофобными свойствами в основном модифицируют на основе бурого угля, кокса, а также стеблей и коры различных растений. Активированные угольные адсорбенты, получаемые на основе угля и нефтяного кокса, имеют важное значение при очистке стоков нефтепереработки от органических, ароматических соединений и при разделении ионов тяжелых металлов.

На сегодняшний день актуальным является обоснование следующих научных решений по получению активированных угольных сорбентов с использованием угольных остатков и углеродсодержащих остатков нефти в месторождениях, в том числе: выделение местных угольных остатков, необходимых для извлечения углеродного сорбента, нефтяных остатков, необходимых для исследований; химические вещества, которые проявляют дополнительные основные и кислотные свойства в промышленных сточных водах и определить влияние ионов тяжелых металлов на полученный угольный адсорбент; поглощая органические вещества в полученные углеродные адсорбенты, необходимо определить количество и расположение микро-, мезо- и макропор сорбента, полные молекулярные механизмы сорбционных процессов, протекающих в адсорбентах.

В нашей стране достигаются положительные научные и практические результаты в производстве углеродных сорбентов с гидрофобными свойствами на основе местных угольных остатков, использовании их при очистке промышленных стоков. Третье направление Стратегии действий на 2017-2021 годы, направленное на дальнейшее развитие Республики Узбекистан, ставит задачи «...производство готовой продукции с высокой добавленной стоимостью на основе глубокой переработки высокотехнологичных перерабатывающих производств, особенно местного сырья.»<sup>2</sup> В связи с этим на сегодняшний день актуальным является получение угольных адсорбентов с высокой эффективностью адсорбционных свойств и использование их при очистке промышленных стоков от примесей.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Приказе Президента Республики Узбекистан ПП-4805 Президента Республики Узбекистан от 12 августа 2020 года «О мерах по повышению качества непрерывного образования и научной эффективности в области химии и биологии», ПП-4265 от 3 июня 2019 года «О дальнейшем реформировании химической промышленности и ее инвестиционной привлекательности», УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О

---

<sup>2</sup>Постановление Президента Республики Узбекистан ПП-4947 «Стратегия действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан на 2017-2021 годы»

Стратегии действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан на 2017-2021 годы», а также других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

**Соответствие исследования с приоритетными направлениями развития науки и технологии в Республике.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики VII- «Химические технологии и нанотехнологии».

**Степень изученности проблемы.** По данным, полученным в научной литературе, большая часть научно-исследовательских работ включает методы получения активированных угольных адсорбентов из углеродсодержащего сырья, растений, бурого угля, резиновых и пластиковых отходов. Свой вклад по производству угольных адсорбентов и их применению на необходимых объектах внесли М.М.Дубинин, В.В.Запилкина, Ю.А. Саврасова, W.Zhao, H.Wang, A.Govindaraj, В.М.Мухин, М.А. Тагиров, Н.С. Голубева и другие ученые внесли свой вклад.

В Институте общей и неорганической химии Академии наук Республики Узбекистан учёные К.С. Ахмедов, Э.А. Арипов, С.С. Хамраев, С.Н. Аминов, А.А. Агзамходжаев, У.К. Ахмедов, Г.У. Рахматкариев, В.П. Гуро, С.З. Муминов, Б.Н. Хамидов, С.А. Абдураксимов, Ф.М. Юсупов, И.Д. Эшметов, Д.С. Салиханова, Д.Ж. Джумаева и многие другие ученые вносят значительный вклад в производство и развитие углеродных адсорбентов.

Следует отметить, что до настоящего времени проведено недостаточно исследований по получению адсорбентов из местного угля, нефтяного кокса и углеродистого сырья и их очистке в сточных водах нефтеперерабатывающей промышленности. В данной диссертации решаются вопросы получения экологически безопасного и пористого углеродного адсорбента на основе местного углеродного сырья, изучения свойств сорбции и применения на практике, результаты важны с теоретической и практической точки зрения.

**Связь диссертационного исследования с тематическим планом научно-исследовательских работ высшего образовательного заведения.** Диссертационное исследование выполнено в рамках фундаментального проекта плана научно-исследовательских работ Института общей и неорганической химии ФА-Ф-7-010 «Энергетика, строение и локализация внеграточных ион-молекулярных кластеров в наноструктурированных цеолитах типа фожазит» (2017-2020).

**Целью исследования** является разработка методов получения углеродных адсорбентов на основе местного угля (Ангрен БПК марки), нефтяного кокса и асфальта, а также определение изотерм адсорбции, дифференциальных температур, энтропии и термокинетических свойств молекул бензола и толуола.



### **Задачи исследования:**

изучение химического состава, коллоидно-химических и сорбционных свойств местных углей, образцов нефтяного кокса для получения углеродных адсорбентов;

получение углеродного адсорбента с использованием местного нефтяного кокса и асфальтенов на основе угля для очистки промышленных сточных вод;

экспериментальные работы по адсорбции бензола и толуола на полученном углеродном адсорбенте в высоковакуумной адсорбционной установке и анализ полных процессов адсорбции;

подбор местного угля и углеродсодержащего сырья для получения углеродного адсорбента, необходимого для очистки промышленных сточных вод;

разработка методов получения углеродных адсорбентов из местных углей, нефтяного кокса и асфальтенов;

характеристика изотерм адсорбции уравнениями объемной теории насыщения (ТОЗМ) микропор и определение сорбционных пор.

**Объектом исследования** являются активированные угольные адсорбенты на основе местного угля (Ангрен БПК), нефтяного кокса и асфальтенов.

**Предметом исследования** являются способы получения импортозамещающих углеродных адсорбентов из местных углей, нефтяного кокса и асфальтенов, их коллоидно-химические свойства и очистка ими нефтепромысловых стоков, а также изучение закономерностей адсорбционных процессов.

**Методы исследования.** В диссертации использовались физические и коллоидно-химические (сканирующая электронная микроскопия, адсорбционная калориметрия, аналитические и др.) методы исследования и анализа

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

определены при получения образцов углеродных адсорбентов при температурах 400<sup>0</sup>С, 600<sup>0</sup>С, 800<sup>0</sup>С соотношение местного угля (50%), нефтяного кокса (30%) и асфальтовых (20%) смесей, которое составило составляло 5:3:2 и их коллоидно-химические свойства;

определены оптимальные условия для получения углеродного адсорбента на основе воздействия местных смесей угля, нефтяного кокса и асфальтенов на потери массы и изменения поверхность в зависимости от температуры;

описываются на основе математических уравнений теории объемного заполнения микропор (ТОЗМ) изотермы адсорбции паров бензола и толуола на активированном угольном адсорбенте, согласно которой определяются логарифмические значения давления при адсорбции на микро- и мезопорах;

доказано, что на активированном угле адсорбируется 4,5 ммоль/г бензола, 3,5 ммоль/г молекул толуола, в том числе 3,8 ммоль/г бензола и 3,3

ммоль/г молекул толуола;

разработан способ получения активированных угольных адсорбентов с высокой сорбционной емкостью на основе местных углей, нефтяного кокса и асфальтенов.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем; основано на возможности получения углеродного адсорбента на основе ангреновского бурого угля, нефтяного кокса и асфальтенов;

разработана методика получения адсорбента на основе ангреновского бурого угля, нефтяного кокса и асфальтенов;

полученный угольный адсорбент был испытан в качестве эксперимента при очистке сточных вод ООО «Чиноз НПЗ», что позволило эффективно очистить его от различных ароматических углеводородных соединений и ионов металлов.

**Достоверность результатов исследования.** Результаты химического (элементного) и физико-химического (калориметрический, сканирующая электронная микроскопия) анализа подтверждены экспериментальными опытами на промышленных установках.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследования заключается в возможности получения адсорбентов на основе местного угля, нефтяного кокса, асфальтенов для очистки сточных вод из остатков местных нефтепродуктов. Полученный углеродный адсорбент может служить основой для использования при очистке органических соединений и в других областях.

Практическая значимость результатов исследований объясняется получением активированных угольных адсорбентов на основе местного угля, местного нефтяного кокса и асфальта и в очистке полученного угольного адсорбента от органических и ароматических соединений в различных промышленных стоках, а также основываясь на результаты исследований служит для укрепления знаний студентов бакалавриата и магистратуры ВУЗов о закономерностях адсорбции в коллоидной химии. в коллоидной химии.

**Внедрение результатов исследования:** На основании полученных научных результатов по производству угольного адсорбента из коксовых и битумных остаточных нефтепродуктов:

способы очистки от ароматических углеводородов молекул бензола и толуола в промышленных сточных водах переработки нефти угольного адсорбента включены в «Перечень перспективных разработок на 2022-2024 годы» ООО «Чиноз НПЗ» (справка АО «Узбекнефтегаз» от 6 октября 2021 года № 28-1-01/768). В результате промышленные сточные воды, выбрасываемые при переработке нефти, позволили повысить уровень очистки от ароматических соединений, их гомологов и других веществ в 5-6 раз.

способы очистки от ионов тяжелых металлов ( $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ) из промышленных сточных вод переработки нефти угольного адсорбента включены в «Перечень разработок, подлежащих внедрению в 2022-2024 годах» ООО «Чиноз НПЗ» (справка АО «Узбекнефтегаз» от 6 октября 2021 года № 28-1-01/768). В результате промышленные сточные воды ОАО "Чиноз НКИЗ" позволили определить степень очистки и повторной обработки воды от содержащихся в ней ионов металлов в соответствии со стандартом ГН2.1.5.689-98.

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследования доложены и обсуждены на 9, в том числе 4 международных и 5 республиканских научно-практических конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** Всего опубликовано по теме диссертации 14 научных трудов, из них 5 статьи и 2 статей опубликованы в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссии Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций.

**Структура и объём диссертации.** Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка использованной литературы, приложения. Объём диссертации состоит 106 страниц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

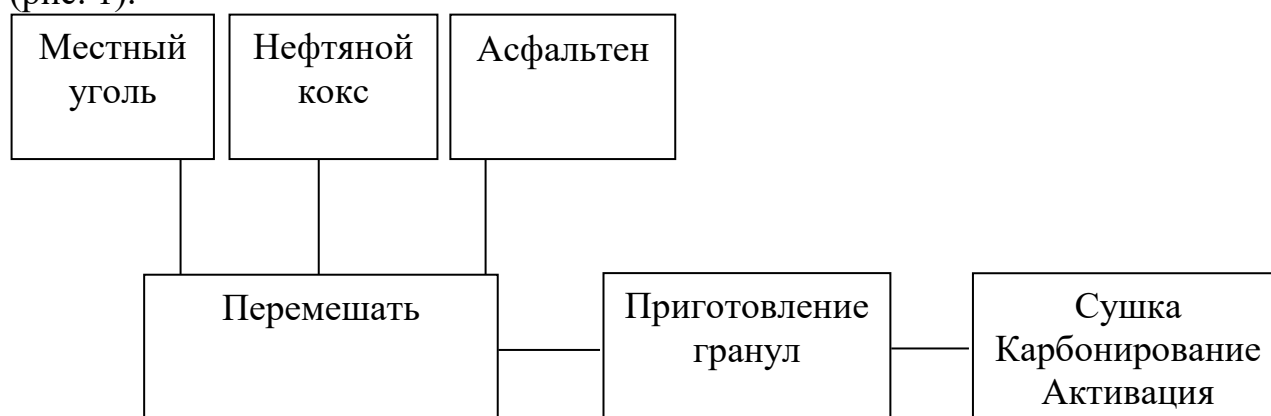
Во введении обоснована актуальность и необходимость, цели и задачи проведенного исследования, описаны объект и предмет исследования, указано его соответствие приоритетным направлениям развития науки и техники Республики, изложена научная новизна и практические результаты исследования, освещена научная и практическая значимость полученных результатов, приведена информация о внедрении результатов в практику, структуре опубликованных научных работ и диссертации.

В первой главе диссертации **«Современный анализ состава и строения активированных угольных адсорбентов (обзор литературы)»** анализируется мировая литература об углеродных адсорбентах, данные об образовании сорбционных пор, углеродном сырье для получения адсорбентов, адсорбции органических соединений в жидких и газообразных средах..

Во второй главе диссертации, озаглавленной **«Объект научной работы и классификация физико-химические методы углеродного адсорбента полученного из местного угля и нефтяных остатков»** приведены объекты, необходимые для получения углеродного адсорбента, методы получения, формулы, использованные при теоретическом расчете электронной микроскопии, работы установке Мак-Бэна и высоковакуумной адсорбционной установке.

Кроме того, приведены сведения о методах очистки молекул бензола, толуола в лабораторных условиях и методах сорбции углеродных адсорбентов, полученных из ионов металлов ( $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ) в

аппаратах атомно-абсорбционной спектрофотометрии. На основе анализа современной литературы разработана схема производства активированного угольного адсорбента с использованием смеси местного угля, нефтяных остатков и асфальтенов, представленных в качестве объекта исследования (рис. 1).



**Рисунок -1. Схема получения активированного углеродного адсорбента**

В третьей главе диссертации «**Оптимальные условия получения углеродных адсорбентов, физико-химический анализ и определение экономических показателей**», приведены получение углеродных адсорбентов, физико-химический анализ, оптимальные условия активации, сканирующий электронно-микроскопический анализ и экономическая эффективность экспериментальных результатов. .

В нашем исследовании углеродистое сырье готовили путем смешивания ангреновского бурого угля марки БПК, нефтяного кокса и асфальтенов в необходимых пропорциях (табл. 1).

**Таблица - 1**

Для приготовления активированного углеродного адсорбента были выбраны следующие компоненты:

Название	Процентность, %.
Местный уголь (Ангрен БПК)	50
Нефтяной кокс производства ФНПЗ (всего)	30
Асфальтен производства ФНПЗ (традиционная вязкость 100 <sup>0</sup> С -2,95)	20

Процесс подготовки к этому эксперименту состоит из следующих этапов:

- измельчение местного угля и нефтяного кокса;
- формирование гранул путем смешения с местным углем, нефтяным коксом и асфальтенами;
- выделение летучих углеводородов при нагреве до -350<sup>0</sup>С;
- карбонизация и активация (паром при температуре 800<sup>0</sup>С).

Исходя из изложенного, особое внимание уделялось приготовлению углеродных адсорбентов на основе местного сырья, в том числе местного угля, нефтяного кокса и асфальтенов. Смеси термически активировали при

400, 600 и 800°C для получения углеродных адсорбентов. Полученные угольные адсорбенты условно называют адсорбент углеродный, полученный из местного угля, нефтяного кокса и асфальтенов (АУПМУНКА), полученным из местного угля, нефтяного кокса и асфальтенов, и полученные адсорбента активированного угля из местного угля, нефтяного кокса и асфальтенов с использованием водяного пара (ПААУМУНКАИВП) на основе местного угля, нефтяного кокса, асфальтенов в виде паров воды.

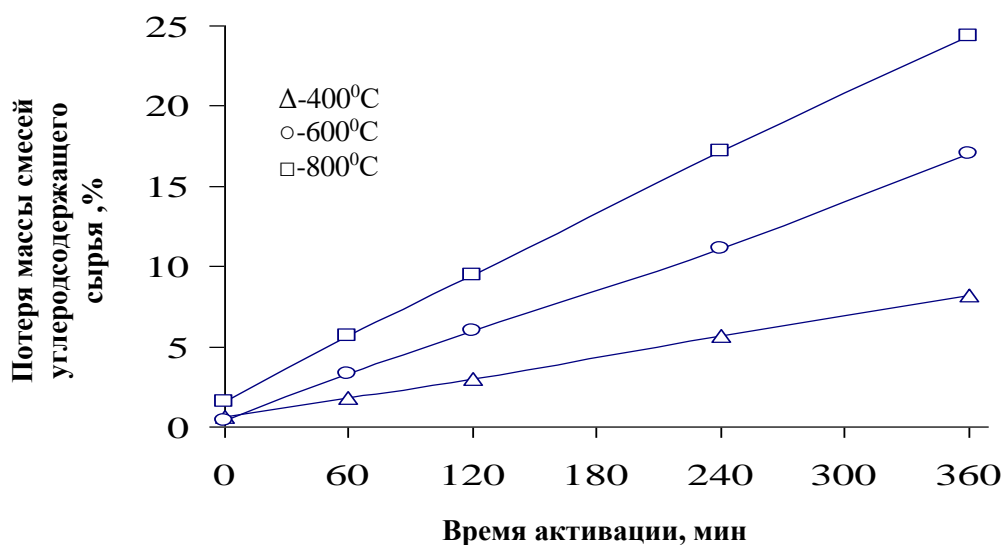
Физико-химические свойства полученных углеродных адсорбентов приведены в табл. 2.

**Таблица 2**

**Физические свойства полученных углеродных адсорбентов**

Образцы адсорбентов	Температура активации, °C	Техник таҳлил		
		Влажность, %, W <sup>A</sup>	Зольность, %, A <sup>c</sup>	Выход адсорбентов (%).
Активированный угольный адсорбент, полученный из местного угля, нефтяного кокса и асфальтенов.	400	2,3	9,1	32,5
	600	2,1	8,9	29,5
	800	1,9	6,9	26,9
	800 (сув буғи)	1,7	5,8	24,2

Процесс адсорбции угольных адсорбентов является одним из важнейших показателей, одной из важных особенностей является их сильного поглощения адсорбентами.



**Рисунок 2. Зависимость потери массы смеси углеродистого сырья от времени активации (цифры времени активации в символах, соответствующие температуре активации)**

Как видно из табл. 3, одновременное повышение температуры активации приводит к уменьшению массы углеродистого сырья, а также повышению их сорбционной активности по отношению к йоду. Например, при изменении температуры от 400<sup>0</sup>С до 800<sup>0</sup>С потеря массы углеродного материала уменьшается с 0,24 до 0,12, а йодное число изменяется от 27,8 до 64% соответственно.

**Таблица 3**

**Результаты активации смеси углеродистого сырья при различных температурах**

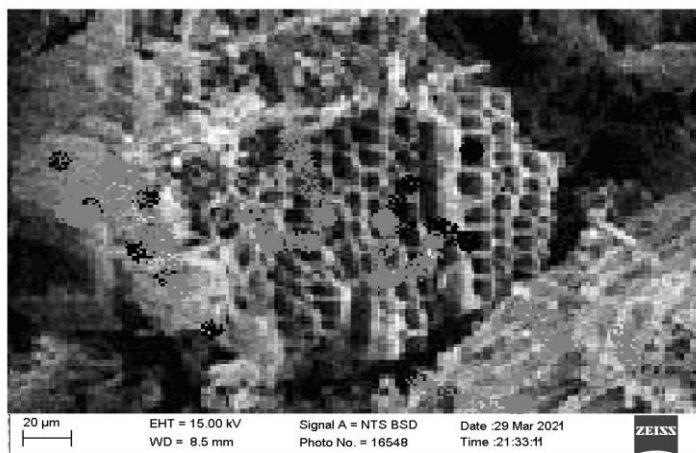
Время активации, мин	Потеря массы (г), °С			Йодное число %, °С		
	400	600	800	400	600	800
0	0,0116	0,0214	0,0033	4,5	2,3	0,7
60	0,0328	0,0755	0,1076	9,8	15	22,2
120	0,0513	0,1028	0,1734	13	19	46,6
240	0,0901	0,1497	0,2133	20,3	34,2	57,6
360	0,128	0,16	0,2463	27,8	40	64

Элементный состав углеродных адсорбентов на основе местного угля, нефтяного кокса и асфальтенов, полученный с помощью сканирующего электронного микроскопа, приведен в табл. 4:

**Таблица 4**

**Элементный состав образцов углеродных адсорбентов на основе местного угля, нефтяного кокса и асфальтенов**

Образец	Элементный состав, %							
	C	O	Al	Si	Ca	S	Ti	P
ПААУМУНКАИВП-800	94,0	6,0	-	0,2	0,51	0,01	-	-



**Рисунок 3. Изображение активированного углеродного адсорбента, полученное под сканирующим электронным микроскопом.**

В результате исследования были обнаружены известные поры и трещины по внешнему виду углеродного адсорбента, полученного под сканирующим электронным микроскопом (рис. 2).

В четвертой главе диссертации «Закономерности адсорбции бензола и толуола на углеродных адсорбентах на основе местного угля, нефтяного кокса и асфальтенов» по результатам, полученным в вакуумной установке Мак-Бэн, по значениям изотерм адсорбции рассчитаны удельная поверхность, адсорбция насыщения, микро- и мезопоры молекул бензола и толуола углеродных адсорбентов.

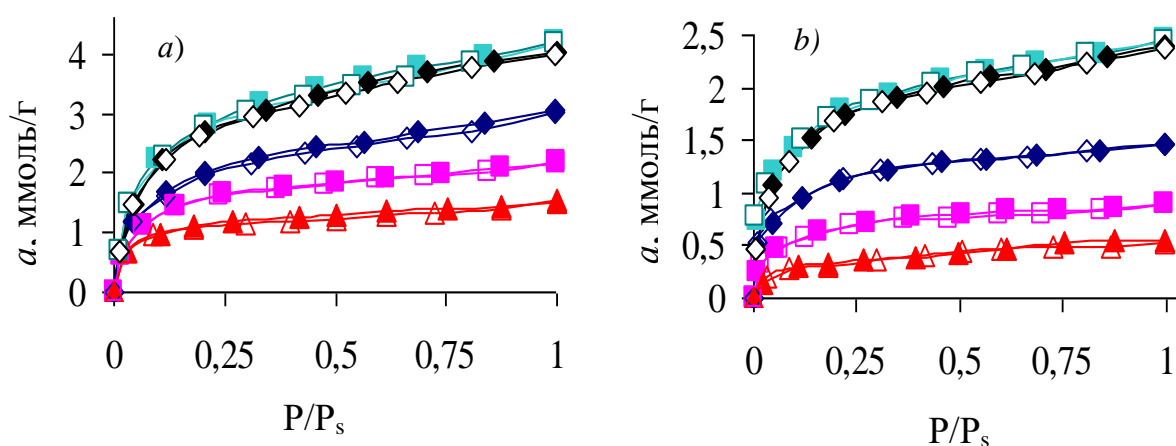


Рисунок 3. Изотермы адсорбции (цветовые обозначения) и десорбции (безцветовые обозначения) молекул бензола и (б) толуола на полученных углеродных адсорбентах

▲-при 400<sup>0</sup>С полученный углеродный адсорбент; ■-при 600<sup>0</sup>С полученный углеродный адсорбент; ◆-при 800<sup>0</sup>С полученный углеродный адсорбент; ■-при 800<sup>0</sup>С в водяном паре активированный полученный углеродный адсорбент, ■-АГ-3 импорт.

Перед измерением адсорбции паров бензола на адсорбентах каждую адсорбционную систему вакуумировали до остаточного давления  $1,33 \cdot 10^{-3}$  Па, прогревали при 573 К в течение 8 ч, после чего получали изотермы адсорбции.

Доказаны изотермы адсорбции в исследованных системах где АУПМУНКА-600 в 1,42 раза выше, АУПМУНКА-800 в 1,98 раза выше и ПААУМУНКАИВП-800 в 2,7 раза по сравнению с АУПМУНКА-400 (рис. 3, а). Из изотерм адсорбции на исследованных образцах ПААУМУНКАИВП-800 доказано, что адсорбция бензола выше, чем у других адсорбентов. Из экспериментального графика также видно, что величина адсорбции бензола на СБЁФМКНКАОУА -800 резко возрастает от нуля относительного давления до  $R/R_s \approx 0,25$  и приближается к состоянию насыщения в диапазоне  $R/R_s \approx 0,8-1$ .

Адсорбция толуола на углеродном адсорбенте АУПМУНКА-400 составляет 1,54 моль/кг, адсорбция толуола 0,36 моль/кг, на АУПМУНКА-

600 - 2,14 моль/кг на бензоле, 0,89 моль/кг на толуоле, абсорбция бензола молекулы к АУПМУНКА-800 составляет 3,0 моль/кг, поглощение молекулы толуола составляет 1,46 моль/кг, адсорбция молекулы бензола к адсорбенту ПААУМУНКАИВП-800 составляет 4,17 моль/кг, значения адсорбции и график также доказывают, что адсорбционное количество молекулы толуола составляет 2,5 моль/кг (рис. 3 (а, б)).

Установлено, что адсорбция паров бензола на полученных образцах углеродного адсорбента была наибольшей, т. е. в 4,3 раза больше удельной поверхности (S) у ПААУМУНКАИВП-800 по сравнению с АУПМУНКА-400 (табл. 6).

**Таблица 6**

**Структурно-сорбционные параметры адсорбции паров бензола на активированных в различных условиях угольных адсорбентах на основе местного угля, нефтяного кокса и асфальтенов**

№	Адсорбенты	Емкость монослоя, $\alpha_m$ , моль/кг	Удельная поверхность, $S$ м <sup>2</sup> /г	Адсорбция насыщения, $\alpha_s$ , моль/кг	Средний радиус пор , $r_{cp}$ , Å
1	АУПМУНКА-400	0.33	101.4	1.5	29,7
2	АУПМУНКА-600	0.76	204.7	2.2	24,3
3	АУПМУНКА-800	1.0	460.2	3.06	17,3
4	ПААУМУНКАИВП - 800	1.43	889.1	4.3	14,2
5	АГ-3	1.41	901.4	4.01	13,5

Объемы адсорбции приведены в объемах адсорбции при различных относительных давлениях ( $P/P_s$ ) на основе изотерм адсорбции бензола на углеродных адсорбентах, полученных в ходе исследования, объемы адсорбции при размере микропор 0,5  $W_0$ , мезопорные  $W_{me}=V_s-W_0$  и объемы адсорбции при насыщении  $V_s$  приведены в таблице 7.

**Таблица 7**

**Пористость паров бензола при адсорбции на активированных в различных условиях адсорбентах на основе местного угля, нефтяного кокса и асфальтенов**

№	Адсорбенты	Объём микропор $W_0 \cdot 10^3$ , м <sup>3</sup> /кг	Объём мезопор $W_{me} \cdot 10^3$ , м <sup>3</sup> /кг	Объём насыщения $V_s \cdot 10^3$ , м <sup>3</sup> /кг
1	АУПМУНКА -400	0.06	0.025	0.085
2	АУПМУНКА -600	0.11	0.005	0.115
3	АУПМУНКА -800	0.14	0.014	0.164
4	ПААУМУНКАИВП -800	0.18	0.02	0.2
5	АГ-3	0.175	0.02	0,195

Также было обнаружено, что активированные углеродные адсорбенты на основе местного угля, нефтяного кокса и асфальтенов с помощью водяного пара имеют более высокие скорости адсорбции, такие как молекулы бензола, чем молекулы толуола.



Исходя из значений изотерм адсорбции паров толуола на угольных адсорбентах, вычислены наиболее важные сорбционные параметры адсорбентов как монослойная емкость  $\alpha_m$ , объем насыщения  $V_s$  (или адсорбция  $\alpha_s$ ) и их удельная поверхность  $S$  (табл. 8).

**Таблица 8**

**Структурно-сорбционные показатели для адсорбции паров толуола на углеродных адсорбентах, полученных из термически и пароводяных активированных местных углей, нефтяного кокса и асфальтенов**

№	Адсорбенты	Моно- слойная емкость, $\alpha_m$ , моль/кг	Удельная поверх- ность, $S$ м <sup>2</sup> /г	Адсорбция насыще- ния, $\alpha_s$ , моль/кг	Средний радиус пор $r_{cp}$ , Å
1	АУПМУНКА-400	0,23	100.4	0,36	27,8
2	АУПМУНКА -600	0,50	204.7	0,89	23,4
3	АУПМУНКА -800	0,88	308.2	1,46	19,7
4	ПААУМУНКАИВП-800	1,14	420.4	2,5	14,1
5	АГ-3	1,13	423,4	2,45	13,2

По результатам эксперимента определены объемы адсорбции при различных относительных давлениях ( $P/P_s$ ) по значениям изотерм адсорбции толуола уравнения теории объемного насыщения микропор, определены объемы адсорбции – это микропоры ( $W_0$ ), мезопоры –  $W_{me} = V_s - W_0$  и насыщенные адсорбционные объемы ( $V_s$ ) – приведенным в таблице 9.

**Таблица 9**

**Показатели объема пор при адсорбции паров толуола на углях, полученных из местного угля, нефтяного кокса и асфальтенов**

№	Адсорбенты	Объем микропор $W_0 \cdot 10^3$ , м <sup>3</sup> /кг	Объем мезопор $W_{me} \cdot 10^3$ , м <sup>3</sup> /кг	Объем насыщения $V_s \cdot 10^3$ , м <sup>3</sup> /кг
1	АУПМУНКА-400	0,078	0,024	0,102
2	АУПМУНКА -600	0,128	0,038	0,166
3	АУПМУНКА -800	0,196	0,038	0,234
4	ПААУМУНКАИВП-800	0,35	0,042	0,392
5	АГ-3	0,345	0,0415	0,3865

Подробно описан анализ дифференциальной теплоты, изотермы, энтропии и термодинамики адсорбции молекул бензола и толуола на образце ПААУМУНКАИВП-800 в высоковакуумной адсорбционной установке.

На рис. 3(а) представлена изотерма адсорбции бензола ПААУМУНКАИВП при температуре 303 К. Изотерма адсорбции первоначально указывает на то, что  $\ln(P/P_0)=-11$  адсорбируется на внутренних порах адсорбента.

Изотерма адсорбции молекул бензола в образце ПААУМУНКАИВП-800 описывалось с помощью уравнения теории объемного заполнения трехмерных микропор (ТОЗМ).

$$a=0,64\exp[(A/13,64)^2]+2,48\exp[(A/4,93)^2]+0,99\exp[(A/0,97)^1],$$

величина адсорбции в  $\alpha$ -микропорах (ммоль/г)  $C_6H_6CH_3$ ,  $A=RT\ln(P^0/P)$ -работа свободной энергии (кДж/моль).

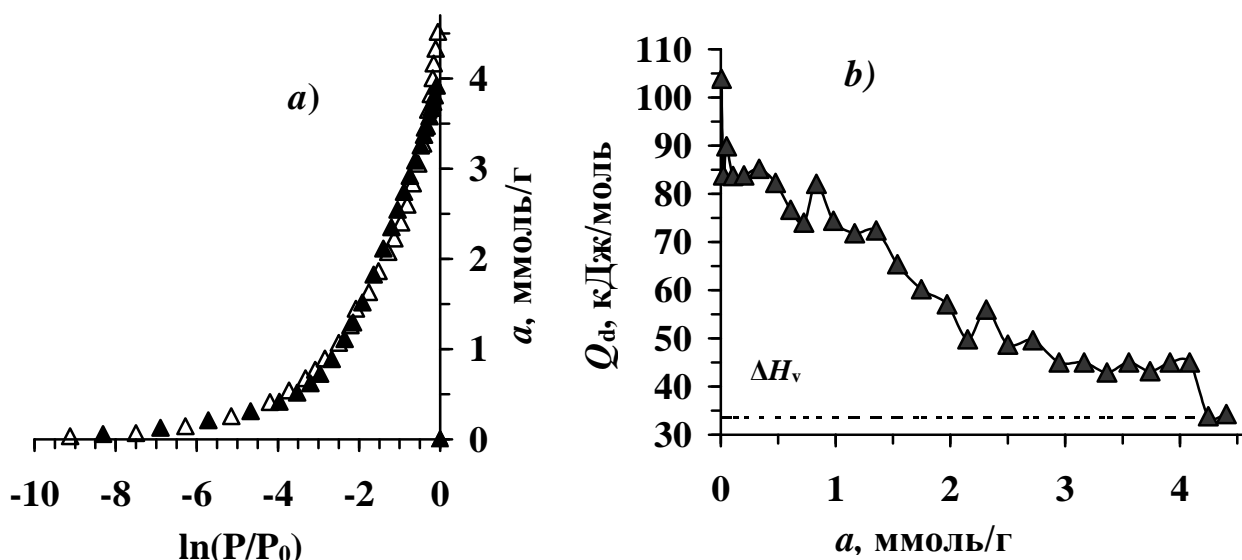


Рисунок 3. а) изотерма адсорбции паров бензола  $\Delta$ -экспертное значение ПААУМУНКАИВП при температуре 303 К; Точки рассчитываются по уравнению  $\blacktriangle$  - ТОЗМ

б) дифференциальная теплота адсорбции паров бензола на ПААУМУНКАИВП при температуре 303 К. Горизонтальная черта теплота конденсации паров бензола при 303 К.

Дифференциальная теплота адсорбции паров бензола на ПААУМУНКАИВП, полученная для исследовательских работ при температуре 303 К, представлена на рис. 3(б). Вначале теплота адсорбции бензола при начальном насыщении составляет 105,05 кДж/моль при  $a = 0,055$  ммоль/г, а теплота адсорбции последующих молекул бензола несколько снижается, и составляет  $a = 0,52$  ммоль/г,  $Q_d = 85,16$  кДж/моль. Одна из основных причин высокой теплоты адсорбции молекул бензола при малых насыщениях объясняется их адсорбцией на микропорах. Катионы металлов  $(Me^{n+}C_6H_6)_n$  типа находящиеся в порах образца угля, образуют  $\pi$ -комплексы. В дальнейшем при адсорбции наблюдался единичный максимум теплоты при дифференциальной теплоте сгорания, т.е.  $a=1,0$  ммоль/г, и наблюдалось увеличение до  $Q_d = 87,66$  кДж/моль.

На более поздних стадиях адсорбции дифференциальная теплота снижается. После  $a=4,2$  ммоль/г теплота адсорбции равна величине термической конденсации. Такое снижение значений дифференциальной теплоты адсорбции поглощается микро- и мезопорами угля, причем температуры адсорбции снижаются по мере их насыщения бензолом. Адсорбция паров бензола на угле, полученном для научно-исследовательской работы, равна теплоте конденсации, равной 33,8 кДж/моль, а всего адсорбируется 4,6 ммоль/г бензола.

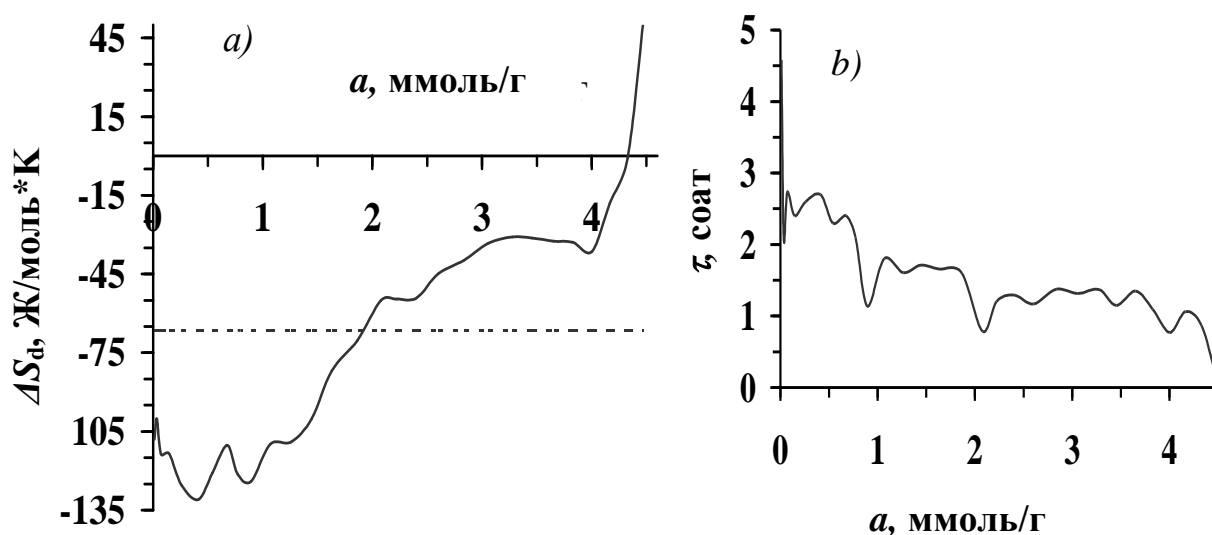


Рисунок 4. а) Дифференциальная молярная энтропия адсорбции бензола на ПААУМУНКАИВП при температуре 303 К. Горизонтальная пунктирная линия — средняя интегральная энтропия. Предположим, что энтропия твердого бензола равна нулю. б) Зависимость адсорбции бензола на ПААУМУНКАИВП при температуре 303 К от времени установления адсорбционного равновесия

Энтропия адсорбции описывает состояние движения абсорбированных молекул адсорбата в адсорбенте. энтропийная кривая -бензольной системы к адсорбенту, полученному из местных угольных остатков, стала волнистой по степени насыщения адсорбента (рис. 4,а). По данным графика энтропии известно, что до 2 ммоль/г бензол адсорбируется сильно, т. е. Располагается ниже линии средней интегральной энтропии. После 4,3 ммоль/г значение энтропии бензола в стандартном состоянии становится выше. До 4,3 ммоль/г свидетельствует о сильной локализации энтропии адсорбции в порах адсорбента. На начальных стадиях насыщения молекулы бензола прочно адсорбируются в микропорах угля, т.е. молекулы бензола находятся в инертном состоянии, а в процессе адсорбции при -68,7 Дж/моль\*К твердое состояние бензола переходит в значение энтропии. В ней затем бензол медленно переходит в жидкое энтропийное состояние. Средняя интегральная энтропия адсорбции бензола на угле, полученная в ходе исследования, составляет -68,7 Дж/моль\*К.

На рис. 4(б) показано время установления равновесия адсорбции молекул бензола на полученном активированном угольном адсорбенте.

Термокинетическое время первой молекулы толуола составляет 5,6 часа. Исходя из этого можно сказать, что количество микропор адсорбента больше, чем количество поглощенных молекул и больше времени затрачивается на распределение молекул толуола в этих порах. Снижение термокинетического времени молекул толуола до 0,5 ммоль/г наблюдается до 3 ч. После 0,5 ммоль/г время установления равновесия (термокинетика) в волнообразном виде постепенно уменьшается. По окончании процесса время баланса сокращается до 20 минут.

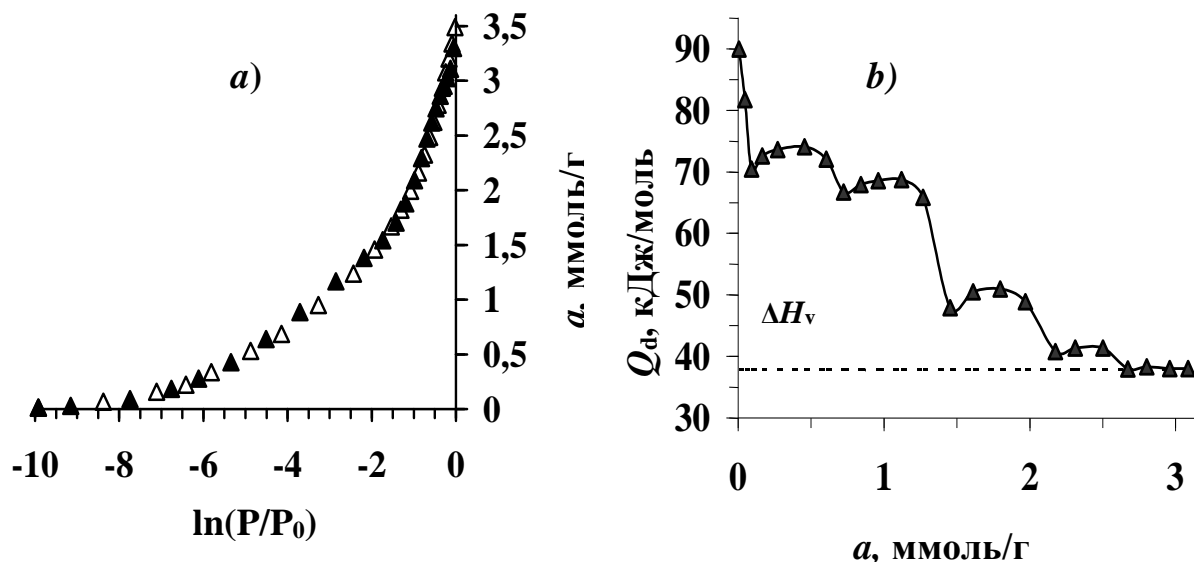


Рисунок 5. а)  $\Delta$ -экспертное значение изотермы адсорбции паров толуола на ПААУМУНКАИВП при температуре 303 К; Точки, рассчитанные по уравнению  $\Delta$ -ТОЗМ. б) Дифференциальная теплота адсорбции паров толуола на СБЁФТКНКАОУА при температуре 303 К. Горизонтальная черта Теплота конденсации паров бензола при 303 К.

Изотерму адсорбции толуола на ПААУМУНКАИВП описывали с помощью уравнения теории объемного заполнения трехмерных микропор (ТОЗМ) (рис. 5, а).

$$a = 1,74 \exp[(A/11,36)^2] + 1,33 \exp[(A/2,34)^2] + 0,63 \exp[(A/0,14)^1],$$

величина адсорбции в  $a$ -микропорах (ммоль/г)  $C_6H_5CH_3$ ,  $A = RT \ln(P^\circ/P)$ - работа свободной энергии (кДж/моль).

Дифференциальная теплота адсорбции молекул толуола на активированном угольном адсорбенте, полученном для исследовательской работы при температуре 303 К, представлена на рис. 5 (б). При начальном насыщении скорость адсорбции молекул паров толуола  $a = 0,006$  ммоль/г, а дифференциальная теплота равна 105,05 кДж/моль. При последующей адсорбции молекул толуола наблюдалось незначительное снижение показателей теплоты сгорания, где  $a = 0,093$  ммоль/г  $Q_d = 70,46$  кДж/моль. Катионы различных металлов  $(Me^{n+}C_6H_5CH_3)_n$  типа находящиеся в

микропорах полученного активированного угольного адсорбента, образуют р-комплексы  $(Me^{n+}C_6H_6CH_3)_n$  типа.

Такое снижение значений дифференциальной теплоты адсорбции поглощается микро- и мезопорами угля, причем температуры адсорбции снижаются по мере их насыщения толуолом. Адсорбция паров молекул толуола на угле, полученном для исследовательской работы, была равна теплоте конденсации, т.е. близка к 37,78 кДж/моль. Всего на полученном активированном угольном адсорбенте адсорбируется 3,5 ммоль/г молекулы толуола.

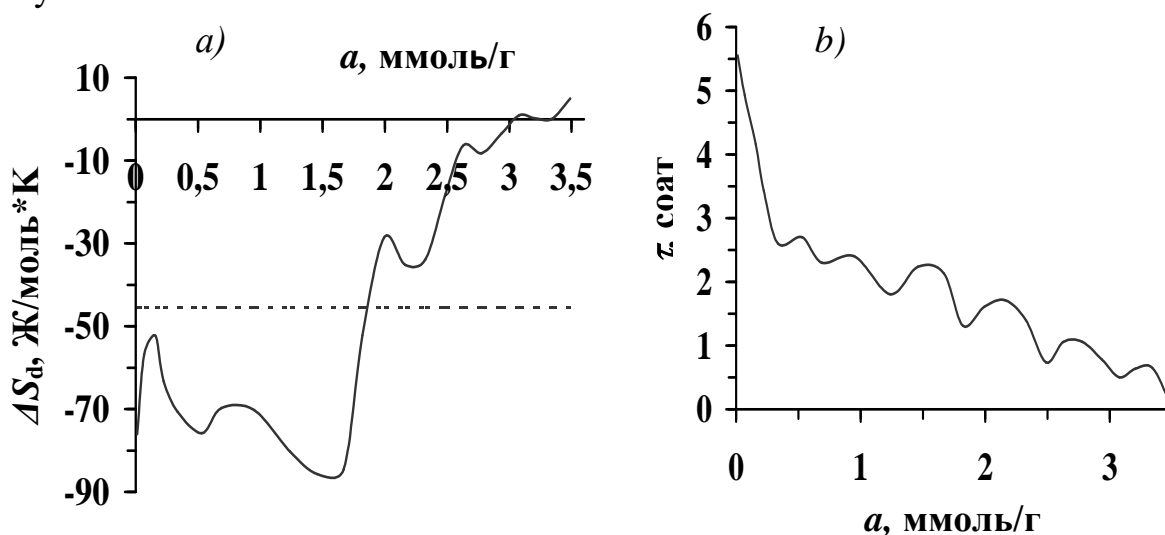


Рисунок 6. а) Дифференциальная молярная энтропия адсорбции толуола на ПААУМУНКАИВП при температуре 303 К. Горизонтальная пунктирная линия - средняя интегральная энтропия. Предположим, что энтропия твердого толуола равна нулю. б) Зависимость адсорбции толуола на ПААУМУНКАИВП при температуре 303 К от времени установления адсорбционного равновесия

На рис. 6 (а) показан энтропийный график адсорбции молекул толуола на адсорбенте из активированного угля. Энтропия адсорбции описывает состояние пор адсорбента абсорбированных молекул адсорбента и их взаимодействие с активными центрами. В процессе сорбции до 3 ммоль/г энтропия адсорбции свидетельствует о сильной локализации адсорбента в порах разного размера.

На начальных стадиях насыщения молекулы толуола прочно адсорбируются в микропорах активированного угля адсорбента, т.е. молекулы толуола находятся в инертном состоянии, при адсорбции до -50 Дж/моль\*К толуол достигает энтропии твердого состояния. Средняя интегральная энтропия адсорбции молекул толуола на адсорбенте из активированного угля, полученная в ходе исследования, составляет -45,41 Дж/моль\*К.

На рис. 6 (б) показано время установления равновесия адсорбции молекул толуола на полученном активированном угольном адсорбенте. Термокинетическое время первой молекулы толуола составляет 5,6 часа. Отсюда можно сказать, что количество микропор адсорбента больше, чем количество поглощенных молекул и больше времени затрачивается на распределение молекул толуола в этих порах. Снижение термокинетического

времени молекул толуола до 0,5 ммоль/г наблюдается до 3 ч. После 0,5 ммоль/г время равновесия (термокинетики) в волнообразном виде постепенно уменьшается. В конце процесса оно снижается до нескольких минут.

## ВЫВОДЫ

Основными научными результатами, полученными в диссертации, являются:

Приведены электронно-микроскопические изображения образцов угольных адсорбентов, полученных на основе местного угля, нефтяного кокса и асфальтенов, химический состав и полные термодинамические свойства активированного угольного адсорбента.

При термообработке смесей углеродистого сырья наблюдалась потеря массы при повышении температуры. С повышением температуры адсорбционная активность йода возрастала. В зависимости от изменения температуры полученных образцов углеродного адсорбента площадь поверхности по отношению к йоду была рассчитана равной 280,7 м<sup>2</sup>/г при потере массы 0,20 г.

Рассчитаны дифференциальная теплота адсорбции, изотерма, молярная энтропия и термокинетика изученных в работе молекул бензола и толуола, определена адсорбция 4,5 ммоль/г бензола, 3,5 ммоль/г толуола на адсорбенте из активированного угля.

Было замечено, что при адсорбции бензола полученным адсорбентом из активированного угля, первоначально 104 кДж/моль, а толуола 90 кДж/моль, дифференциальная теплота постепенно снижается.

При пересчете на значения изотермической адсорбции бензола и толуола на активированном угле адсорбентом по уравнению объемной теории насыщения микропор на порах адсорбента адсорбировалось 84,5 % бензола и 94,2 % толуола.

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

---

**NAMANGAN INSTITUTE OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY  
ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN  
INSTITUTE OF GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY**

**GULOMOVA GULNORA MUKHITDINOVNA**

**COLLOID-CHEMICAL PROPERTIES OF CARBON ADSORBENTS  
OBTAINED ON THE BASIS OF LOCAL CARBON AND OIL RESIDUES**

**02.00.11 – Colloidal and Membrane Chemistry**

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

**Namangan-2022**

**The dissertation subject of Doctor of Philosophy (PhD) is registered at Supreme Attestation Commission of the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan in number B2022.1.PhD/K467.**

Dissertation was carried out at Namangan engineering and technology institute and the Institute of General and Inorganic Chemistry.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (uzbek, russian, english (resume)) on the scientific website [www.ionx.uz](http://www.ionx.uz) and on the website of «ZiyoNet» Information and educational portal [www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)

**Research consultant:**

**Abdurakhmonov Eldor B.**  
Doctor of Chemical Sciences,  
senior researcher

**Official Opponents:**

**Salihanova Dilnoza S.**  
Doctor of technical sciences, professor  
**Xandamov Davron A.**  
Doctor of Chemical Sciences, dotsent

**Leading organization:**

**Fergana polytechnic institute**

Defense will take place on «30» June, 2022 y. at 14<sup>00</sup> o'clock at the meeting of scientific council PhD.03/30.12.2019.K/T.66.02 under Namangan engineering and technology institute. Address: 7, Kosonsoy Street, Namangan District, 160115, Namangan, tel.: (99869) 228-76-75, Fax: (99869) 228-76-71, e-mail: [niei\\_info@edu.uz](mailto:niei_info@edu.uz).

Dissertation can be reviewed at the Information-resource Centre at the Institute Namangan engineering and technology institute (registration number №460). (Address: 7, Kosonsoy Street, 160115, Namangan, tel.: (99869) 228-76-75, Fax: (99869) 228-76-71)

Abstract of dissertation was mailed by «17» June, 2022 y.  
(mailing report №6 «17» June 2022 year).



**Ergashev O.**  
Chairman of the scientific council awarding scientific degree, Dr. chem.sci., professor  
**Sherkuziyev D.**  
Scientific secretary of the scientific council awarding scientific degree, candidate of technical sciences, professor  
**Dekhkanov Z.**  
Chairman of scientific seminar at scientific council on awarding of scientific degree, doctor of technical sciences, dotsent



## INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

**The aim of the research work** is the development of methods for obtaining carbon adsorbents based on local coal (Angren B-3 grade), petroleum coke and asphalt, as well as the determination of adsorption isotherms, differential heats, entropy and thermokinetic properties of benzene and toluene molecules.

**The subject of the research work** study is methods for obtaining import-substituting carbon adsorbents from local coals, petroleum coke and asphaltenes, their colloidal chemical properties and their purification of oilfield effluents, as well as studying the patterns of adsorption processes.

**The scientific novelty of the research work is the following:**

determined when receiving activated carbon adsorbents the ratio of local coal, petroleum coke and asphaltene mixtures, which was 5:3:2 and their colloidal chemical properties;

the optimal conditions for obtaining a carbon adsorbent were determined based on the impact of local mixtures of coal, petroleum coke and asphaltenes on the surface depending on temperature;

based on the mathematical equations of the volumetric theory of volumetric saturation (MGTS), the adsorption isotherms of benzene and toluene vapors on activated carbon adsorbent are described, according to which the logarithmic values of pressure are determined during adsorption on micro- and mesopores;

it has been proven that 4.5 mmol/g of benzene, 3.5 mmol/g of toluene molecules are adsorbed on activated carbon, including 3.8 mmol/g of benzene and 3.3 mmol/g of toluene molecules;

developed a method for obtaining activated carbon adsorbents with high sorption capacity based on local coals, petroleum coke and asphaltenes.

**Implementation of research results.** Based on the obtained scientific results on the production of coal adsorbent from coke and bituminous residual oil products:

methods for cleaning benzene and toluene molecules from aromatic hydrocarbons in industrial wastewater from oil refining of coal adsorbent are included in the "List of promising developments for 2022-2024" of LLC "Chinoz Oil Refinery" (Reference of Uzbekneftegaz JSC No. 28-1-01/768 dated October 6, 2021). The result obtained made it possible to purify industrial wastewater from oil refining from aromatic compounds.

methods of purification from heavy metal ions ( $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ) from industrial wastewater from coal adsorbent oil processing are included in the "List of developments to be introduced in 2022-2024" by Chinoz Oil Refinery LLC (Reference of Uzbekneftegaz JSC No. 28-1-01/768 dated October 6, 2021). The result obtained made it possible to remove metal ions from the industrial wastewater of LLC Chinoz Oil Refinery.

**The structure and volume of the thesis.** The dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusion, a list of literature and applications. The volume of the dissertation is 106 pages.

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

**I бўлим (I часть; I part)**

1. Гуломова Г.М., Абдурахмонов Э.Б., Энергетика адсорбции паров бензола активированном углем // Universum: химия и биология: научный журнал 2021 йил Часть 1. № 11 (89) С. 100-102. (02.00.00., №2).

2. Gulomova G.M., Abduraxmonov E.B. Adsorption energy of toluene vapors into an adsorbent obtained on the basis of local angrene coal //Harvard Educational and Scientific Review, International Agency for Development of Culture, Education and Science USA. 2021, P.118-128. (05.00.00., №4).

3. Gulomova G.M., Aripxodjayeva M.B., Abduraxmonov E.B. Types, properties, characteristics of activated carbon and obtaining samples of granular activated carbons using composite binders // Journal Technical science and innovation, 2021, ISSN 2181-0400 , № 3 (9) P.61-66. (02.00.00., №11. ЎзР ОАК Раёсатининг қарори 29.06.2019й., №266/7)

4. Gulomova G.M., Tillashayxov M.S. Adsorption of aromatic hydrocarbon with activated angron carbon // Journal Technical science and innovation, 2021, ISSN 2181-0400, № 3 (9) P.67-72. (02.00.00., №11. ЎзР ОАК Раёсатининг қарори 29.06.2019й., №266/7).

5. Гуломова Г.М., Абдурахмонов Э.Б., Тиллашайхов М.С., Низамова Д.О. Маҳаллий кўмир асосида олинган адсорбентни толуол буғлари билан тўйинтириб, унинг адсорбцион энергетик хусусиятларини ўрганиш// «Энергия ва ресурс тежаш муаммолари» журнал, № 4, ISSN (print) 2091-5985. Ташкент-2021. С.325-328. (05.00.00., №21)

**II бўлим (II часть; II part)**

6. Гуломова Г.М. Теоретические и практические аспекты изучения ангреноского угля для получения сорбентов // Международная конференция академическая наук, г.Новосибирск 2021 октябрь, С. 92-97.

7. Абдурахмонов Э.Б., Гуломова Г.М. Активланган кўмирда бензол адсорбцияси изотермасы// Sanoat injeneriyasining dolzarb muammolari respublika ilmiy-amaliy anjumani , Бухоро 2021, 20-22 октябр. 199 б.

8. Гуломова Г.М. Кўмир адсорбентга толуол буғлари адсорбциясининг мувозанат вақти// “Modern scientific challenges and trends” collection of scientific works of the international scientific conference. Warsaw 2021, Issue 10 (44), P. 18-19.

9. Гуломова Г.М., Абдурахмонов Э.Б. Кўмир адсорбентга толуол буғлари адсорбцияси изотермияси// “Modern scientific challenges and trends” collection of scientific works of the international scientific conference. Warsaw 2021, Issue 10 (44), P. 20-22.

10. Гуломова Г.М., Абдурахмонов Э.Б., Тиллашайхов М.С., Низамова Д.О. Маҳаллий кўмир асосида олинган адсорбентни толуол буғлари билан тўйинтириб, унинг адсорбцион энергетик хусусиятларини ўрганиш//

“Актуальный проблемы системы электроснабжения” международная научно-техническая конференция, Ташкент-2021, 25-26 ноябрь. С.416-417.

11. Мусаев М.Н., Гулямова Г.М. Способы утилизации и переработки нефтешлама. «Инновацион техника ва технологияларнинг атроф муҳит муҳофазаси соҳасидаги муаммо ва истиқболлари» мавзусидаги халқаро илмий-техник анжумани (Онлайн). Тошкент-2020, 17-19 сентябрь. С.323-324.

12. Гулямова Г.М., Мусаев М.Н. Проблемы утилизации шламовых отходов нефтегазовой отрасли // «Проблемы экологии и экологической безопасности. Создание новых полимерных материалов» VII Международной заочной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню охраны окружающей среды. Минск-2020, 5 июнь. С.98-101.

13. Gulomova G.M., Abduraxmonov E.B. Termokinetics adsorption of toluene into aktive carbon //«ХИМИЯ: ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА» МАТЕРИАЛЫ международной научно-практической конференции Ташкент-2021, 21 декабрь. С.51.

14. Gulomova G.M., Abduraxmonov E.B. Differential entropy adsorption of toluene into aktive carbon//«ХИМИЯ: ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА» МАТЕРИАЛЫ международной научно-практической конференции Ташкент-2021, 21 декабрь. С.76-77.

Автореферат «Наманган Мухандислик-технология институти Илмий-техник»  
журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилиб, ўзбек, рус ва инглиз  
тилларидаги матнлар ўзаро мувофиқлаштирилди.

Бичими: 84x60 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. «Times New Roman» гарнитура  
Рақамли босма усулида босилди.  
Шартли босма табағи: 3,25. Адади 100. Буюртма № 5.

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