

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

---

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ**

**ХУДАЙБЕРГАНОВА НАГИМА ТУРДИБАЕВНА**

**ТАРКИБИДА НЕФТЬ МАҲСУЛОТЛАРИ БЎЛГАН ОҚАВА  
СУВЛАРНИ ТОЗАЛАШ УЧУН НЕФТЬ КОКСИ ВА АСФАЛЬТ  
АСОСИДАГИ ЯНГИ СОРБЕНТ ОЛИШ**

**02.00.11 – Коллоид ва мембрана кимёси**

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

**Тошкент–2023**

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

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

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

**Худайберганова Нагима Турдибаевна**

Таркибида нефть маҳсулотлари бўлган оқова сувларни тозалаш учун нефть  
кокси ва асфальт асосида янги сорбент олиш ..... 3

**Худайберганова Нагима Турдибаевна**

Получение нового сорбента на основе нефтяного кокса и асфальта для  
очистки нефтесодержащих сточных вод ..... 21

**Khudayberganova Nagima Turdibaevna**

Obtaining a new sorbent based on petroleum coke and asphalt for the treatment of  
oily wastewater ..... 39

**Эълон қилинган илмий ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ

List of published works ..... 43

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

---

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ**

**ХУДАЙБЕРГАНОВА НАГИМА ТУРДИБАЕВНА**

**ТАРКИБИДА НЕФТЬ МАҲСУЛОТЛАРИ БЎЛГАН ОҚАВА  
СУВЛАРНИ ТОЗАЛАШ УЧУН НЕФТЬ КОКСИ ВА АСФАЛЬТ  
АСОСИДАГИ ЯНГИ СОРБЕНТ ОЛИШ**

**02.00.11 – Коллоид ва мембрана кимёси**

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

**Тошкент–2023**

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Олий таълим фаи ва инновацион вазирлиги хузуридаги Олий атгестация комиссиясида В2023.4.PhD/Т1273 рақам билан рўйхатга олинган.

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

**Илмий раҳбар:**

**Ризаев Абдумалик Набиевич**  
техника фанлари доктори, профессор

**Расмий оппонентлар:**

**Абдикамалова Азиза Бахтияровна**  
кимё фанлари доктори, катта илмий ходим  
**Эшметов Расул Жумязович**  
техника фанлари доктори, доцент

**Етакчи ташкилот:**

**Фарғона политехника институти**

Диссертация химояси Умумий ва ноорганик кимё институти хузуридаги илмий даражалар берувчи 02/30.12.2019.К/Т.35.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2023 йил «29» декабрь соат 10<sup>00</sup> да ўтадиган мажлисида бўлади (Манзил: 100170, Тошкент ш., Мирзо Улуғбек кўчаси 77-а Тел.: (+99871) 262-56-60, факс: (+99871) 262-76-90, e-mail: [ionx@academy.uz](mailto:ionx@academy.uz)).

Диссертация билан Умумий ва ноорганик кимё институти Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (6 - рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100170, Тошкент ш., Мирзо Улуғбек кўчаси 77-а Тел.: (+99871) 262-56-60, факс: (+99871) 262-76-90.

Диссертация автореферати 2023 йил «15» декабрь куни тарқатилди.

(2023 йил «15» декабрдаги №6 реестр баённомаси).



**Б.С.Закиров**

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

**Д.С.Салиханова**

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

**И.Д.Эшметов**

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

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

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Дунёда нефтьни қайта ишлаш корхоналаридан чиқаётган оқава сувларнинг таркибидаги кўшимчалар атроф муҳитга салбий таъсирини кўрсатиб келмоқда. Шунинг учун арзон ва мавжуд хом ашёдан сорбент олиш муаммоси долзарбдир. Оқава сувларни турли хил ароматик бирикмалардан тозалашда гидрофоб сорбентлардан фойдаланиш жуда муҳимдир. Бу жараён асосан кўмир адсорбентлари ёрдамида амалга оширилади. Шу сабабли юқори сорбцион хусусиятга эга нефть қолдиқ маҳсулотларидан (кокс ва асфальт) кўмир адсорбентларини олиш технологиясини ишлаб чиқиш катта аҳамиятга эга.

Жаҳонда бугунги кунда нефтьнинг қолдиқ маҳсулотларидан кўмир адсорбентини олиш технологиясини яратишда илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда. Бу борада, куйидаги илмий ечимларни асослаш, жумладан: кўмир сорбентини олишда зарур бўлган маҳаллий нефтни қолдиқ маҳсулотларини танлаб олиш; олинган кўмир сорбентларини зарур сорбатларни юттириб адсорбцион хусусиятларини тўлиқ ўрганиш; олинган кўмир сорбентига оқава сув таркибидаги кўшимча асосли ва кислоталик хоссаларини намоён қилувчи кимёвий моддаларнинг таъсирини аниқлаш; маҳаллий нефтьнинг қолдиқ маҳсулотлари асосида олинадиган кўмир адсорбентларини олиш технологиясини ишлаб чиқиш зарур.

Республикада нефть кимёси саноатини жадал ривожлантириш, янги турдаги ишлаб чиқариш қувватларини яратиш, рақобатбардош маҳсулотларнинг турлари ва ҳажми кенгайишига олиб келмоқда, бунинг натижасида нефтьни қайта ишлаш заводларидан чиқадиган оқава сувлар ҳажмини ошишига ва уларни тозалаш учун маҳаллий нефть қолдиқларидан кўмир адсорбентларини ишлаб чиқариш технологияларини ривожлантириш бўйича илмий ва амалий натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича 2022-2026-йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегиясини «Инсон қадрини улуғлаш ва фаол маҳалла йили»да амалга оширишга оид Давлат дастурининг 22 мақсадида «Нефть-газ соҳасида трансформация жараёнларини жадаллаштириш орқали табиий газ таъминотида ижтимоий ҳимоя кафолатлари белгиланган ҳолда бозор механизмларини жорий этиш»<sup>1</sup> вазифалари белгиланган. Бу борада, юқори самарали адсорбцион хусусиятга эга кўмир сорбентларини олиш ва уларни таркибида нефть маҳсулотлари бўлган оқава сувларни тозалашда қўллашга алоҳида эътибор қаратилган.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2020 йил 21 августдаги ПҚ-4805 «Кимё ва биология йўналишларида узлуксиз таълим сифатини ва илм-фан натижадорлигини ошириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2019 йил 3 апрельдаги ПҚ-4265-сон «Кимё саноатини янада ислоҳ қилиш ва унинг инвестициявий жозибдорлигини ошириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги

---

<sup>1</sup>Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28-январьдаги ПФ-60 “2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида”ги фармони

қарорлар, 2017 йил 7 февральдаги ПФ-4947-сон «2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг бешта устувор 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.** Дунёда олиб борилаётган тадқиқот ишларида асосан ўсимликлардан ва кўмир конларидаги кўмир кукини ва қолдиқ маҳсулотларидан фаоллантирилган кўмир олиш бўйича маълумотлар кўпроқ келтирилган бўлиб, нефтьнинг асосини углерод бирикмалари ташкил қилишини ҳисобга олган ҳолда, нефтьнинг қолдиқ маҳсулотларидан фаоллантирилган кўмир олиш бўйича маълумотлар кам учрайди.

Хорижий олимлардан March H. (2006), Ахметов М.М. (2007), Орлов А.А. (2009), Betzy N.T. ва Soney C.G. (2015) лар ўсимлик ва коксдан фаоллантирилган кўмир олиш бўйича турли хил объектларда тадқиқот ишларини олиб боришган.

Ўзбекистонда коллоид кимё соҳасида ЎЗР ФА Умумий ва ноорганик кимё институтида К.С. Ахмедов бошчилигида илмий мактаб яратилган бўлиб, унинг вакилларида Э.А.Арипов, С.С.Хамраев, С.Н.Аминов, А.А.Агзамходжаев, У.К.Ахмедов, Г.У.Рахматқариев, В.П.Гуро, С.З.Муминов, Г.Р.Нарметова, Б.Н.Хамидов, С.А.Абдурахимов, Ф.М.Юсупов, И.Д.Эшметов, Д.С.Салиханова, Ш.А.Кулдашева, Д.Ж.Жумаева, Ф.Г.Рахматқариева, О.К.Эргашев, Э.Б.Абдурахмонов ва бошқалар, унинг ривожланиши учун салмоқли ҳисса қўшганлар.

Шуни таъкидлаш керакки, ҳозирги пайтгача нефтьни қайта ишлаш саноати оқава сувларини тозалашда нефтьнинг қолдиқ маҳсулотлари асосида олинган адсорбентлар олиш усулларини яратиш борасидаги тадқиқотлар кенг олиб борилмаган. Мазкур диссертация ишида маҳаллий нефть конларининг қолдиқ маҳсулотлари асосида экологик хавфсиз ва энергия жиҳатидан самарадор кўмир адсорбентини олиш, ўрганиш ва амалиётда қўллаш муаммолари ўрганилган.

**Тадқиқотнинг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги.** Диссертация Тошкент темир йўл муҳандислари институтининг илмий-тадқиқот ишлари режасига мувофиқ БВ-Атех-2018-509 «Оқава сув тизимларини меъёрий базасини такомиллаштиришнинг назарий тамойиллари» мавзусидаги амалий лойиҳаси доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** таркибида нефть маҳсулотлари бўлган оқава сувларни тозалаш учун нефть кокси ва асфальт асосидаги янги сорбент олиш

технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

сорбент олиш учун керак бўлган хом ашёлар базасини ўрганган ҳолда, уларнинг энг мақбулини танлаш;

нефть кокси ва асфальтнинг хусусиятларини, шу жумладан уларнинг кимёвий таркиби, тузилиши ва сирт хусусиятларини ўрганиш;

нефть кокси ва асфальт асосидаги сорбент ишлаб чиқариш учун оптимал шароитларини, шу жумладан ҳарорат, вақт ва композициянинг таркибий ўзгаришини аниқлаш;

физик-кимёвий ва коллоид-кимёвий усуллар ёрдамида олинган сорбент намуналарини ўрганиш;

оқава сувларни тозалаш жараёнида нефть кокси ва асфальтга асосланган сорбент ишлаб чиқариш технологиясини ишлаб чиқиш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида Фарғона нефтьни қайта ишлаш заводидан олинган кокс ва асфальт асосида олинган кўмир намуналари, нефтьни қайта ишлашда олинган оқава сувлар олинган.

**Тадқиқотнинг предмети**ни маҳаллий нефтьнинг қолдиқ маҳсулотлари кокс ва асфальтдан кўмир адсорбентларини олиш усуллари, уларнинг адсорбцион хоссалари ва уларни саноат оқава сувларини тозалаш, ҳамда адсорбцион жараёнларидаги қонуниятларини ўрганишдан ташкил этган.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Диссертация ишини бажаришда физик-кимёвий (аналитик усуллар, IQ-спектрофотометрия, электрон микроскопик, рентгенфазавий, термогравиметрик) ва коллоид-кимёвий (паст ҳароратли азот адсорбцияси, эритмадан адсорбция) каби асосий таҳлил усулларида фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** куйидагилардан иборат:

шнekli прессда шаклантириш, 150°C да қуритилиб, карбонизация (400±50)°C ва (1000)°C да фаоллантириш жараёнидан ўтказилган нефть кокси ва асфальт асосидаги донадор кўмир адсорбентини олишда бошланғич композицияни дастлаб 65-70°C ҳароратда аралаштириш талаб этиб, бу асфальтнинг боғловчи хоссалари ҳисобига нефть коксининг бутун юзаси бўйлаб тўлиқ боғланиш орқали доначаларга кўшимча мустаҳкамлик хусусиятини бериши аниқланган;

композиция таркибидаги асфальт концентрациясини 36% гача (ФК3) ошириш доначаларнинг мустаҳкамлигини 94% гача, таркибида 24% асфальт бўлган композицияга (ФК2) нисбатан (79%) ошириш имкониятини бериб, бу кокс заррачалари тузилмасининг жипс ва самарали боғланиши, унинг қовушқоқлиги ва боғловчи хоссалари ҳисобига доначаларнинг яхшироқ зичланиши билан боғлиқлиги аниқланган;

доначаларни буғ ёрдамида фаоллантириш иссиқлик билан (термик ишлов) ишлов беришга (75-80%) нисбатан асосий маҳсулот чиқишини 70-73% гача камайтириши аниқланиб, бу нафақат композиция таркибий қисмларининг куйиб, оксидланиши билан, балки кулли қисмининг 2% гача камайиши билан ҳам боғлиқ бўлиб, бу ҳолатлар йодга нисбатан адсорбцион

фаолликнинг яна 8-16% га ортишига сабаб бўлиши исботланган;

ФК3 ва ФК4 намуналари нефть маҳсулотлари концентрациясини пасайтиришда, ўзаро 90 дақиқа давомида таъсирлашишда 95% дан юқори самарадорликка эга эканлиги аниқланиб, бу ҳол термо-(иссиқлик) ва буғ ёрдамида фаоллантирилган намуналарнинг юқори солиштирма юзага эга эканлигидан келиб чиқиши исботланган;

оқова сувларни нефть маҳсулотлари ва бошқа органик моддалардан тозалашда нисбатан юқори адсорбцион фаолликка эга, нефть кокси ва асфальт (боғловчи сифатида) асосидаги донадор кўмир адсорбентини олиш технологияси ишлаб чиқилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

маҳаллий нефть кокси ва асфальтдан сув буғи билан фаоллантирилган кўмир сорбентини олиш технологияси яратилган;

олинган фаоллантирилган кўмир сорбенти ёрдамида оқова сувларни нефть маҳсулотларидан тозалаш имконияти яратилган.

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

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.**

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти маҳаллий нефть кокси ва асфальт асосида олинган углеродли адсорбентларга бензол молекулаларининг мезо- ва микроғовакларга адсорбцияланиши натижасида термодинамик жараёнлар бўйича параметрларини тадқиқ этиш, адсорбентнинг фаол марказлари сони, адсорбцияланиш механизмини қонуниятлар асосида аниқланиши, оқова сувлар таркибидаги нефть маҳсулотларини тозалашда қўллаш учун адсорбентнинг сорбцион-тузилиш кўрсаткичлари аниқланиши янги турдаги адсорбентни ишлаб чиқиш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти маҳаллий нефтьнинг қолдиқ маҳсулотлари кокс ва асфальт асосида фаоллантирилган янги адсорбент олиш технологиясини ишлаб чиқишда ҳамда кимё ва кимёвий технология, саноат оқова сувларини тозалаш ихтисосликлари бўйича малакали кадрлар тайёрлашдаги ўқув жараёнида фойдаланиш учун хизмат қилади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Нефтьнинг қолдиқ маҳсулотлари кокс ва асфальтдан кўмир адсорбентини олиш бўйича олинган илмий натижалар асосида;

маҳаллий нефть қолдиқ маҳсулотлари кокс ва асфальт асосида янги кўмир адсорбентини олиш технологияси «Ўзбекнефтгаз» АЖ нинг «2022-2023 йиллар амалиётга жорий этиладиган истиқболли ишланмалар» рўйхатига киритилган («Ўзбекнефтгаз» АЖ нинг 2021 йил 13 сентябрдаги 03-17-5/136-сон маълумотномаси). Натижада, оқова сувларни нефть маҳсулотларидан тозалашда қўлланиладиган импорт ўрнини босувчи адсорбент олиш имконини беради.

олинган кўмир адсорбенти ёрдамида оқова сувлар таркибидан нефть маҳсулотларини тозалаш технологияси «Ўзбекнефтгаз» АЖ нинг «2022-2023 йиллар амалиётга жорий этиладиган истиқболли ишланмалар» рўйхатига киритилган («Ўзбекнефтгаз» АЖ нинг 2021 йил 13 сентябрдаги 03-17-5/136-сон маълумотномаси). Натижада оқова сувларни нефть маҳсулотларидан 88-93% гача тозалаш имконини беради.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Тадқиқот натижалари, жумладан, 8 та халқаро ва 1 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 мақолалар, 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 95 бетни ташкил этди.

## **ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ ҚИСМИ**

**Кириш** қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати келтирилган, мақсад ва вазифалар, шунингдек, муаммонинг ўрганилганлик даражаси, тадқиқотнинг усуллари, объекти ва предмети ифодаланган, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикаси фан ва технологияларни ривожлантириш йўналишига мувофиқлиги келтирилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг ишончлилиги асосланган, натижаларнинг назарий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий этиш рўйхати келтирилган, чоп этилган ишлар ва диссертациянинг ҳажми, тузилиши бўйича маълумотлар берилган.

Диссертациянинг **“Нефть кокси ва асфальтдан фаоллантирилган кўмир олиш муаммосининг таҳлили”** деб номланган биринчи бобида, дунё олимлари томонидан фаоллантирилган кўмирнинг олиниши ҳақида батафсил маълумотлар келтирилган. Бундан ташқари бу бобда фаоллантирилган кўмирларнинг ўзига хос хусусиятлари, юзалар кимёси ва қаттиқ фазаларнинг ғовақлар тузилиши ва уларнинг фаол марказларида адсорбцияси ифодаланган.

Диссертациянинг **“Нефть кокси ва асфальтдан фаоллантирилган кўмир олиш учун тадқиқот объектлари ва усуллари”** деб номланган **иккинчи** бобида кокс ва асфальтдан фаоллантирилган кўмир олиш, олинган кўмирни физик-кимёвий усуллар ёрдамида сорбцион хусусиятларини аниқлаш бўйича маълумотлар келтирилган.

Нефть кокси ва асфальтнинг элемент таркибини аниқлаш учун MALDI-8020 масс-спектрометри (Shimadzu) ишлатилган. Спектрофотометрик таҳлил натижалари 1 ва 2-жадвалларда келтирилган.

1-жадвал.

## Нефть коксининг элемент таркиби, %

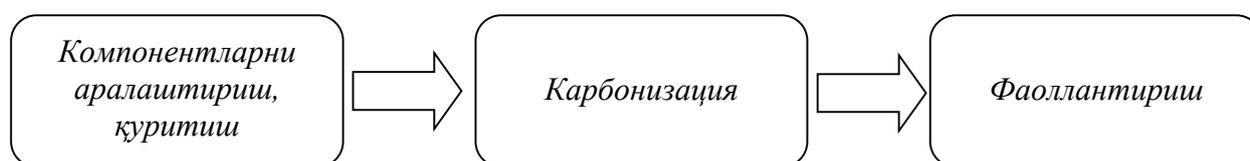
C	S	H	N	P	V	Fe	Ti	K	Mg	Al	Na	Ba
98,23	0,51	0,06	0,92	0,12	0,02	0,03	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,05

2-жадвал.

## Асфальтнинг элемент таркиби, %

C	S	Na	Si	Cl	P	V	Fe	Ti	K	Mg	Al	Li	Cu
94,1	3,19	0,61	0,42	1,38	0,12	0,02	0,03	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,05

Фаоллантирилган углерод адсорбентини олиш муаммосини ҳал қилиш учун биз қуйида келтирилган услубий асосни танладик. 1-расмда схематик кўринишда босқичма босқич углерод адсорбентини олиш методикаси келтирилган.



1-расм. Фаоллантирилган кўмир адсорбентини олиш схемаси

Диссертациянинг “**Нефть кокси ва асфальт асосида фаоллантирилган кўмир адсорбентлар**” деб номланган учинчи бобида олинган кўмир намуналарининг адсорбция изотермалари ва тўлиқ сорбцион хусусиятлари берилган.

3-жадвалдан кўриниб турибдики, фаоллаш ҳароратининг ошиб бориши билан углерод материалнинг массаси камайиб боради, шу билан бирга йодга нисбатан фаоллиги ортиб боради. Масалан, ҳарорат 400 дан 1000°C гача ўзгарганда углеродли материал моддасининг масса йўқолиши 44,3% дан 10,2% гача камаяди, йодга нисбатан фаоллиги эса мос равишда 22,4% дан 53,2% гача ўзгаради. Олинган углеродли материал намуналари учун йоднинг адсорбцион фаоллиги аниқланди (ГОСТ 6217-74).

3-жадвал.

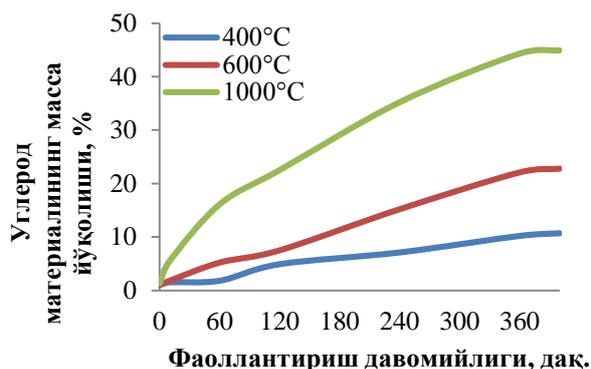
## Нефть коксини ҳар хил ҳароратларда фаоллантириш натижалари

Фаоллантириш давомийлиги, дақ.	Углерод материалнинг масса йўқолиши, %			Йодга нисбатан фаоллиги, %		
	Ҳарорат, °C					
	400	600	1000	400	600	1000
10	1	1	1	1,4	1,3	0,7
60	1,8	2,2	6,1	2,3	3,1	9,5
120	4,9	7,5	22,5	3,1	8,5	24,6
240	7,1	15,2	35,2	9,4	28,1	41,6
360	10,2	22,1	44,3	22,4	41,3	53,2
400	10,7	22,8	44,9	22,9	41,8	53,7

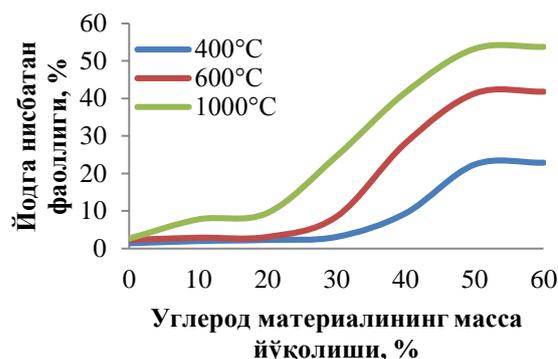
Нефть коксининг масса йўқотилиши турли ҳароратларда фаоллантириш давомийлигига боғлиқлиги 2-расмда кўрсатилган.

2-расмдан кўришиб турибдики, турли ҳароратларда углеродли материалнинг масса йўқотилиши фаолантириш давомийлигининг ортиши билан чизиқли равишда ошиб боради. Углеродли материалнинг масса йўқотилиши (ички юзанинг ҳосил бўлиши), биринчидан, углерод материалнинг учувчи бирикмаларининг чиқарилиши ва иккинчидан, углероднинг сув буғлари билан кимёвий ўзаро таъсири туфайли содир бўлади.

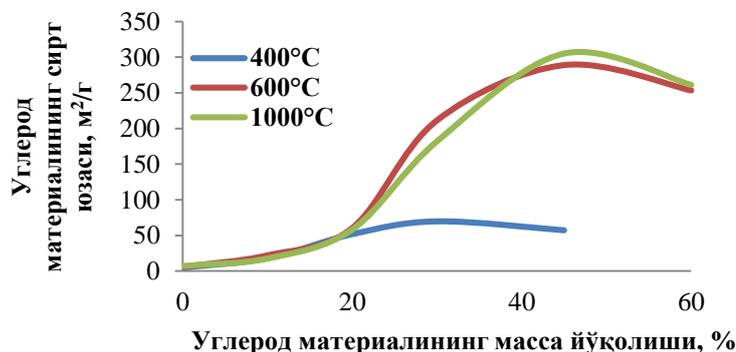
Намуналарнинг ҳар хил ҳароратларда масса йўқолишига қараб йодга нисбатан адсорбцион фаоллигининг ўзгариши 3-расмда кўрсатилган.



**2-расм. Нефть коксининг масса йўқотилишининг фаолланиш давомийлигига боғлиқлиги.**



**3-расм. Кўмирнинг йодга нисбатан фаоллигининг масса камайиши билан боғлиқлиги.**

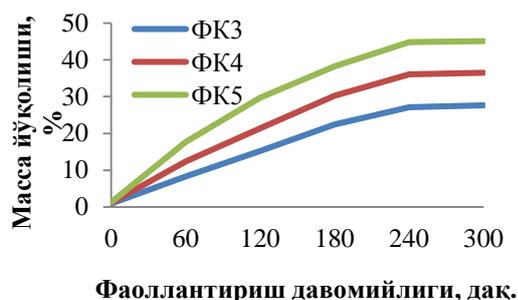


**4-расм. Намуна сирт юзасининг унинг масса йўқолиши билан боғлиқлиги.**

3-расмда кўмирнинг масса йўқолишидан йодга нисбатан адсорбцион фаоллиги бироз фаоллаш ҳароратига боғлиқ эканлигини кўрсатади. Бу бир вақтнинг ўзида турли хил жараёнлар (учувчи моддалар ўзгариши, углероднинг фаол газлар билан реакцияси) билан изоҳланади. Газлар билан фаоллантирилганда кўмирнинг масса йўқолиши ортиши билан йодга нисбатан адсорбцион фаоллиги ортади.

Қаттиқ фаза массасининг йўқотилишини ҳисобга олган ҳолда кўмир юзасининг унинг масса йўқолишига боғлиқлиги 4-расмда кўрсатилган.

4-расмда кўрсатилишича, қаттиқ фазанинг йўқолишини ҳисобга олган ҳолда углеродли материалнинг ўрганилган намуна юзаси максимал даражадан ўтади. Шундай қилиб, массанинг 0,45 қисмига тенг бўлган коксни йўқотиш учун бу сирт 305 м²/г га тенг.



**5-расм. Нефть кокси ва асфальт композициясининг масса йўқотилишининг фаоллантириш вақтига боғлиқлиги.**

5-расмдан кўришиб турибдики, фаоллаш давомийлигининг 240 дақиқагача ортиши билан кўмир масса йўқотиши чизикли равишда ошади. ФК5 учун масса йўқотиш 45% бўлса, ФК3 учун эса масса йўқотиш 27% ташкил этади.

6-расмда термик ишлов бериш вақти 150 дақиқагача бўлганда ФК3 намунаси йодга нисбатан энг юқори фаоллигини кўрсатади. Қайта ишлаш вақтининг янада ортиши билан йодга нисбатан фаоллиги атиги 1-2% га пасайишни бошлайди. Эҳтимол, ушбу босқичда термик ишлов беришнинг ўртача таъсири оптимал ғовакли тузилишни яратишга ва фаолликни оширишга ёрдам беради. ФК4 ва ФК5 намуналари учун ҳам шунга ўхшаш ўзгаришлар кузатилиши мумкин.

4-жадвалда хом ҳолатдаги нефть кокси ва асфальт композицияларининг асосий физик-кимёвий хусусиятларини таҳлил қилиш натижалари келтирилган.

**4-жадвал.**

**Нефть кокси ва асфальт дастлабки композицияларининг физик-кимёвий кўрсаткичлари**

Кўрсаткичлар	ФК3	ФК4	ФК5
Намлик, %	6,1	7,2	9,3
Куллик, %	4,6	5,1	6,3
Зичлик, г/см <sup>3</sup>	1,33	1,35	1,41
М <sub>и</sub> , %	31	33	36

ФК3, ФК4 ва ФК5 намуналари ўртасидаги фарқ ва ўхшашликларни кўриш учун доначаларни 400°C ҳароратда термик ишлов берилган ва сув буғидан фойдаланган ҳолда фаоллантириш жараёнлари физик-кимёвий хусусиятлар қийматларининг ўзгаришига олиб келади (5 ва 6-жадваллар).

**5-жадвал.**

**400°C ҳароратда термик ишлов берилган нефть кокси ва асфальт композицияларининг физик-кимёвий кўрсаткичлари**

Кўрсаткичлар	ФК3	ФК4	ФК5
Намлик, %	5,1	6,1	6,3
Куллик, %	5,7	6,6	8,9
Зичлик, г/см <sup>3</sup>	1,43	1,47	1,50
М <sub>и</sub> , %	96	98	99
Маҳсулот унуми, %	80,1	76,3	74,1

5-жадвал маълумотлари кўрсатганидек ФК3, ФК4 ва ФК5 намуналарида карбонизациядан кейин намлик камаяди. Бу шуни кўрсатадики, карбонизация жараёни доначалардан намликни олиб ташлашга ёрдам беради, бу уларнинг барқарорлиги ва чидамлилигини ошириши мумкин. Шу билан бирга, карбонизациядан кейин кулликнинг ошишига олиб келади.

6-жадвал.

**Фаоллантирилган нефть кокси ва асфальт композицияларининг физик-кимёвий кўрсаткичлари**

Кўрсаткичлар	ФК3	ФК4	ФК5
Намлик, %	6,9	7,0	6,9
Куллик, %	4,1	4,6	5,6
Зичлик, г/см <sup>3</sup>	1,41	1,39	1,36
М <sub>и</sub> , %	94	96	98
Маҳсулот унуми, %	78,2	71,3	70,1

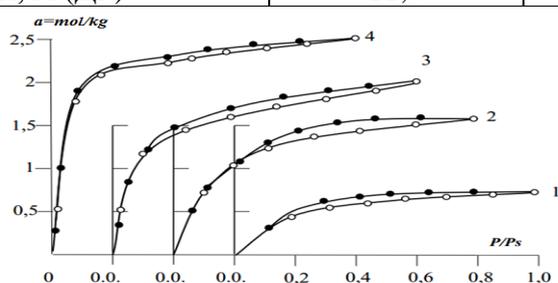
6-жадвалдаги маълумотларни олдинги маълумотлар билан таққослаб, ФК3, ФК4 ва ФК5 намуналари фаоллантирилгандан сўнг термик ишлов берилган намуналарга нисбатан намликнинг озгина ошганлигини кўрсатди.

Таркибдаги ўзгаришлар ўрганилаётган намуналарнинг сирт фаоллигига таъсир қилади. Юза хусусиятлари ўрганилганда олинган маълумотлар 7-жадвалга киритилди.

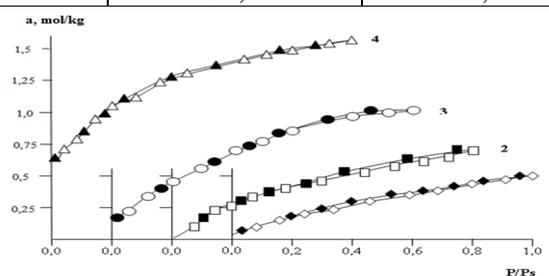
7-жадвал.

**1000°С да буғ билан фаоллантирилган намуналарнинг текстура хоссалари**

Кўрсаткичлар	Нефть кокси	ФК3	ФК4	ФК5
S <sub>БЭТ</sub> , м <sup>2</sup> /г	851	901	768	619
S <sub>МИК</sub> , м <sup>2</sup> /г (ДР)	911	1002	996	851
V <sub>0</sub> , см <sup>3</sup> /г (ДР)	0,411	0,495	0,392	0,288
R, Å (ДР)	11,3	9,8	10,0	12,9



а)



б)

7-расм. Нефть кокси (1), ФК5 (2), ФК4 (3), ФК3 (4) ларда бензол (а) ва толуол (б) буғи адсорбцияси изотермалари

Ўтказилган тадқиқот ўрганилган тизимларда ФК5, ФК4 ва ФК3 композициялари учун адсорбцион изотермалар фаоллантирилган нефть коксидан мос равишда 2,6, 3,4 ва 4,35 баравар кўплигини аниқлашга имкон берди. Адсорбция қиймати нисбий босимнинг нол қийматидан  $P/P_s \approx 0,2$  гача кескин ошади ва  $P/P_s \approx 0,8-1,0$  диапазонидаги тўйинганлик ҳолатига яқинлашади. Изотермаларда гистерезислар солиштирма нисбий босим оралиғида ( $P/P_s \approx 0,1-0,2$ ) кузатилади, бу ерда адсорбцион ва десорбцион чизиқлар бирлашиб, адсорбцион ҳалқаларни ҳосил қилади. Бу адсорбциянинг

юқори солиштирма босимларида капилляр конденсация мавжудлигини кўрсатади (7(a)-расм).

Олинган изотермалар асосида БЭТ тенграмаси ёрдамида адсорбентлар моноқават сифими ( $\alpha_m$ ), солиштирма юзалари ( $S$ ) ва тўйиниш адсорбцияси ( $\alpha_s$ ) ҳисоб-китоб қилиб топилди. ФК3 нинг солиштирма юзаси ва тўйиниш ҳажми қолган адсорбентларга нисбатан юқори бўлиши кузатилди. Адсорбентларда бензол буғи адсорбциясининг асосий қисми: нефть коксига-55%, ФК5 да-51%, ФК4 да-50%, ФК3 да-57% адсорбентларнинг моноқават сифимига тўғри келиши ва нефть коксига нисбатан ФК3 да солиштирма юза ( $S$ ) энг юқори, яъни 4,3 марта катта бўлиши аниқланди (8-жадвал).

8-жадвал.

**Нефть кокси ва асфальт асосида фаоллантирилган адсорбентларда бензол буғи адсорбцияси бўйича тузилиш-сорбцион кўрсаткичлари**

Адсорбентлар	$\alpha_m$ , моль/кг	$S$ , м <sup>2</sup> /г	$\alpha_s$ , моль/кг
Нефть кокси	0,33	80,0	0,6
ФК5	0,76	183,0	1,5
ФК4	1,0	240,8	2,0
ФК3	1,43	344,1	2,5

Бензол буғлари адсорбцияси изотермалари асосида турли нисбий босимларда ( $P/P_s$ ) аниқланган микроғоваклар ҳажми  $W_0$ , мезоғоваклар ҳажми  $W_{me}=V_s-W_0$  ва тўйиниш ҳажми  $V_s$  9-жадвалда келтирилган.

9-жадвал.

**Нефть кокси ва асфальтдан олинган кўмирларда бензол буғлари адсорбцияси бўйича ғоваклар ҳажмлари кўрсаткичлари**

Адсорбентлар	$W_0 \cdot 10^3$ , м <sup>3</sup> /кг	$W_{me} \cdot 10^3$ , м <sup>3</sup> /кг	$V_s \cdot 10^3$ , м <sup>3</sup> /кг
Нефть кокси	0,05	0,030	0,053
ФК5	0,13	0,003	0,133
ФК4	0,16	0,016	0,176
ФК3	0,21	0,012	0,222

Микроғоваклар тўйиниш назарияси тенграмаси ёрдамида ҳисобланган микроғоваклар ҳажми нефть коксига нисбатан ФК5 да-2.6, ФК4 да-3.2 ва ФК3 да-4.2 марта юқори эканлиги аниқланди.

10-жадвал.

**Термик ва сув буғи билан фаоллантирилган нефть кокси ва асфальт кўмирларининг толуол буғлари адсорбцияси бўйича тузилиш-сорбцион кўрсаткичлари**

Адсорбентлар	$\alpha_m$ , моль/кг	$S \cdot 10^{-3}$ , м <sup>2</sup> /кг	$\alpha_s$ , моль/кг
Нефть кокси	0,22	75	0,55
ФК5	0,40	128	1,11
ФК4	0,68	220	1,25
ФК3	1,44	321	1,8

7(б)-расм ва 10-жадвалда кўмир адсорбентларда толуол молекулалари ютилишининг асосий қисми: нефть коксига – 40%, ФК5 да – 36,03%, ФК4 да – 54,4%, ФК3 да - 80% адсорбентларнинг моноқават сифими миқдорига тўғри келиб, адсорбентлар орасида 1000°С да сув буғи билан фаоллантирилган

намуна учун солиштирма юза ( $S$ ) ва тўйиниш ҳажми ( $a_s$ ) юқори эканлигини тажриба натижалари билан исботлашимиз мумкин. Бундай шароитда олиб борилган фаоллантирилган кўмир адсорбентида таркибидаги аморф углероднинг сув буғи билан кимёвий таъсирланиши натижасида кўмир адсорбенти адсорбцион қаватларида макро-, мезо- ва микроғовакларнинг шаклланишига олиб келади.

Толуол буғлари адсорбцияси изотермалари асосида турли нисбий босимларда ( $P/P_s$ ) аниқланган микроғоваклар ҳажми  $W_0$ , мезоғоваклар ҳажми  $W_{me}=V_s-W_0$ , тўйиниш ҳажми  $V_s$  ва ғовакларнинг ўртача радиус  $r_{o'rt}$  қийматлари 11-жадвалда келтирилган.

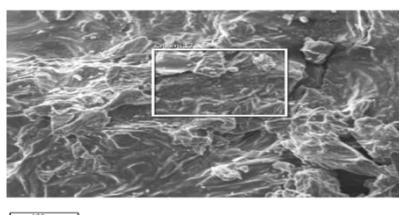
11-жадвал.

**Нефть кокси ва асфальтдан олинган кўмирларда толуол буғлари адсорбцияси бўйича ғоваклар ҳажмларининг кўрсаткичлари**

Адсорбентлар	$W_0 \cdot 10^3, \text{м}^3/\text{кг}$	$V_s \cdot 10^3, \text{м}^3/\text{кг}$	$W_{me} \cdot 10^3, \text{м}^3/\text{кг}$	$r_{o'rt}, \text{Å}$
Нефть кокси	0,081	0,105	0,024	26,6
ФК5	0,118	0,146	0,028	22,1
ФК4	0,186	0,220	0,034	18,8
ФК3	0,294	0,334	0,040	14,1

Нефть кокси ва асфальт асосидаги адсорбентларни  $400^\circ\text{C}$  дан  $1000^\circ\text{C}$  гача қиздиришда термик шароитда фаоллантирилиб, уларнинг ғоваклари шаклланиш ҳажми 2,15 баробаргача ошишига олиб келганлиги ҳисоблашларда аниқ бўлди. Бундан ташқари ФК3 нинг микроғоваклари ҳажми ФК4 га нисбатан 1,45 марта юқори эканлиги жадвалда исботини топиб турибди.

**«Нефть коксига асосланган фаоллантирилган кўмир сорбентини ишлаб чиқариш технологияси»** деб номланган тўртинчи бобида кокс ва асфальтдан фаоллантирилган кўмир олиш технологик схемаси ва иқтисодий кўрсаткичлар келтирилган.



8-расм. Нефть кокси ва асфальтдан олинган фаоллантирилган кўмир адсорбентининг сканерли электрон микроскоп ёрдамида олинган сурати.

Нефтьнинг қолдиқ маҳсулотлари кокс ва асфальт асосида олинган фаоллантирилган кўмир адсорбентининг (ФК3) элемент таркиби сканерли электрон микроскопда ўрганилди. ФК3 фаоллантирилган кўмирнинг элемент тартиби 12-жадвалида келтирилган:

12-жадвал.

**ФК3 намунасининг элемент таркиби, %**

C	O	N	P	Si	H	Ca	Na
95,6	2,54	0,22	0,1	0,56	0,08	0,24	0,12

Кўмир сорбентини олишнинг асосий технологик схемаси 9-расмда келтирилган. Кўмир сорбентини олиш учун олинган кокс (I) 1-болғали майдалагич ёрдамида катта бўлақлар майдаланади, сўнгра 2-барабанли тегирмонга берилади, у ерда кокс майда ҳолатга келтирилади (ўлчами 0,2 мм гача) ва 3-экрanga берилади. Керакли ўлчамлардан катта кокс бўлақлари қайта майдалаш учун 1-болғали майдалагичга қайтарилади. Керакли фракцияда кокс ва асфальт мос равишда 4 ва 4' бункерларда йиғилади. Кўмир олишга керак бўладиган кокс ва асфальт 4 ва 4'-бункерларга жойланади ва 5 ва 5'-массани тақсимлаш қисмларига юборилади. У ердан керакли миқдорда кокс заррачалари ва асфальт бир текис тақсимланиши билан бир хил масса олиш мақсадида 65-70°C ҳароратда яхшилаб аралаштирилиши учун 6-аралаштиргичга узатилади. Пухта аралаштирилган пластик аралашма 7-шнекли прессга юборилади. Кейинги босқич «хом дончалар»ни қуриштириш, карбонизация ва фаоллантириш учун 8-айланма барабан ўчоғига юборилади. 8-айланма барабан ўчоғини иситиш учун газ-ҳаво аралашмасидан фойдаланилади. Фаоллантириш учун буғ 11-чиқинди иссиқлик қозонидан келади, газ-ҳаво аралашмаси билан аралаштирилади ва қарши оқимда 10-ёниш ўчоғига берилади. Газларни ишлов берилган кўмир билан боғланишини яхшилаш учун 8-ўчоғи тўсиқлар билан жиҳозланган. 8-барабанли ўчоқдан кейин чиқадиган чиқинди газлар 10-ёниш ўчоғига ҳар хил захарли газларни ёқиш учун юборилади. 10-ёниш ўчоғида иситиладиган ҳаво 8-ўчоғига йўналтирилади. Бундан ташқари, чиқинди газлар сув буғини олиш учун 11-чиқинди иссиқлик қозонхонасига юборилади. Иситиш қозонидан чиқадиган буғ 8-ўчоғига фаоллантириш учун ва усқунанинг технологик эҳтиёжлари учун берилади. Фаоллантирилган кўмир 9-совутгичда совутилади. 9-совутгичдан кейинги сув 11-чиқинди иссиқлик қозонхонасига йўналтирилади. Фаоллантирилган кўмир 4'-бункерга жойланади, кейин қопларга жойланади ва тайёр маҳсулот омборига юборилади. Маҳсулот сифатини назорат қилиш доимий равишда амалга оширилади.

Сорбент олиш учун керак бўладиган маҳсулотларнинг моддий баланси 13-жадвалда келтирилган.

**13-жадвал.**

**Сорбент олиш учун керак бўладиган маҳсулотларнинг моддий баланси**

Маҳсулот	т/йил	Масса %.
Олинган:		
Кокс	1119,8	64,0
Асфальт	479,9	36,0
Жами:	1599,7	100,0
Қабул қилди:		
Углерод сорбенти	1000,0	62,5
Зарарлар (чиқиндилар)	599,7	37,5
Жами:	1599,7	100,0

Бир тонна тайёр углерод сорбентининг нарҳини ҳисоблаш учун хом ашёнинг таннарҳи кокс ва асфальтнинг тахминий бозор қиймати асосида олинади. Ёқилғи, сув ва электр энергиясини истеъмол қилиш ставкалари

кўмир ишлаб чиқариш учун ўхшаш қурилмалар ўрнатилади. Ҳисоб натижалари 14-жадвалда келтирилган.

14-жадвал.

**Ишлаб чиқариш харажатлари ҳисоб-китобларининг натижалари**

Харажат моддаси	Ўлчов бирлиги	Истеъмол даражаси	Нархи, сўм	1 тонна маҳсулот учун, сўм
Хом ашё ва материаллар:				
Нефть кокси	т	1,09848	1913043	2101439,5
Асфальт	т	0,4947	1849358,24	914877,5
Жами				3016317
Ўқилғи-энергетика харажатлари				
Газ сарфи	минг. м <sup>3</sup>	0,033	1500000	49500
Сув	минг. м <sup>3</sup>	0,03	7500	225
Электрэнергия	минг. кВт	2,0	380000	760000
Жами				809725
Бошқа харажатлар				7000000
<i>1 тонна фаол кўмирнинг нархи, сўм</i>				<i>10826042</i>

Бугунги кунда Ўзбекистон Республикасида йирик нефтьни қайта ишлаш заводларидан бири «Фарғона НКЗ» МЧЖ нефтьни қайта ишлашда кокс қолдиқ маҳсулот сифатида ишлаб чиқарилади. Кокс маҳсулотини олиш бу заводнинг йиллик нефтьни қайта ишлаш ҳажмига боғлиқ ва бу йиллик қувват 3000 тоннани ташкил этади. 7.8.9 РН 39.0-137:2017 бандига кўра: импорт фаоллантирилган кўмир ўрнини боса оладиган маҳаллий фаоллантирилган кўмирнинг иқтисодий таъсири қуйидаги формулада ҳисобланади:

$$I = (V_i \cdot K_v - Z_{nx}) \cdot A_{no} ,$$

бу ерда  $V_i$  – импорт товарлар бирлигига, чет эл валютасига тўлов учун тўлиқ валюта харажатлари;

$K_v$  - валюта курсларининг бюллетенига мувофиқ қабул қилинган чет эл валютасини миллий валютага айлантириш коэффициенти (сўм). 14.03.2023 йилда Ўзбекистон Республикаси Марказий банки маълумотларига кўра  $K_v = 11420$  сўм.

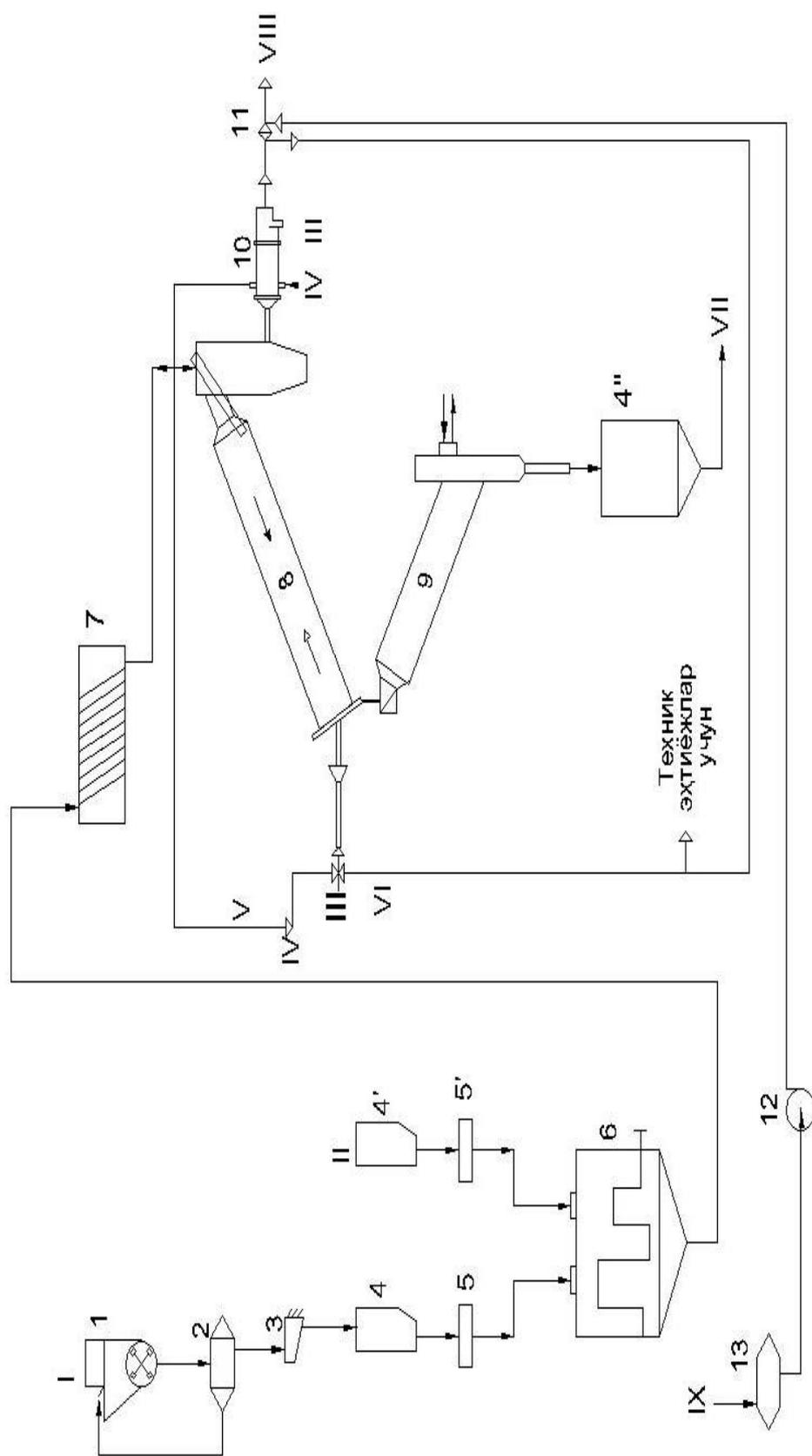
$Z_{nx}$  - импорт ўрнини босувчи маҳсулотнинг маҳаллий ишлаб чиқариш бирлигига берилган харажатлар (нарх), сўм;

$A_{no}$ .- Фарғона нефтьни қайта ишлаш заводидаги импорт ўрнини боса оладиган маҳаллий маҳсулотларнинг яъни фаоллантирилган кўмирнинг йиллик ишлаб чиқариш ҳажми 1 минг тоннани ташкил этади. Импорт қилинадиган АГ-3 кўмирининг 1 тонна қиймати- 1576\$

Нефтьни қайта ишлашда зарур бўлган фаоллаштирилган кўмирдан фойдаланишда 1000 тонна учун кутилаётган иқтисодий самарадорлик:

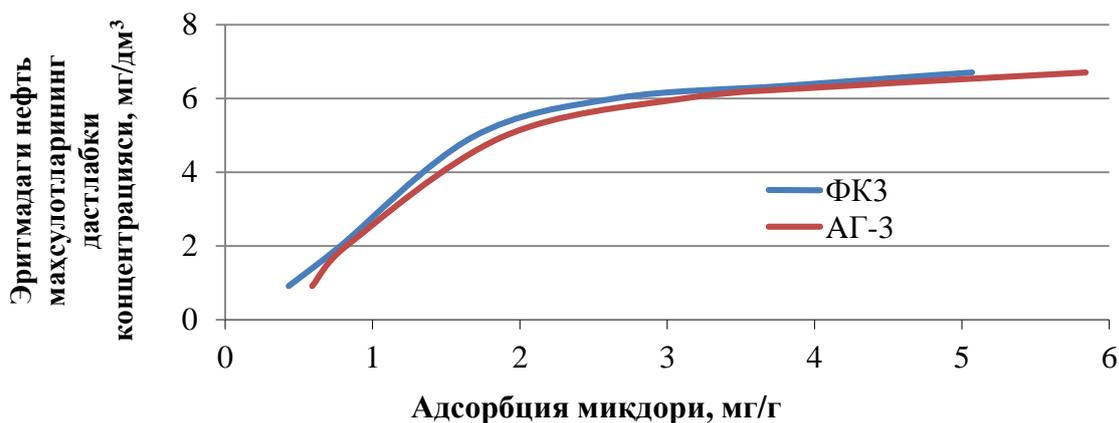
$$I=(1576*11420-10826042)*1000=7173958 \text{ сўмни ташкил этади.}$$

Олинган намуналардан энг юқори адсорбциялаш хусусиятларига эга ФКЗ намунаси ва саноатда қўлланилаётган АГ-3 маркали сорбент лаборатория шароитларида нефть маҳсулотларини ютилиши бўйича сувли эритмада тажрибалар ўтказилган.



9-расм. Кўмир сорбентини олишнинг принципиал технологик схемаси:

I-кокс; II - асфальт; III - ёқилги; IV - ҳаво; V - иситилган ҳаво; VI - сув буғлари, VII - тайёр углеродли сорбент, VIII - тутун газлари; IX - кимёвий тозаланган сув; 1 - болғали майдалагичлар; 2-барабанли тегирмонлар; 3-экранлар; 4-бункерлар, 5-массали таксимлагич; 6-аралаштиргичлар; 7 - шнекли пресс; 8 - айланувчи барабанли ўчоқ; 9-музлатгич; 10-ёниш ўчоғи; 11-чиқинди қозони; 12 - насос; 13 - сифим



**10-расм. Эритмадаги нефть маҳсулотлари адсорбцияси.**

10-расмда кўришиб турибдики, ФКЗ ва АГ-3 намуналарининг нефть маҳсулотларига нисбатан сорбцион ҳажми бир-бирига яқин натижаларни беради.

“Чинос НКЗ” МЧЖ ининг оқова сувлари ФКЗ намунасида тажриба синов ишлари ўтказилди. Олиб борилган тажриба синов натижалари ижобий баҳоланди.

**15-жадвал.**

**ЧНҚЗ дастлабки оқова сувларининг кўрсаткичлари**

КБЭ <sub>5</sub> (мг O <sup>2</sup> /л)	ККЭ (мг O <sup>2</sup> /л)	Муаллақ моддалар (мг/л)	Нефть маҳсулотлари (мг/л)	рН
60	800	10	5-15	7,8

15-жадвалдан кўришиб турибдики бир литр оқова сувларда 5-15 мг нефть маҳсулотлари мавжуд. 16-жадвалда тажриба синов ишларидан кейин оқова сув тартиби келтирилган.

**16-жадвал.**

**Чинос НКЗ оқова сувларининг тажрибадан кейинги кўрсаткичлари**

КБЭ <sub>5</sub> (мг O <sup>2</sup> /л)	ККЭ (мг O <sup>2</sup> /л)	Муаллақ моддалар (мг/л)	Нефть маҳсулотлари (мг/л)	рН
25	400	5,2	0,6-1	6

Ушбу жадвалдан кўришиб турибдики, кокс ва асфальтдан олинган намуна нефть маҳсулотлари мавжуд оқова сувларни тозалашда қўллаш мумкинлигидан далолат беради.

Оқова сув тозалангандан сўнг нефть маҳсулотлари кўрсаткичи 0,6-1 мг/л ни ташкил қилмоқда. Бу эса тозалаш самараси 88-93% гача яхшиланганлигини кўришимиз мумкин (16-жадвал).

Нефть қолдиқ маҳсулотлари кокс ва асфальтга асосланган фаоллантирилган кўмирнинг олинган намуналари бензол ва толуолни сорбциялаш қобилияти бўйича синовдан ўтказилди.

## ХУЛОСА

“Таркибида нефть маҳсулотлари бўлган оқова сувларни тозалаш учун нефть кокси ва асфальт асосидаги янги сорбент олиш” мавзусидаги фалсафа доктори (PhD) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар асосида қуйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Нефть кокси ва асфальт композицияси аралаштирилиб шнекли пресда 2 мм ли донодор шаклга келтирилиб 150°C да қуритилди. Кейинги босқич 400±50°C да карбонизациялаб 1000°C да сув буғи ёрдамида фаоллантирилди. Нефть кокси асфальт заррачалари билан тўлиқ боғланиши ва фаоллантириш натижасида доначаларининг юқори мустаҳкамлигига эришилди.

2. Нефть коксига қўшилган 11, 24, 36, 42 ва 50% ли асфальт (ФК1, ФК2, ФК3, ФК4 ва ФК5) композициялари доначаларининг ишқаланиш мустаҳкамлиги аниқланди. Шунингдек, 24% асфальт (ФК2) композицияси доначаларининг ишқаланишга мустаҳкамлиги 79% ни ташкил қилади, асфальтнинг 36% гача ошиши (ФК3) доначаларнинг ишқаланишга мустаҳкамлигининг 94% га тенг бўлиши ва адсорбцион ҳажмининг ошишига эришилди.

3. Нефть кокси ва асфальт композицияси доначаларининг буғ билан фаоллантириш асосий маҳсулот чиқишини термик ишлов бериш (75-80%) натижалари билан таққослаганда 70-73% гача камайишига олиб келади, бунда аралашма композициянинг органик таркибий қисмларининг куйиши ва оксидланиши билан, балки кулли қисмининг 2% гача камайиши билан ҳам боғлиқ бўлиб, бу ҳолатлар йодга нисбатан адсорбцион фаоллигининг 8-16% га ошишига олиб келади.

4. Айланувчи барабанли печда сув буғи ёрдамида нефть кокси ва асфальт асосида олинган фаоллантирилган углеродли сорбент “Чиноз НКИЗ” МЧЖ нинг оқова сувларини тозалашда тажриба синовдан ўтказилди ва дастлабки ҳолатга нисбатан тозалангандан кейинги кўрсаткичлар 88-93% гача яхшиланганлиги аниқланди.

5. Тадқиқот ишида олинган ФК3 адсорбентига бензол молекулалари адсорбцияси иссиқлигининг бошланғич тўйинишларда юқори бўлишининг асосий сабабларидан бири бу микроғовакларга сорбцияланиши билан боғлиқлиги билан изоҳланади. Адсорбция микдори  $a=2$  ммоль/г дан кейин адсорбция дифференциал иссиқлиги қийматлари камайиб, бензолнинг конденсация иссиқлиги 33,8 кЖ/мольга тенг бўлади.

6. Нефтьни қайта ишлашда чиқадиган оқова сувларни нефть маҳсулотлари ва бошқа органик моддалардан тозалашда, нефть кокси ва асфальтга (боғловчи сифатида) асосланган юқори адсорбцион ҳажмга эга бўлган донадор кўмир сорбентини ишлаб чиқариш технологияси ишлаб чиқилди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc. 02./30.12.2019.К/Т.35.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ И  
НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

---

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТРАНСПОРТНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

**ХУДАЙБЕРГАНОВА НАГИМА ТУРДИБАЕВНА**

**ПОЛУЧЕНИЕ НОВОГО СОРБЕНТА НА ОСНОВЕ НЕФТЯНОГО  
КОКСА И АСФАЛЬТА ДЛЯ ОЧИСТКИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ  
СТОЧНЫХ ВОД**

**02.00.11 – Коллоидная и мембранная химия**

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

**Ташкент–2023**

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и исследований Республики Узбекистан за В2023.4.PhD/Г1273.

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном транспортном университете.

Аннотация диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещена на веб-странице по адресу [www.ionx.uz](http://www.ionx.uz) и на информационно-образовательном портале «ZiyoNet» по адресу ([www.ziyo.net](http://www.ziyo.net)).

**Научный руководитель:**

**Ризаев Абдумалик Набиевич**  
доктор технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:**

**Абдикамалова Азиза Бахтияровна**  
доктор химических наук, старший научный сотрудник

**Эшметов Расул Жумязович**  
доктор технических наук, доцент

**Ведущая организация:**

**Ферганский политехнический институт**

Защита диссертации состоится "29" декабря 2023 года в 10<sup>00</sup> часов на заседании Научного совета DSc.02./30.12.2019.K/Г.35.01 при Институте общей и неорганической химии (Адрес: 100170, г.Ташкент, улица Мирзо Улугбек, 77-а. Тел.: (+99871) 262-56-60, факс: (+99871) 262-76-90, e-mail: [ionx@academy.uz](mailto:ionx@academy.uz)).

С докторской диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Института общей и неорганической химии (зарегистрировано №6). Адрес: 100170, г.Ташкент, улица Мирзо Улугбек, 77-а. Тел.: (+99871) 262-56-60, факс: (+99871) 262-76-90.

Автореферат диссертации разослан "15" декабря 2023 года.  
(реестр протокола рассылки № 6 от "15" декабря 2023 года).



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

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

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

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

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** Во всём мире примеси, содержащиеся в сточных водах нефтеперерабатывающих предприятий, оказывают негативное воздействие на окружающую среду. В связи с этим актуальной является проблема получения сорбента из дешевого и доступного сырья. При очистке сточных вод от различных ароматических соединений очень важно использовать гидрофобные сорбенты. Этот процесс в основном осуществляется с помощью угольных адсорбентов. Поэтому большое значение имеет разработка технологии получения угольных адсорбентов из остаточных продуктов нефтепереработки (кокса и асфальта) с высокими сорбционными свойствами.

В мире на сегодняшний день проводятся научные исследования по созданию технологии получения угольного адсорбента из нефтяных остатков. В связи с этим обоснованы следующие научные решения, такие как: выбор остаточных продуктов местной нефти, необходимых для получения угольного сорбента; полное исследование адсорбционных свойств полученных угольных сорбентов путем поглощения необходимых сорбатов; определение влияния химических веществ, проявляющих дополнительные основные и кислотные свойства в сточных водах, на полученный угольный сорбент; необходимо разработать технологию получения угольных адсорбентов, получаемых на основе остаточных продуктов местной нефти.

В республике стремительно развивается нефтехимическая промышленность, что приводит к созданию новых видов производственных мощностей, расширению видов и объёмов конкурентоспособной продукции, в результате чего увеличивается объём сточных вод нефтеперерабатывающих заводов и достигаются научно-практические результаты для их очистки с помощью разработки технологий производства угольных сорбентов из местных нефтяных остатков. Для развития Республики Узбекистан в 22 цели государственной программы по реализации новой стратегии развития Узбекистана на 2022-2026 годы “Год человеческого достоинства и активной махалли” определены задачи “Внедрения рыночных механизмов с установлением гарантий социальной защиты в поставках природного газа путем ускорения трансформационных процессов в нефтегазовой отрасли”<sup>2</sup>. В связи с этим особое внимание уделяется получению угольных сорбентов с высокоэффективными адсорбционными свойствами и их применению при очистке нефтесодержащих сточных вод.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит осуществлению Постановлений Президента Республики Узбекистан от 21 августа 2020 года №ПП-4805 «О мерах по повышению качества непрерывного образования и результативности науки по направлениям «химия» и «биология»», от 3 апреля 2019 года №ПП-4265 «О мерах по

---

<sup>2</sup>O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28-yanvardagi PF-60 “2022-2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida”gi farmoni

дальнейшему реформированию и повышению инвестиционной привлекательности химической промышленности», а также указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года №УП-4947 «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан» и другие нормативно-правовые акты, касающиеся данной деятельности, в определенной степени способствуют реализации задач, поставленных данным диссертационным исследованием.

**Соответствие исследований с приоритетными направлениями развития науки и технологии в республике.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологии республики VII «Химические технологии и нанотехнология».

**Степень изученности проблемы.** В мире в основном представлены исследования о получении активированного угля из растений и угольной пыли и остаточных продуктов угольных месторождений, в то время как данные о получении активированного угля из остаточных продуктов нефти редки, учитывая, что углеродные соединения составляют основу нефти.

Из иностранных учёных March H. (2006), Ахметов М.М. (2007), Орлов А.А., (2009), Betzy N.T. и Soney C.G. (2015), а также другие проводили исследования, направленные на получение активированного угля из растений и кокса на различных объектах.

В Узбекистане в области коллоидной химии в Институте общей и неорганической химии АН РУ под руководством К.С. Ахмедова была создана научная школа, представителями которой являются Э.А. Арипов, С.С. Хамраев, С.Н. Аминов, А.А. Агзамходжаев, У.К. Ахмедов, Г.У. Рахматкариев, В.П. Гуро, С.З. Муминов, Г.Р. Нарметова, Б.Н. Хамидов, С.А. Абдурахимов, Ф.М. Юсупов, И.Д. Эшметов, Д.С. Салиханова, Ш.А. Кулдашева, Д.Ж. Джумаева, А.Б. Абдикамалова, Ф.Г. Рахматкариева, О.К. Эргашев, Э.Б. Абдурахмонов, Р.Ж. Эшметов и другие внесли значительный вклад в развитие школы.

Следует отметить, что до настоящего времени исследования по созданию способов получения адсорбентов, полученных на основе нефтяных остатков для очистки сточных вод нефтеперерабатывающей промышленности не получили широкого распространения. В данной диссертационной работе исследованы проблемы получения, изучения и применения на практике экологически безопасного и энергоэффективного угольного адсорбента на основе остаточных продуктов местных нефтяных месторождений.

**Связь исследования с научно-исследовательскими работами научно-исследовательского учреждения, в котором была выполнена диссертация.** Диссертация выполнена в соответствии с планом научно-исследовательской работы Ташкентского института инженеров железнодорожного транспорта в рамках практического проекта БВ-Атех-2018-509 «Теоретические принципы совершенствования нормативной базы систем водоотведения».

**Целью исследования** является разработка технологии получения нового сорбента на основе нефтяного кокса и асфальта для очистки нефтесодержащих сточных вод.

**Задачи исследования:**

изучив сырьевую базу выбрать наиболее подходящее сырье для получения сорбента;

изучение свойств нефтяного кокса и асфальта, включая их химический состав, структуру и поверхностные свойства;

определение оптимальных условий получения сорбента на основе нефтяного кокса и асфальта, включая варьирование температуры, времени и состава композиции;

изучение полученных адсорбентов физико-химическими и коллоидно-химическими методами;

разработка технологии получения сорбента на основе нефтяного кокса и асфальта в процессе очистки сточных вод.

**Объектом исследования** являются образцы угля, полученные на основе кокса и асфальта с Ферганского нефтеперерабатывающего завода, а также сточные воды, полученные при переработке нефти.

**Предметом исследования** являются методы получения угольных адсорбентов из остаточных продуктов местной нефти кокса и асфальта, их адсорбционные свойства и очистка промышленных сточных вод, а также изучение закономерностей в процессах адсорбции.

**Методы исследования.** При выполнении диссертации использовались такие методы анализа, как физико-химические (аналитические методы, ИК-спектральная фотометрия, электронно-микроскопические, рентгенофазные, термогравиметрические) и коллоидно-химические (низкотемпературная адсорбция азота, адсорбция растворов).

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

установлено, что при получении гранулированного угольного адсорбента на основе нефтяного кокса и асфальта, которые прошли формирование на шнековом прессе, сушку при 150°C, карбонизацию 400±50°C и активацию при 1000°C необходимо произвести предварительное перемешивание исходной композиции при температуре 65-70°C, что придает гранулам высокую прочность на всей поверхности благодаря полному связыванию частицами асфальта с нефтяным коксом;

установлено, что повышение концентрации асфальтена в составе композиции до 34% (АУ3) приводит к повышению прочности гранул при истирании до 94%, против 79% для композиции с 26% асфальтенов (АУ2), что связано с более эффективным связыванием асфальта с частицами кокса, укреплению его структуры, дальнейшему уплотнению гранул за счет его вязкости и связующих свойств, что привело к увеличению объёмов адсорбции;

обнаружено, что пароактивация гранул приводит к снижению выхода основного продукта до 70-73% по сравнению с термообработкой (75-80%),

что связано не только выгоранием и окислением органических составляющих композиции, но и снижением зольной части до 2%, что приводит к повышению адсорбционной активности по йоду еще на 8-16%;

обнаружено, что образцы АУ3 и АУ4 обладают высокой эффективностью в снижении концентрации нефтепродуктов, которая увеличивается более чем на 95% при взаимодействии в течение 90 минут, и доказано, что это состояние связано с более высокой удельной поверхностью термо- и пароактивированных образцов;

разработана технология получения гранулированного угольного адсорбента на основе нефтяного кокса и асфальта в качестве связующего, которые показывают сравнительно большую адсорбционную активность при очистке сточных вод от нефтепродуктов и других органических веществ.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

создана технология получения угольного сорбента активированного водяным паром из местного нефтяного кокса и асфальта;

создана возможность очистки сточных вод от нефтепродуктов с помощью полученного активированного угольного сорбента.

**Достоверность результатов исследования.** Результаты химического (элементного) и физико-химического (калориметрический, сканирующий электронный микроскоп) анализов подтверждены испытаниями на опытно-промышленных установках.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследования заключается в результате изучения параметров термодинамических процессов адсорбции молекул бензола в мезо- и микропорах углеродного адсорбента на основе местного нефтяного кокса и асфальта, количества активных центров адсорбента; в определении закономерностей механизма адсорбции, определение сорбционно-структурных показателей нового вида адсорбента для применения при очистке нефтесодержащих сточных вод.

Практическая значимость результатов исследования заключается в разработке технологии получения нового адсорбента из остаточных продуктов местной нефти кокса и асфальта, а также в использовании в учебном процессе при подготовке квалифицированных кадров по специальностям химия и химическая технология, очистка промышленных сточных вод.

**Внедрение результатов исследования.** На основании полученных научных результатов по получению угольного адсорбента из остаточных продуктов нефти кокса и асфальта:

технология получения нового угольного адсорбента на основе местных нефтяных отходов кокса и асфальта включена в перечень «Перспективные разработки на 2022-2023 годы, которые будут внедрены на практике» в АО «Узбекнефтегаз». (справка АО «Узбекнефтегаз» №03-17-5/136 от 13 сентября 2021 года). В результате это позволяет получить импортозамещающий

адсорбент, который используется при очистке сточных вод от нефтепродуктов;

технология очистки сточных вод от нефтепродуктов с использованием угольного адсорбента включена в перечень «Перспективные разработки на 2022-2023 годы, которые будут внедрены в практику» АО «Узбекнефтегаз» (справка АО «Узбекнефтегаз» №03-17-5/136 от 13 сентября 2021 года). В результате это позволяет очищать сточные воды от нефтепродуктов на 88-93%.

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследований были обсуждены на 8-ми международных и 1 республиканской научно-практических конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** Всего по теме диссертации опубликовано 14 научных работ, из них 5 статей опубликованы в научных изданиях, рекомендованных ВАК Республики Узбекистан для публикации результатов научных исследований, в том числе 3 в республиканских и 2 в зарубежных журналах.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации состоит из 95 страниц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Во введении** приводится актуальность и востребованность диссертации, излагаются цели и задачи, а также степень изученности проблемы, методы, объект и предмет исследования, приводится соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, изложены научная новизна и практические результаты исследования, обосновывается достоверность полученных результатов, раскрывается теоретическая и практическая значимость результатов, приводится перечень внедрения результатов исследований в практику, приводятся данные по объему, структуре опубликованных работ и диссертации.

**В первой главе** диссертации, озаглавленной **“Анализ проблемы получения активированного угля из нефтяного кокса и асфальта”**, представлены подробные сведения о получении активированного угля учеными всего мира. Кроме того, в этой главе представлены специфические свойства активированного угля, химический состав поверхностных и пористой структура твердых фаз, а также их адсорбция с активными центрами.

**Во второй главе** диссертации, озаглавленной **“Объекты и методы исследования получения активированного угля из нефтяного кокса и асфальта”**, представлены данные по получению активированного угля из кокса и асфальта, определению сорбционных свойств физико-химическими методами полученного угля.

Для определения элементного состава нефтяного кокса и асфальта был использован масс-спектрометр MALDI-8020 (Shimadzu). Результаты

спектрофотометрического анализа представлены в таблицах 1 и 2, соответственно.

Таблица 1.

Элементный состав нефтяного кокса, %

C	S	H	N	P	V	Fe	Ti	K	Mg	Al	Na	Ba
98,23	0,51	0,06	0,92	0,12	0,02	0,03	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,05

Таблица 2.

Элементный состав асфальта, %

C	S	Na	Si	Cl	P	V	Fe	Ti	K	Mg	Al	Li	Cu
94,1	3,19	0,61	0,42	1,38	0,12	0,02	0,03	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,05

Для решения задачи получения активированного угольного адсорбента мы выбрали представленную ниже методическую основу. На рисунке 1 представлена в схематическом виде традиционная поэтапная методика получения углеродного адсорбента.

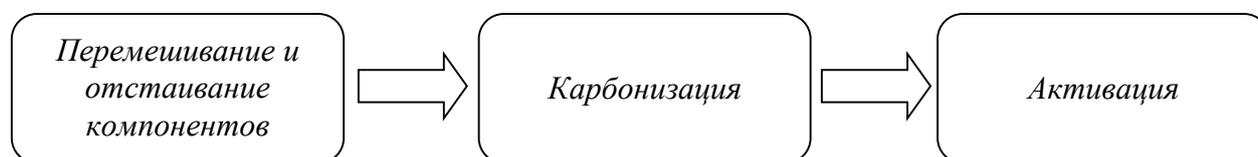


Рисунок 1. Схема получение активированного угольного адсорбента.

В третьей главе диссертации, озаглавленной “Активированные угольные адсорбенты на основе нефтяного кокса и асфальта”, приведены изотермы адсорбции и полные сорбционные свойства полученных образцов угля.

Как видно из таблицы 3, с увеличением температуры активации масса углеродного материала уменьшается, в то время как его активность по йоду увеличивается. Например, при изменении температуры от 400 до 1000°C потеря массы углеродного материала уменьшается с 44,3% до 10,2%, а его активность по йоду изменяется с 22,4% до 53,2% соответственно. Для полученных образцов углеродного материала по ГОСТу 6217-74 определена адсорбционная активность по йоду.

Таблица 3.

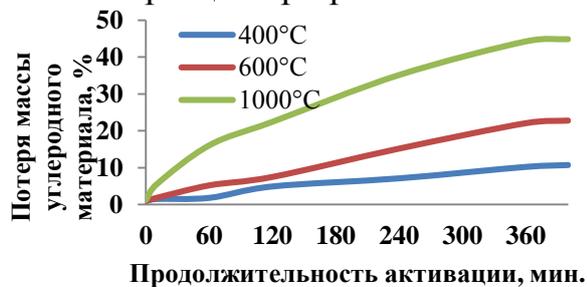
Результаты активирования нефтяного кокса при различных температурах

Продолжительность активации, мин.	Потеря массы углеродного материала, %			Активность по йоду, %		
	Температура, °C					
	400	600	1000	400	600	1000
10	1	1	1	1,4	1,3	0,7
60	1,8	2,2	6,1	2,3	3,1	9,5
120	4,9	7,5	22,5	3,1	8,5	24,6
240	7,1	15,2	35,2	9,4	28,1	41,6
360	10,2	22,1	44,3	22,4	41,3	53,2
400	10,7	22,8	44,9	22,9	41,8	53,7

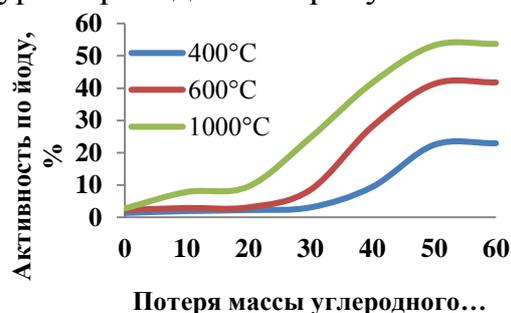
Зависимость потери массы нефтяного кокса от продолжительности активации при различных температурах показана на рисунке 2.

Как видно из рисунка 2, потеря массы углеродного материала при различных температурах линейно увеличивается с увеличением продолжительности активации. Потеря массы углеродного материала (образование внутренней поверхности) происходит, во-первых, за счет выделения летучих соединений углеродного материала и, во-вторых, за счет химического взаимодействия углерода с водяным паром.

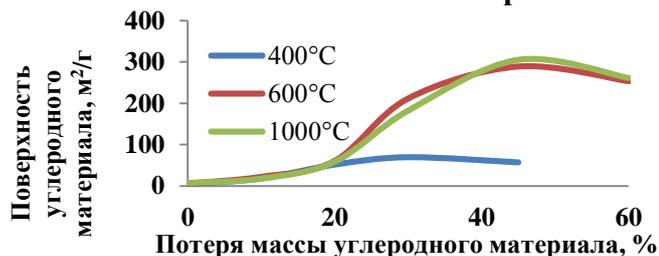
Изменения адсорбционной активности по йоду, в зависимости от потери массы образцов при различных температурах приведены на рисунке 3.



**Рисунок 2. Зависимость потери массы нефтяного кокса от продолжительности активации.**



**Рисунок 3. Зависимость адсорбционной активности углеродного материала по йоду от потери массы образца.**

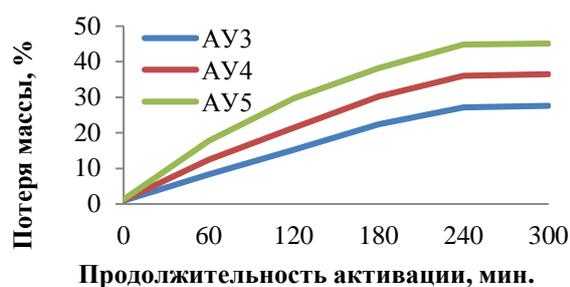


**Рисунок 4. Зависимость поверхности углеродного материала с учетом потери твердой фазы от его потери массы.**

Рисунок 3 показывает, что адсорбционная активность углеродного материала по йоду от потери массы незначительно зависит от температуры активирования. Это, по-видимому, объясняется множеством одновременно протекающих процессов (выделение летучих, реакция углерода с активными газами). С увеличением потери массы углеродного материала при активировании газами адсорбционная активность по йоду увеличивается.

Зависимость поверхности углеродного материала с учётом потери твёрдой фазы от его потери массы показана на рисунке 4.

Из рисунка 4 видно, что поверхность исследуемого образца углеродного материала с учетом потери твердой фазы проходит через максимум. Так, для потери массы кокса равной 0,45 долей масс, данная поверхность равна 305 м/г.



**Рисунок 5. Зависимость потери массы композиции нефтяного кокса и асфальта от продолжительности активирования.**

Как видно из рисунка 5, с увеличением продолжительности активирования до 240 минут линейно увеличивается потеря массы гранул. Для образца АУ5 потеря массы увеличивается до 45%, а для образца АУ3 до 27 % масс.

По рисунку 6 видно, что образец АУ3 демонстрирует наивысшую активность по йоду при продолжительности активирования до 150 минут. При дальнейшем увеличении продолжительности активирования активность по йоду начинает снижаться только на 1-2%. Возможно, умеренное воздействие активирования на данной стадии способствует созданию оптимальной пористой структуры и повышению активности. Схожие изменения можно также наблюдать для образцов АУ4 и АУ5.

В таблице 4 представлены результаты анализа основных физико-химических характеристик композиции нефтяного кокса и асфальта в необработанном состоянии.

**Таблица 4. Физико-химические показатели исходных композиций нефтяного кокса и асфальта**

Показатели	АУ3	АУ4	АУ5
Влажность, %	6,1	7,2	9,3
Зольность, %	4,6	5,1	6,3
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,33	1,35	1,41
Пи, %	31	33	36

Чтобы увидеть различия и сходства между образцами АУ3, АУ4 и АУ5, были проведены процессы карбонизации гранул при температурах 400÷1000°С и активации с использованием водяного пара приводят к изменению значений физико-химических свойств (таблицы 5 и 6).

**Таблица 5. Физико-химические показатели композиций нефтяного кокса и асфальта, термообработанных при различных температурах**

Показатели	АУ3	АУ4	АУ5
Влажность, %	5,1	6,1	6,3
Зольность, %	5,7	6,6	8,9
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,43	1,47	1,50
Пи, %	96	98	99
Выход продукта, %	80,1	76,3	74,1

Как показывают данные таблицы 6 образцы АУ3, АУ4 и АУ5 имеют сниженную влажность после карбонизации. Это говорит о том, что процесс карбонизации способствует удалению влаги из гранул, что может повысить их стабильность и долговечность. Вместе с тем карбонизация приводит к увеличению зольности после этого процесса.

Таблица 6.

**Физико-химические показатели активированных композиции нефтяного кокса и асфальта**

Показатели	АУ3	АУ4	АУ5
Влажность, %	6,9	7,0	6,9
Зольность, %	4,1	4,6	5,6
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,41	1,39	1,36
Пи, %	94	96	98
Выход продукта, %	78,2	71,3	70,1

Сравнивая данные из таблицы 6 с предыдущими данными установлено, что образцы АУ3, АУ4 и АУ5 после активации продемонстрировали незначительное повышение влажности по сравнению с термообработанными образцами.

Изменения в составе влияют на поверхностную активность исследуемых образцов. Данные исследования поверхностных характеристик приведены в таблице 7.

Таблица 7.

**Текстурные характеристики пароактивированных образцов при 1000°С**

Показатели	НК	АУ3	АУ4	АУ5
S <sub>БЭТ</sub> , м <sup>2</sup> /г	851	901	768	619
S <sub>мик</sub> , м <sup>2</sup> /г (ДР)	911	1002	996	851
V <sub>0</sub> , см <sup>3</sup> /г (ДР)	0,411	0,495	0,392	0,288
R, Å (ДР)	11,3	9,8	10,0	12,9

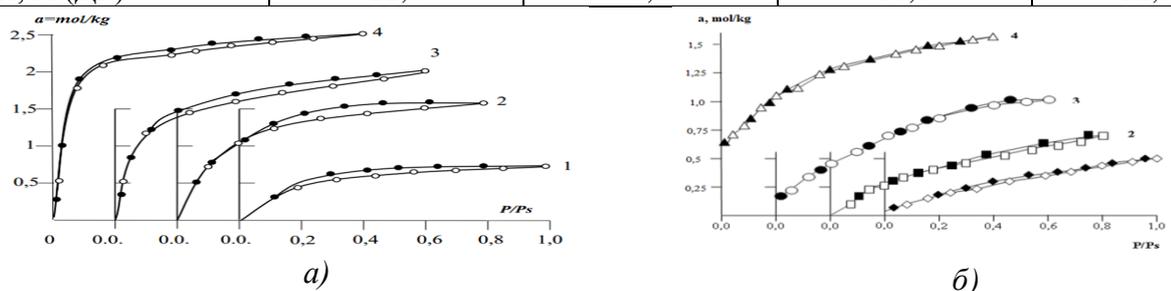


Рисунок 7. Изотермы адсорбции паров бензола (а) и толуола (б) на нефтяном коксе (1), АУ5 (2), АУ4 (3), АУ3 (4).

Проведенное исследование позволило установить, что в исследованных системах адсорбционные изотермы для композиций АУ5, АУ4 и АУ3 значительно превышают активированный нефтяной кокс в 2,6, 3,4 и 4,35 раза соответственно. Величина адсорбции резко возрастает от нулевого значения относительного давления до  $P/P_s \approx 0,2$  и приближается к состоянию насыщения в диапазоне  $P/P_s \approx 0,8-1,0$ . Наблюдаются гистерезисы в изотермах в диапазоне удельного относительного давления ( $P/P_s \approx 0,1-0,2$ ), где адсорбционные и десорбционные линии сливаются, образуя адсорбционные

петли. Это указывает на наличие капиллярной конденсации при высоких удельных давлениях адсорбции (рис. 7 (а)).

На основе полученных изотерм, используя уравнение БЭТ, были найдены монослойная ёмкость ( $a_m$ ), удельная поверхность ( $S$ ) и адсорбция насыщения ( $a_s$ ) адсорбентов. Было замечено, что удельная поверхность и объем насыщения АУЗ выше, чем у остальных адсорбентов. Установлено, что основная доля адсорбции паров бензола в адсорбентах приходится на: в нефтяном коксе-55%, в АУ5-51%, в АУ4-50%, в АУ3-57% монослойной емкости адсорбентов, а удельная поверхность ( $S$ ) в АУЗ по отношению к нефтяному коксу самая высокая, т. е. в 4,3 раза больше (таблица 8).

Таблица 8.

**Структурно-сорбционные показатели адсорбции паров бензола в адсорбентах на основе нефтяного кокса, активируемых в различных условиях**

Адсорбенты	$a_m$ , моль/кг	$S$ , м <sup>2</sup> /г	$a_s$ , моль/кг
Нефтяной кокс	0,33	80,0	0,6
АУ5	0,76	183,0	1,5
АУ4	1,0	240,8	2,0
АУ3	1,43	344,1	2,5

Определённые на основе изотерм адсорбции паров бензола при различных относительных давлениях ( $P/P_s$ ) значения объема микропор  $W_0$ , объема мезопор  $W_{me}=V_s-W_0$  и объема насыщения  $V_s$  приведены в таблице 9.

Таблица 9.

**Значения объёмов пор по адсорбции паров бензола в углях на основе нефтяного кокса и асфальта**

Адсорбенты	$W_0 \cdot 10^3$ , м <sup>3</sup> /кг	$W_{me} \cdot 10^3$ , м <sup>3</sup> /кг	$V_s \cdot 10^3$ , м <sup>3</sup> /кг
Нефтяной кокс	0,05	0,030	0,053
АУ5	0,13	0,003	0,133
АУ4	0,16	0,016	0,176
АУ3	0,21	0,012	0,222

Объем микропор, рассчитанный с использованием уравнения теории насыщения микропор, оказался в 2,6 раза выше в АУ5, в 3,2 раза в АУ4 и в 4,2 раза в АУ3 по сравнению с нефтяным коксом.

Таблица 10.

**Структурно-сорбционные показатели адсорбции паров толуола в термообработанных и пароактивированных адсорбентах на основе нефтяного кокса и асфальта**

Адсорбенты	$a_m$ , моль/кг	$S \cdot 10^{-3}$ , м <sup>2</sup> /кг	$a_s$ , моль/кг
Нефтяной кокс	0,22	75	0,55
АУ5	0,40	128	1,11
АУ4	0,68	220	1,25
АУ3	1,44	321	1,8

Рисунок 7(б) и таблица 10 показывают, что основная доля поглощения молекул толуола в угольных адсорбентах составляет: в нефтяном коксе - 40%, в АУ5-36,03%, в АУ4 – 54,4%, в АУ3 - 80%, что соответствует величине монослойной емкости адсорбентов, результаты эксперимента показывают, что удельная поверхность ( $S$ ) и объем насыщения ( $a_s$ ) выше у образца, активированного водяным паром при 1000°С по сравнению с другими

образцами. В результате химического взаимодействия аморфного углерода в составе угольных адсорбентов с водяным паром приводит к образованию мезо-, макро- и микропор на адсорбционных слоях угольного адсорбента.

Определённые на основе изотерм адсорбции паров толуола при различных относительных давлениях ( $P/P_s$ ) значения объема микропор  $W_0$ , объема мезопор  $W_{me}=V_s-W_0$ , объема насыщения  $V_s$  и среднего радиуса пор  $r_m$  приведены в таблице 11.

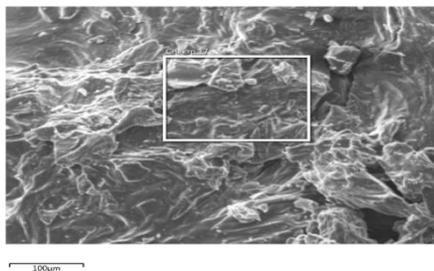
**Таблица 11.**  
**Объёмы пор по адсорбции паров толуола в адсорбентах на основе нефтяного кокса и асфальта**

Адсорбенты	$W_0 \cdot 10^3, \text{ м}^3/\text{кг}$	$V_s \cdot 10^3, \text{ м}^3/\text{кг}$	$W_{me} \cdot 10^3, \text{ м}^3/\text{кг}$	$r_m, \text{ \AA}$
Нефтяной кокс	0,081	0,105	0,024	26,6
АУ5	0,118	0,146	0,028	22,1
АУ4	0,186	0,220	0,034	18,8
АУ3	0,294	0,334	0,040	14,1

Расчеты показали, что активация адсорбентов на основе нефтяного кокса и асфальта в термических условиях при нагревании от  $400^\circ\text{C}$  до  $1000^\circ\text{C}$  приводит к увеличению объема образования пор до 2,15 раза. Кроме того, в таблице показано, что объем микропор АУ3 в 1,45 раза выше, чем у АУ4.

В четвертой главе, озаглавленной “Технология производства активированного угольного сорбента на основе нефтяного кокса”, представлена технологическая схема и экономические показатели получения активированного угля из кокса и асфальта.

Электронное изображение 21



**Рисунок 8. Изображение со сканирующего электронного микроскопа активированного угольного адсорбента, полученного из нефтяного кокса и асфальта**

Был изучен элементный состав адсорбента активированного угольного адсорбента (АУ3), полученного из остаточных продуктов нефти кокса и асфальта, на сканирующем электронном микроскопе. Элементный состав активированного угля АУ3 приведен в таблице 12:

**Таблица 12.**

**Элементный состав образца АУ3, %**

С	О	N	P	Si	Н	Ca	Na
95,6	2,54	0,22	0,1	0,56	0,08	0,24	0,12

Основная технологическая схема получения угольного сорбента представлена на рисунке 9. Для получения угольного сорбента крупные куски кокса (I) измельчают с помощью молотковой дробилки-1, затем подают на барабанную мельницу-2, где кокс доводят до мелкого состояния (размер до 0,2 мм) и подают на 3-грохоты. Большие куски кокса,

превышающие требуемые размеры, возвращаются в молотковую дробилку-1 для повторного измельчения. В требуемой фракции кокс и асфальт собираются в бункерах 4 и 4' соответственно. Необходимые для получения угля асфальт и кокс из бункеров 4 и 4' подаются на весовые дозаторы-5 и 5'. Откуда в нужных пропорциях подаются на мешалку 6, где для получения однородной массы с равномерным распределением частиц кокса и асфальта происходит тщательное перемешивание при температуре 65-70°C. После этого тщательно перемешанная пластичная смесь подаётся на шнековый пресс 7. "Сырые гранулы" направляются на сушку, карбонизацию и активирование во вращающуюся барабанную печь 8. Для нагрева вращающейся барабанной печи 8 используется газо-воздушная смесь. Пар для активирования поступает из котла-утилизатора 11, смешивается с газо-воздушной смесью и противотоком подаётся в печь 10. Для улучшения контакта газов с обрабатываемыми гранулами кокса и асфальта печь 8 снабжена перегородками (отбойниками). Отходящие дымовые газы после барабанной печи 8 направляются в печь дожига 10 для сжигания разнообразных токсичных газов. Воздух, нагретый в печи дожига 10, направляется в печь 8. Далее дымовые газы направляются в котел-утилизатор 11 для получения водяного пара. Пар с котла-утилизатора подается на печь 8 для активирования и на технологические нужды установки. Охлаждение активированного угля происходит в холодильнике 9. Вода после холодильника 9 направляется в котел-утилизатор 11. Активированный уголь подаётся в бункер 4", далее фасуется в мешки и направляется на склад готовой продукции. Проверка качества продукции осуществляется в текущем режиме.

Материальный баланс, необходимый для получения сорбента, приведен в таблице 13.

**Таблица 13.**

**Материальный баланс для получения сорбента**

<b>Продукт</b>	<b>т/год</b>	<b>% масс.</b>
Взято:		
Кокс	1119,8	64,0
Асфальт	479,9	36,0
Итого:	1599,7	100,0
Получено:		
Углеродный сорбент	1000,0	62,5
Потери (угар)	599,7	37,5
Итого:	1599,7	100,0

Для расчета себестоимости одной тонны готового углеродного сорбента стоимость сырья принимаем исходя из ориентировочной рыночной стоимости кокса и асфальта. Нормы расхода топлива, воды и электроэнергии устанавливаем по аналогичным установкам производства гранулированных углей. Результаты расчётов приведены в таблице 14.

Таблица 14.

## Результаты расчетов производственных затрат

Статья расхода	Единица измерения	Уровень потребления	Цена, сум	За 1 тонну продукции, сум
Сырье и материалы:				
Нефтяной кокс	т	1,09848	1913043	2101439,5
Асфальт	т	0,4947	1849358,24	914877,5
Всего				3016317
Затраты горючего и энергии				
Расход газа	тыс. м <sup>3</sup>	0,033	1500000	49500
Вода	тыс. м <sup>3</sup>	0,03	7500	225
Электроэнергия	тыс. кВт	2,0	380000	760000
Всего				809725
Иные затраты				7000000
<i>Стоимость 1 тонны активированного угля, сум</i>				<i>10826042</i>

Сегодня один из крупнейших нефтеперерабатывающих заводов в Республике Узбекистан ООО «Ферганский НПЗ» производит кокс как остаточный продукт при переработке нефти. Получение коксового продукта зависит от годового объема нефтепереработки этого завода, и эта годовая мощность составляет 3000 тонн. Согласно пункту 7.8.9 РН 39.0-137:2017: экономический эффект местного активированного угля, который может заменить импортный активированный уголь, рассчитывается по формуле:

$$I = (V_i \cdot K_v - Z_{nx}) \cdot A_{no}$$

где  $V_i$  – полные валютные расходы на оплату единицы импортного товара иностранной валютой;

$K_v$  - коэффициент конвертации иностранной валюты в национальную валюту (сум), принятый в соответствии с бюллетенем обменных курсов. По данным Центрального Банка Республики Узбекистан на 14.03.2023 г.  $K_v = 11420$  сум.

$Z_{nx}$  - затраты (цена) на единицу отечественного производства импортозамещающего продукта, тыс. сум;

$A_{no}$  - годовой объем импортозамещающей отечественной продукции Ферганского НПЗ, то есть активированного угля, составляет 1 тыс. т. Стоимость 1 т импортного угля АГ-3-1576 \$.

Ожидаемая экономическая эффективность на 1000 тонн при использовании активированного угля, необходимого при переработке нефти составляет:

$$I = (1576 \cdot 11420 - 10826042) \cdot 1000 = 7173958 \text{ тыс. сум.}$$

Образец АУЗ с наивысшими адсорбционными свойствами из полученных образцов и сорбент марки АГ-3, применяемом в промышленности, в лабораторных условиях проводились опыты в водном растворе по абсорбции нефтепродуктов.

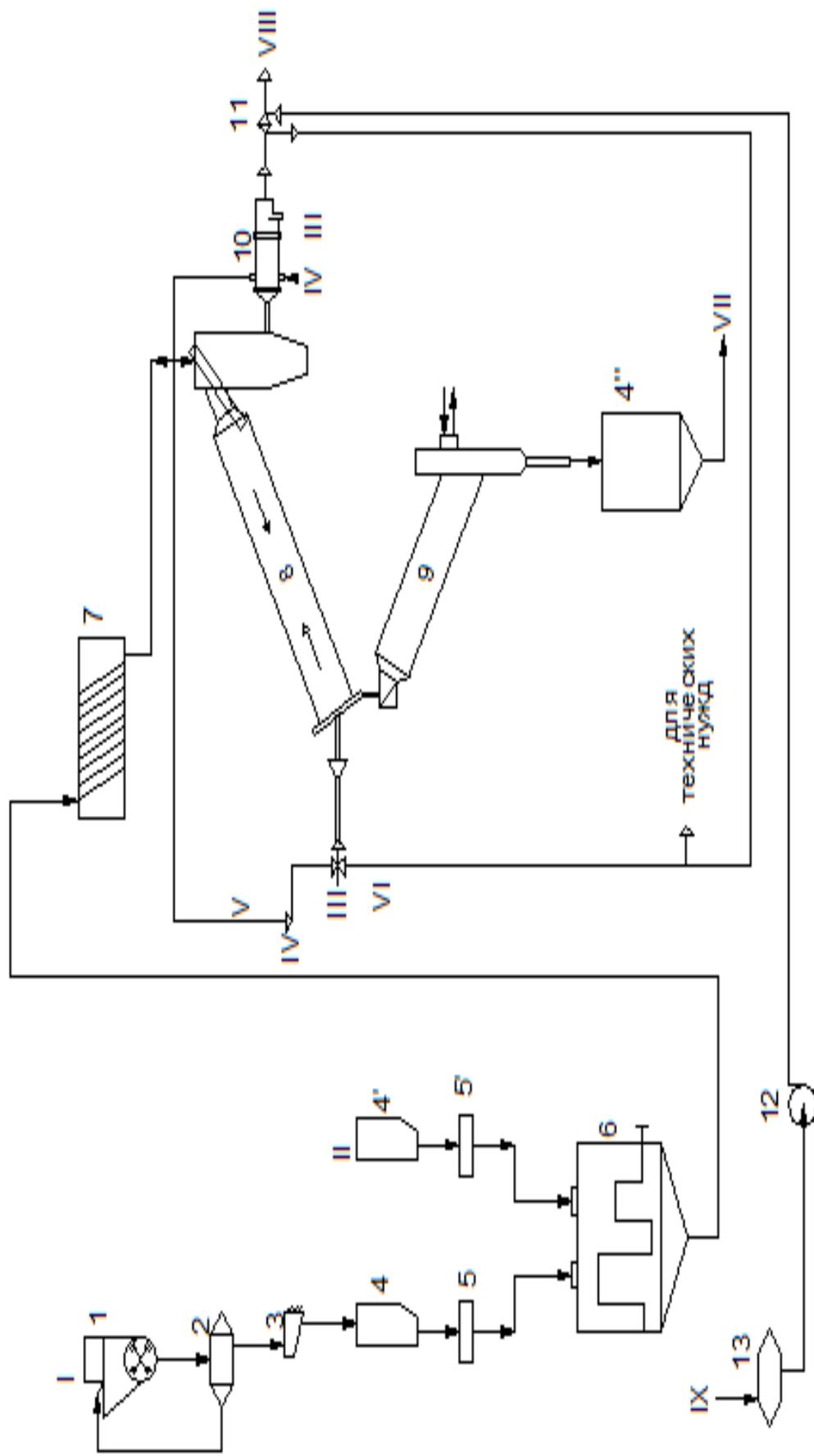
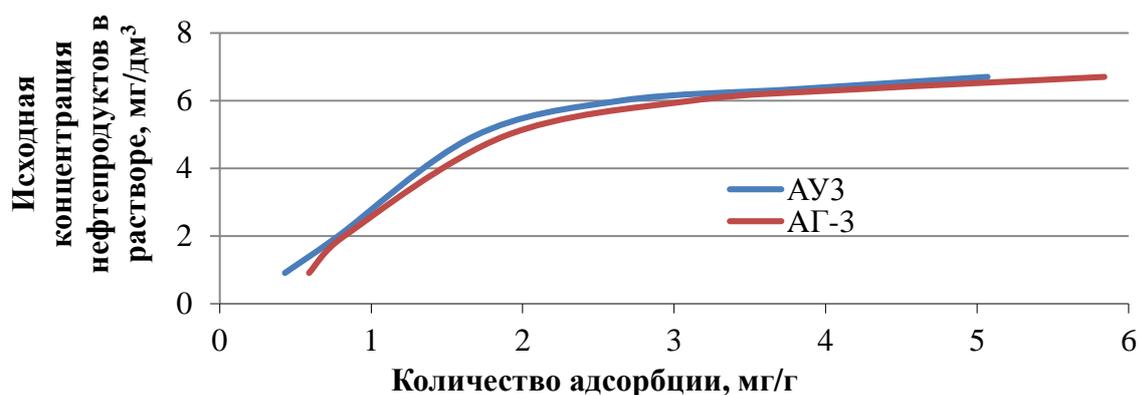


Рисунок 9. Принципиальная технологическая схема получения углеродного сорбента:

I-кокс; II - асфальт; III - горючее; IV - воздух; V - нагретый воздух; VI - водяные пары, VII - готовый углеродный сорбент, VIII - дымовые газы; IX - очищенная вода; 1 - молотковые дробилки; 2- барабанная мельница; 3- грохоты; 4-бункеры; 5-массовые распределители; 6-мешалка; 7 - шнековый пресс; 8 - вращающаяся барабанная печь; 9-холодильник; 10-печь дожига; 11 - котел-утилизатор; 12-насос; 13-ёмкость.



**Рисунок 10. Адсорбция нефтепродуктов в растворе.**

Как видно из рисунка 10, объемы сорбции образца АУЗ и сорбента АГ-3 по поглощению нефтепродуктов дают близкие друг к другу результаты.

На образце АУЗ были проведены опытные испытания сточных вод ООО «Чиназского НПЗ». Результаты опытных испытаний положительно оценены.

**Таблица 15.**

**Показатели исходной сточной воды ЧНПЗ**

БПК <sub>5</sub> (мг O <sup>2</sup> /л)	ХПК (мг O <sup>2</sup> /л)	Взвешенные вещества (мг/л)	Нефтепродукты (мг/л)	рН
60	800	10	5-15	7,8

Как видно из таблицы 15, в одном литре сточных вод содержится 5-15 мг нефтепродуктов. В таблице 16 приведен состав сточных вод после опытно-испытательных работ.

Как видно из этой таблицы, образец, полученный из кокса и асфальта свидетельствует о возможности его применения при очистке нефтесодержащих сточных вод.

**Таблица 16.**

**Показатели сточной воды ЧНПЗ после проведения испытаний**

БПК <sub>5</sub> (мг O <sup>2</sup> /л)	ХПК (мг O <sup>2</sup> /л)	Взвешенные вещества (мг/л)	Нефтепродукты (мг/л)	рН
25	400	5,2	0,6-1	6

После очистки сточных вод показатель нефтепродуктов в составе сточных вод составляет 0,6-1 мг/л. Это свидетельствует об улучшении эффекта очистки на 88-93% (табл.16).

Полученные образцы активированного угля на основе кокса и асфальта были испытаны на способность сорбировать бензол и толуол.

## ВЫВОДЫ

На основании исследований, проведенных в диссертации на тему «Получение нового сорбента на основе нефтяного кокса и асфальта для очистки нефтесодержащих сточных вод» на соискание учёной степени доктора философских наук (PhD) были представлены следующие выводы:

1. Гранулы, полученные на шнековом прессе, размером 2 мм, прошли сушку при 150°C. Далее гранулы прошли стадию карбонизации при 400±50°C и активированы водяным паром при 1000°C. Благодаря полному связыванию и активации с частицами асфальта, добавленными в нефтяной кокс, была достигнута высокая прочность на истирание гранул.

2. Определена прочность на истирание гранул с 11, 24, 36, 42 и 50% (АУ1, АУ2, АУ3, АУ4 и АУ5) –ым содержанием асфальта в композициях с нефтяным коксом. Кроме того, прочность на истирание гранул с содержанием 24% асфальта (АУ2) составляет 79%, при увеличении содержания асфальта до 36% (АУ3) было достигнуто увеличение прочности на истирание гранул до 94%, а также увеличение адсорбционного объема.

3. Паровая активация гранул нефтяного кокса и асфальта приводит к снижению выхода основного продукта до 70-73% по сравнению с результатами термической обработки (75-80%), при которой происходит горение и окисление органических компонентов композиции, а также уменьшение зольности до 2%, что приводит к увеличению адсорбционной активности по йоду на 8-16%.

4. Углеродный сорбент, полученный на основе нефтяного кокса и асфальта активированный водяным паром во вращающейся барабанной печи, был испытан при очистке сточных вод ООО «Чинозский НПЗ» и показал улучшение показателей после очистки до 88-93% по сравнению с исходным составом сточных вод.

5. Одна из основных причин высокой теплоты адсорбции молекул бензола на адсорбенте АУ3, полученный в исследовательской работе, объясняется тем, что адсорбат сорбируется в микропоры. После количества адсорбции  $a=2$  ммоль/г значения дифференциальной теплоты адсорбции уменьшаются, так что теплота конденсации бензола составляет 33,8 кДж/моль.

6. Разработана технология производства гранулированного угольного сорбента с высокими адсорбционными показателями на основе нефтяного кокса и асфальта (в качестве связующего) при очистке нефтесодержащих сточных вод и других органических веществ.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING OF SCIENTIFIC DEGREE  
DSC.02./30.12.2019.K/T.35.01 AT INSTITUTE OF GENERAL AND  
INORGANIC CHEMISTRY**

---

**TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY**

**KHUDAYBERGANOVA NAGIMA TURDIBAEVNA**

**OBTAINING A NEW SORBENT BASED ON PETROLEUM COKE  
AND ASPHALT FOR OILY WASTEWATER TREATMENT**

**02.00.11 – Colloid and membrane chemistry**

**DISSERTATION ABSTRACT OF DOCTORAL OF PHILOSOPHY (PhD) ON  
TECHNICAL SCIENCES**

**Tashkent–2023**

The theme of dissertation doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Ministry of Higher Education, Science and Innovations of the Republic of Uzbekistan under number B2023.4.PhD/T1273.

The doctoral dissertation has been prepared at the Tashkent state transport university.  
The abstract of the dissertation in three languages (uzbek, russian, english (resume)) on the website [www.ionx.uz](http://www.ionx.uz) and information-educational portal Ziyonet at the address ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)).

**Scientific supervisor:**

**Rizaev Abdumalik Nabievich**  
doctor of technical sciences, professor

**Official opponents:**

**Abdikamalova Aziza Baxtiarovna**  
doctor of chemical sciences, senior fellow

**Eshmetov Rasul Jumazovich**  
doctor of chemical sciences, assistant professor

**Leading organization:**

**Fergana Polytechnic institute**

The defense will take place on 29 December 2023 at 10<sup>00</sup> o'clock at the meeting of on Scientific Council DSc.02/30.12.2019.K/T.35.01 at the General and Inorganic Chemistry Institute (Address: 77-a, Mirzo Ulugbek str., Tashkent, 100170, Uzbekistan; phone: (+99871) 262-56-60, fax: (+99871) 262-76-90, e-mail: [ionx@academy.uz](mailto:ionx@academy.uz)).

The dissertation can be reviewed at the Information Resource Centre of the General and Inorganic Chemistry (registered №6). Address: 77-a, Mirzo Ulugbek str., Tashkent, 100170, Uzbekistan, phone (+99871) 262-56-60.

Abstract of dissertation was mailed by December 15, 2023.  
(mailing report №6 on December 15, 2023).



**B.S. Zakirov**  
Chairman of the one-time scientific council  
for the award of academic degrees,  
doctor of chemical sciences, professor

**D.S. Salixanova**  
Scientific secretary of the one-time scientific  
council for the award of academic degrees.

**I.D. Eshmetov**  
Chairman of the academic seminar under the  
one-time scientific council awarding scientific degrees,  
doctor of technical sciences, professor

## INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

**The aim of the research** is to develop a technology for obtaining a new sorbent based on petroleum coke and asphalt for the treatment of oily wastewater.

**The objects of research** is coal samples obtained on the basis of coke and asphalt from the Fergana oil refinery, as well as wastewater obtained from oil refining.

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

it has been established that when producing granular coal adsorbent based on petroleum coke and asphalt, which have been formed on a screw press, dried at 150°C, carbonized at 400±50°C and activated at 1000°C, it is necessary to pre-mix the initial composition at a temperature of 65-70°C, which gives the granules high strength over the entire surface due to the complete binding of asphalt particles to petroleum coke;

it has been established that increase of asphaltene concentration in the composition up to 34% (AC3) leads to increase of granules strength at abrasion up to 94%, against 79% for the composition with 26% asphaltene (AC2), that is connected with more effective binding of asphaltene with petroleum coke particles, strengthening of its structure, further compaction of granules due to its viscosity and binding properties, which resulted in increase of adsorption volumes;

it was found out that steam activation of granules leads to decrease of the main product yield up to 70-73% in comparison with heat treatment (75-80%), which is connected not only with burnout and oxidation of organic components of the composition, but also with decrease of ash part up to 2%, which leads to increase of adsorption activity on iodine by 8-16%;

it was found out that AC3 and AC4 samples have high efficiency in reducing the concentration of petroleum products, which increases by more than 95% at interaction during 90 minutes, which is associated with a higher specific surface of thermo- and vapour-activated samples;

the technology of obtaining granulated coal adsorbent on the basis of petroleum coke and asphalt as a binder, which show comparatively more adsorption activity in wastewater treatment from oil products and other organic substances, has been developed.

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

the technology for producing a new coal adsorbent based on local oil waste, coke and asphalt, is included in the list of “Prospective developments for 2022-2023 that will be implemented in practice” at Uzbekneftegaz JSC. (Uzbekneftegaz JSC №. 03-17-5/136 dated September 13, 2021). As a result, this makes it possible to obtain an import-substituting adsorbent, which is used in the purification of wastewater from petroleum products;

the technology for treating wastewater from petroleum products using coal adsorbent is included in the list of “Prospective developments for 2022-2023 that

will be put into practice” by Uzbekneftegaz JSC (Uzbekneftegaz JSC № 03-17-5/136 dated September 13, 2021 of the year). As a result, this makes it possible to purify wastewater from oil products by 88-93%.

**Dissertation composition and volume.** The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and appendices. The volume of the dissertation consists of 97 pages.

**E'LON ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I бўлим (I часть; I part)**

1. Мусаев О.М., Худайберганова Н.Т., Зайнутдинов А.И., Мухамедгалиев Б.А. Новый подход к проблеме очистки сточных вод нефтегазовой промышленности. Ўзбекистон нефт ва газ журнали, №2/2014, OGU-2014, с. 64-65. (02.00.00; № 7)

2. Хакимов А.М., Худайберганова Н.Т., Мухамедгалиев Б.А. Саноат чиқиндилари ва маҳаллий хомашёлардан самарали кўндирмалар олиш//ТошТЙМИ Ахборотномаси №2/3 2018. (05.00.00; № 11)

3. Hundayberganova N.T., Rizaev A.N., Hamidov B.N., Musaeov O.M. Benzol adsorbation on activated coal adsorbents. International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology, Vol. 6, Issue 11, November 2019, p. 11609- 11611. (05.00.00; № 8)

4. Hundayberganova N.T., Rizaev A.N., Musaeov O.M. Study of Benzene Vapor Adsorption in Adsorbents Based on Oil Waste. International Journal of Materials and Chemistry 2020, 10(2): 27-29 DOI: 10.5923/j.ijmc.20201002.03 (02.00.00; № 13)

5. Худайберганова Н.Т., Ризаев А.Н. Нефтинг қолдиқ маҳсулотларидан янги сорбент олиш. Композицион материаллар, №2/2021, Toshkent, 143-146 б. (02.00.00; № 4)

**II бўлим (II часть; II part)**

1. Худайберганова Н.Т., Ризаев А.Н., Убайдуллаев Б.Х., Жумаева Д.Ж. Повышение эффективности работы очистных сооружений с использованием новых адсорбентов. Сборник докладов и тезисов II Международной научно-технической конференции “Инновационные разработки в сфере химии и технологии топлив и смазывающих материалов”, Бухара, 2017 г., с. 272-274

2. Худайберганова Н.Т., Хамидов Б.Н., Орлов М.В. Получение импортозамещающих композиций активированных угольных адсорбентов для очистки сточных вод, содержащих нефтепродукты. Материалы республиканской научно-технической конференции «Ресурсо- и энергосберегающие экологически безвредные композиционные и нанокоспозиционные метериалы», 25-26 апреля 2019 г., Ташкент, 2019 г., с. 228-229

3. Худайберганова Н.Т., Хамидов Б.Н., Пайғамов Р.А. Нефт кокс адсорбентларига бензол буғлари адсорбцияси. Сборник докладов и тезисов III Международной научно-технической конференции «Инновационные разработки в сфере химии и технологии топлив и смазывающих материалов. Ташкент, 19-20 сентября 2019 г., с.

4. Ризаев А.Н., Худайберганава Н.Т. Механическая прочность нефтяных коксов. Сборник докладов и тезисов Международной конференции «Инновационное развитие нефтегазовой отрасли, современная энергетика и их актуальные проблемы», май 2020 г., с.497

5. Hudaiberganova N.T. Obtaining new adsorbent on the basis of oil waste. Scientific Collection «InterConf», (36): with the Proceedings of the 7th International Scientific and Practical Conference «Challenges in Science of Nowadays» (November 26-28, 2020) in Washington, USA: EnDeavours Publisher, 2020. 1495 p. ISBN 979-1-293-10109-3

6. Худайберганава Н.Т. Очистка нефтесодержащих сточных вод с помощью сорбентов. International Conference “EUROPE, SCIENCE AND WE”, Praha, Czech Republic Conference Proceedings, December 2020, с.13-14

7. Худайберганава Н.Т., Мусаев О.М. Получение нового адсорбента на основе нефтяных отходов. “Scientific ideas of young scientists” International scientific and practical conferences, June, 2020 Warsaw, Poland, с. 10-11

8. Hudaiberganova N.T., Rizaev A.N. Adsorbent compositions in oil-containing waste water purification technology. International scientific and practical Conference “Modern views and research – 2020”, December, 2020: Egxam, England. Independent Publishing Network Ltd -p.15-17

9. Khudayberganova N.T., Rizaev A.N., Abdurakhmonov E.B. Adsorption properties of benzene vapors on activated carbon from coke and asphalt. Материалы конференции CONMECHYDRO 2021 E3S Web of Conferences 264, 01022 (2021) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126401022>.

Автореферат “Ўзбекистон кимё журналі” тахририятида тахрир қилинди.

**Босмахона лицензияси:**



**9338**

Бичими: 84x60 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. «Times New Roman» гарнитураси.  
Рақамли босма усулда босилди.  
Шартли босма табағи: 2,75. Адади 100 дона. Буюртма № 62/23.

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