

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

УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ

АБДУРАХИМОВ АКМАЛ ХОДЖИАКБАРОВИЧ

**СУВ-СПИРТЛИ ЭРИТМАЛАРНИ ЧУҚУР ТОЗАЛАШ УЧУН
МАҲАЛЛИЙ ХОМ-АШЁ РЕСУРСЛАРИ АСОСИДА АДСОРБЕНТЛАР
ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

02.00.11 – Коллоид и мембрана кимёси

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

Тошкент-2021

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)

Content of the dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)

Абдурахимов Акмал Ходжиакбарович

Сув-спиртли эритмаларни чуқур тозалаш учун маҳаллий хом-ашё ресурслари асосида адсорбентлар олиш технологиясини ишлаб чиқиш 4

Абдурахимов Акмал Ходжиакбарович

Разработка технологии получения адсорбентов для глубокой очистки водно-спиртовых растворов на основе местных ресурсов..... 21

Abduraximov Akmal Xodjiakbarovich

Development of technology for the production of adsorbents for the deep purification of water-alcohol solutions based on local resources 39

Список опубликованных работ

Эълон қилинган ишлар рўйхати

List of published works 43

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

УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ

АБДУРАХИМОВ АКМАЛ ХОДЖИАКБАРОВИЧ

**СУВ-СПИРТЛИ ЭРИТМАЛАРНИ ЧУҚУР ТОЗАЛАШ УЧУН
МАҲАЛЛИЙ ХОМ-АШЁ РЕСУРСЛАРИ АСОСИДА АДСОРБЕНТЛАР
ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

02.00.11 – Коллоид и мембрана кимёси

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

Тошкент-2021

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси хузуридаги Олий Аттестация Комиссиясида В2021.3.PhD/Г2351 рақам билан рўйхатга олинган

Диссертация Умумий ва ноорганик кимё институтида бажарилган.
Диссертация автореферати уч тилда (Ўзбек, рус, инглиз (резюме) Илмий кенгаш веб-варагида (www.tkti.uz) ва Ахборот-таълим портали «ZiyoNet» да (www.ziyounet.uz) жойлаштирилган

Илмий раҳбар:

Жумаева Дилноза Жураевна
техника фанлари доктори

Расмий оппонентлар:

Эргашев Ойбек Каримович
кимё фанлари доктори, профессор

Адизов Бобиржон Замирович
техника фанлари доктори; кат. и.х.

Етакчи ташкилот:

Фарғона политехника институти

Диссертация ҳимояси 2021 йил « 16 » ноябрда соат « 14⁰⁰ » да Умумий ва ноорганик кимё институтидаги DSc.02/30.12.2019.К/Т.35.01 рақамли Илмий кенгаш йиғилишида бўлади. Манзил: 100170, Тошкент шаҳар, Мирзо.Улуғбек кўчаси, 77-а, Тел: (+99871) 262-56-60, Факс: (+99871) 262-79-90; e-mail: ionxanuz@mail.

Диссертация Умумий ва ноорганик кимё институтининг Ахборот-ресурс марказида 12-рақам билан рўйхатга олинган бўлиб, у билан Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин. Манзил: 100170, Тошкент шаҳар, Мирзо.Улуғбек кўчаси, 77-а, Тел: (+99871) 262-56-60, Факс: (+99871) 262-79-90;

Диссертация автореферати 2021 йил « 3 » ноябрда тарқатилди.
(2021 йил « 3 » ноябрдаги № 12- реестр баённомаси)



Б.С.Закиров
Илмий даражалар берадиган
илмий кенгаш раиси,
к.ф.д., профессор

Д.С.Салиханова
Илмий даражалар берадиган
илмий кенгаш илмий котибаси,
т.ф.д., профессор

Ш.С. Намозов
Илмий даражалар берадиган
илмий кенгаш қошидаги илмий
семинар раиси, академик

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертациясининг аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги талаблилиги. Бутун дунёда озиқ-овқат маҳсулотлари ва ичимликларни хавфсизлигини таъминлаш, ҳамда истеъмол учун яроқли бўлишига доир илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Бунинг учун табиий хом-ашёлардан, жумладан ёғоч асосида ва бошқа целлюлозали саноат чиқиндиларидан олинадиган адсорбентлар, яъни фаоллаштирилган углеродли адсорбентлар олинади ва қўлланилади. Бундай углеродли адсорбентлар синтетик адсорбентларга нисбатан юқори селективлик хоссасига эга бўлиб, кам зарарли ҳисобланади. Шу сабабли пиролиз усули ёрдамида дарахт чиқинди ёғочларидан сув-спиртли эритмаларни ва шарбатларни тозалашда қўлланиладиган адсорбентларни олиш ва қўллаш муҳим илмий-амалий аҳамиятга эга.

Жаҳонда сув-спиртли ичимликларнинг ҳиди ва таъмини яхшилаш, турини кўпайтиришни, уларни адсорбция усулида тозалаш бўйича илмий изланишлар олиб борилмоқда. Бу борада ликер-ароқ ишлаб чиқаришда сув-спиртли эритмалар сифатини пасайтириш сабабларини аниқлаш, сув-спиртли эритмаларни тозалашда адсорбция усулини қўллаб, озиқ-овқат хавфсизлигини оширувчи усулларни яратиш, маҳаллий дарахт чиқинди (дарахт шохаси, буттаси)лардан пиролиз усулида фаоллаштирилган углеродли адсорбентлар олиш, сув-спиртли эритмаларни чуқур тозалашдаги мақбул шароитларини ишлаб чиқишга алоҳида эътибор берилмоқда.

Ўзбекистонда сув-спиртли ичимликлар, уларни адсорбцион тозалашнинг замонавий усулларидан фойдаланиб, сифатини ошириш ва турларини кўпайтириш йўналишлари бўйича маълум илмий-амалий натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантиришга қаратилган Ҳаракатлар стратегиясининг учинчи йўналишида: «саноатни, сифат жиҳатидан янги босқичга ўтказиш, тайёр маҳсулот ишлаб чиқаришни кейинчалик уни жадаллаштириш, маҳаллий хом-ашё ресурсларини чуқур қайта ишлаш, янги хил маҳсулотлар ва технологияларни эгаллаш асосида, кўтариш»¹ га қаратилган муҳим вазифалар белгилаб берилган. Бу борада жумладан маҳаллий ресурслар асосида сув-спиртли эритмаларни чуқур тозалайдиган адсорбентлар олиш технологиясини яратиш муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «2017-2021-йилларда Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг бешта тамойили бўйича Ҳаракатлар стратегияси» тўғрисидаги Фармони, 2017 йил 23-августдаги ПҚ-3236-сон «2017-2021-йилларда кимё саноатини ривожлантириш дастури тўғрисида»ги Қарори, ҳамда шунингдек мазкур фаолиятга тегишли меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни бажаришга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг Республика фан ва технологиялари ривожланишининг асосий устувор йўналишларига боғлиқлиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг VII «Кимёвий технология ва нанотехнология» устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сонли «2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг бешта устувор йўналишлари бўйича Ҳаракатлар стратегияси» тўғрисидаги Фармони

Муаммони ўрганилганлик даражаси. Илмий-техник адабиётларда турли углеродли хом-ашё ресурсларидан, жумладан, табиий кўмир, ёғочлар ва бошқа хом ашёлар асосида углеродли адсорбентларни олиш усуллари ёритилган. Улардан углеродли адсорбентлар олиш ва ҳар хил объектларга, жумладан озучавий суяқликларни тозалашда қўллаш бўйича чет эл олимларидан М.М. Дубинин, К.В. Чмутов, В.С. Петров, Н.Ф. Федоров, Н.И. Богданович, Ю.Я. Филоненко, W. Marsh, N.A. Zhonghua, C.O. Mohanty, C. Okada ва бошқа тадқиқотчилар салмоқли ҳисса қўшганлар.

Бу йўналишда мамлакатимиз олимларидан К.С. Ахмедов, Э.А. Арипов, Ф.Л. Глекель, С.С. Хамраев, А.А. Агзамходжаев, С.Н. Аминов, З.С. Салимов, У.К. Ахмедов, Г.У. Рахматқариев, С.З. Муминов, Г.Р. Нарметова, С.А. Абдурахимов, И.Д.Эшметов, Д.С. Салиханова, Д.Ж. Жумаева ва кўпгина бошқа олимлар тадқиқотлар олиб боришган.

Таъкидлаш лозимки, адабиётларда бу йўналишда чоп этилган маълумотларнинг кўплигига қарамай сув-спиртли эритмаларни чуқур тозалаш учун адсорбентлар олиш технологияси, маҳаллий хом-ашё-Павловния дарахти чиқиндиларидан оқилона фойдаланиш ва унинг асосида адсорбентлар олиб, уларни сув-спиртли эритмаларни чуқур тозалашга қўллаш бўйича етарлича ишлар амалга оширилмаган.

Диссертация тадқиқотининг диссертацияда бажарилган илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Умумий ва ноорганик кимё институтининг илмий-тадқиқот ишлари режаларига мувофиқ №ПЗ-2017091327-«Юқори самарали маҳаллий адсорбентлар ёрдамида (ёғ-мой ва бошқалар) оқова сувларини тозалашнинг инновацион технологиясини ишлаб чиқиш» мавзусидаги амалий лойиҳаси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади сув-спиртли эритмаларни чуқур тозалаш учун маҳаллий хом-ашё ресурслари асосида адсорбентлар олиш технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

углеродли адсорбент олиш учун керак бўлган хом ашёлар базасини ўрганган ҳолда, уларнинг энг мақбулини танлаш, ҳамда ушбу хом-ашёнинг таркиби ва хоссаларини ўрганиш;

танланган маҳаллий дарахт чиқиндиларидан фойдаланиб углеродли адсорбентлар олиш, ҳамда уларни анъанавий усулда пиролиз ва сув буғи ёрдамида фаоллаштириш, шунингдек ноанъанавий усулда пиролиз усулидан сўнг микротўлқинли нурлар ёрдамида фаоллаштириш;

фаоллаштирилган адсорбентларнинг физик-кимёвий ва коллоид хоссаларини аниқлаш;

олинган адсорбентларни электрон микроскопик, хроматоргафик, ИҚ спектроскопик ва колориметрик усуллар билан текшириш, сорбцион-структура ва термодинамик жараёнларнинг характеристикаларини аниқлаш учун бензол, сув ҳамда, этил спирти буғларининг адсорбцион жараёнларини ўрганиш;

углеродли адсорбентларнинг сув-спиртли эритмалар таркибидаги зарарли бўлган аралашмалардан тозалашнинг дастлабки лаборатория, ҳамда саноат синовини амалга ошириш;

юқори ғовакли ва адсорбцион қобилиятга эга бўлган углеродли адсорбентларини ноанъанавий усулда фаоллаштириб олиш схемаси ва технологиясини ишлаб чиқиш;

углеродли адсорбентларни фаоллаштириб олиш бўйича Ts-ташкilot стандартини ишлаб чиқиш ва ушбу адсорбентни саноат миқёсида ишлаб чиқаришда импорт бўлган БАУ-А адсорбентининг ўрнига тавсия этиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида маҳаллий Павловния дарахти ёғочидан пиролиз, сув буғи ҳамда микротўлқинли (ўта юқори частотали) нурланиш усуллари ёрдамида олинган углеродли адсорбентлар, сув-спиртли эритмалар, шунингдек Россиядан келтирилган БАУ-А импорт адсорбенти олинган.

Тадқиқотнинг предметини фаоллаштириш усулларида маҳаллий Павловния дарахти ёғочидан адсорбентлар олиш ва уларни тадқиқ этиш жараёнларининг, ҳамда уларни сув-спиртли эритмаларни чуқур тозалашда қўллашдаги қонуниятлари ташкил этган.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертация тадқиқот ишида сканерловчи электрон микроскоп (СЭМ), хроматография, ИҚ-спектр таҳлили, колориметрия усули, шунингдек, углеродли адсорбентларни олиш ва сув-спиртли эритмаларни чуқур тозалашда қўллаш жараёнларини математик ва инфорацион технологиялар ёрдамида ҳисоблаш усулларидадан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

Павловния дарахти чиқиндиларидан пиролиз жараёнида (22,5 кВт, 90 дақиқа) термик адсорбентни ноанъанавий (микротўлқинли нурланиш) усулда (0.14 кВт, 7 дақиқа) фаоллаштириб, углеродли адсорбент олишнинг мақбул шароитлари аниқланган;

илк бор этанол ва сув буғи молекулаларининг МТПАК-А адсорбентига қонуниятли ўзгариши яъни, БАУ-А адсорбентига нисбатан этанол молекуласини 2,5 марта, сув буғи молекуласини эса 1,2 марта кўп адсорбцияланиши аниқланган;

МТПАК-А адсорбентининг микро ғовакларида 0.5 ммоль/гга қаррали 7 та сув молекулалари, ҳамда мезо ва макро ғовакларида жами 9 та, жумладан: мезо ғовакларда 0,75 ммоль/гга қаррали 5 та ва макро ғовакларда 1,43 ммоль/гга қаррали 4 та этанол молекулалари қонуниятли равишда адсорбцияланиши аниқланган;

илк бора Павловния дарахти асосида фаоллаштирилган углеродли адсорбентнинг микро ғоваклари 0,5 ммоль/г га, мезо ғоваклари 0,75 ммоль/г га ва макро ғоваклари фаол марказлари 1,43 ммоль/г га тенг эканлиги аниқланган;

Павловния дарахти чиқиндилари асосида МТПАК-А адсорбентини олишнинг технологик схемаси ишлаб чиқилган;

фаоллаштирилган МТПАК-А адсорбентининг импорт БАУ-А адсорбентига нисбатан сув-спиртли эритмаларни таркибидан зарарли аралашмаларни 2,6 марта кўп тозалаш ишботланган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

маҳаллий Павловния дарахти чиқиндиларидан анъанавий усулда 3 МПа босим остида сув буғи ёрдамида фаоллаштириб, ноанъанавий усулда микротўлқинли нурлар таъсирида фаоллаштирилган углерод асосли адсорбентлар олишнинг технологияси яратилган;

сув-спиртли эритмалар таркибидан зарарли (ацетальдегид, метилацетат, этилацетат ва изопропонол) аралашмаларни фаоллаштирилган углеродли адсорбентлар ёрдамида чуқур тозалаш технологияси тавсия этилган;

Павловния дарахти чиқинди ёғочидан олинган углеродли адсорбент учун «Ўзстандарт» агентлиги томонидан тасдиқланган ташкилот стандарти ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларини илмий ва амалий аҳамияти:

Тадқиқот натижаларини илмий аҳамияти маҳаллий Павловния дарахти ёғочи асосида янги углерод асосли адсорбентларда термодинамик жараёнлар параметрларини тадқиқи этиш натижасида этанол молекуласини макро ва мезо ғовакларда, сув молекуласини эса микро ғовакларда қонуниятли равишда адсорбцияланиши, адсорбентнинг фаол марказлари сони адсорбцияланиш механизми асосида аниқланиши сув-спиртли эритмаларни чуқур тозалашда қўллаш учун адсорбентларнинг сорбцион-структура кўрсаткичлари аниқланиши янги турдаги адсорбентни ишлаб чиқиш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларини амалий аҳамияти маҳаллий Павловния дарахти чиқиндиси асосида анъанавий ва ноанъанавий усул ёрдамида олинган адсорбентлардан фойдаланиб сув спиртли эритмалар таркибидан зарарли аралашмаларини чуқур тозалашда ацетальдегид, метилацетат, этилацетат ва изопропонолларни адсорбциясида қўлланилиб, импорт ўрнини босувчи адсорбент сифатида қўллашга хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Сув-спиртли эритмаларни чуқур тозалаш учун яратилган углеродли адсорбентларни олиш технологияси бўйича олинган илмий натижалар асосида:

маҳаллий Павловния дарахти чиқиндиси асосида янги кўмирли адсорбентни олиш технологияси Ўзбекистон Республикаси Алкогол ва тамаки бозорини тартибга солиш ҳамда виночиликни ривожлантириш агентлигининг «2021-2022 йилларда амалиётга жорий этиш бўйича истиқболли ишланмалар рўйхати»га киритилган (Ўзбекистон Республикаси Алкогол ва тамаки бозорини тартибга солиш ҳамда виночиликни ривожлантириш агентлигининг 2021 йил 28 апрелдаги 02-16/1360-сон маълумотномаси). Натижада, сув-спиртли эритмаларни чуқур тозалашда қўлланиладиган импорт ўрнини босувчи кўмирли адсорбентларни олиш имконини беради;

сувли-спирт эритмаларини адсорбцион тозалаш учун ПАК-А фаоллаштирилган кўмирли адсорбентлари олиш учун ташкилот стандарти «Ўзстандарт» агентлиги тамонидан тасдиқланган (Ts-17088447-06:2020). Мазкур ташкилот стандарти маҳсулотнинг сифати ва технологик жараёни назорат қилиш имконини беради.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари 10 та халқаро ва 6 та республика илмий-техник конференцияларда муҳокамадан ўтказилган.

Диссертация натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича ҳаммаси бўлиб 24 та илмий иш нашр этилган. Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссияси томонидан диссертацияларнинг (PhD) асосий натижаларини нашр этиш тавсия этилган журналларда умумий 8 та журнал мақолалари, шундан 5 таси халқаро, 3 таси маҳаллий журналларда чоп этилган.

Диссертациининг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш, тўртта боб, хулосалар, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловадан иборат. Диссертациянинг умумий ҳажми 121 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Диссертация тадқиқотининг кириш қисмида бажарилган ишнинг долзарблиги ва зарурияти асосланган, мақсади, вазифалари, объектлари ва предметининг таърифлари келтирилган, тадқиқотнинг республика фан ва технологиялар ривожланишининг устувор йўналишларига мувофиқлиги, илмий янгилиги ва амалий натижалари баён этилиб, натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий этилганлиги, чоп этилган илмий ишлар ва диссертациянинг тузилиши ҳақидаги маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг биринчи **«Фаоллаштирилган углеродли адсорбентларини олиш технологиясининг ҳозирги ҳолатини таҳлил қилиш ва уларни қўллаш»** бобида фаол углеродли адсорбентларини қўллаш соҳалари ва аҳамияти, уларни олиш учун ишлатиладиган хом ашё турлари, уларни фаоллаштириш усуллари, углеродли адсорбентларининг физик-кимёвий хоссаларини ўрганиш натижалари, улардан фойдаланишнинг илмий-техник асослари, ликер-ароқ ва бошқа соҳаларда қўлланиладиган спиртли ичимликлар ва уларни зарарли қўшимчалардан тозалаш тўғрисидаги адабиётлар таҳлилидан маълумотлар келтирилган. Турли ўсимлик чиқиндилари асосидаги фаол углеродли адсорбентларни газ ва суюқ муҳитлардаги зарарли қўшимчалардан тозалашда адсорбентлар сифатида ишлатилиши мумкинлиги кўрсатилган.

Диссертациянинг иккинчи **«Ўсимлик хом ашёси ва улар асосида олинган адсорбентларни таҳлил қилиш»** бобида ўсимлик хом-ашёси ва улар асосида олинган адсорбентларнинг адсорбцияси, таҳлил усуллари, дарахтнинг чиқинди ёғоч хом-ашёсидан фаол углеродли адсорбентларини олиш технологиялари, сув-спирт эритмаларининг фаоллаштирилган адсорбент билан тозалашдан олдинги ва кейинги физик-кимёвий кўрсаткичлари баён этилган. Павловния, ўрик, шафтоли, олча, чинор ва қайин дарахтлари асосида олинган фаоллаштирилган углеродли адсорбентлари шартли равишда қуйидагича номланган: ПАК-А, ЎАК-А, ШАК-А, ОАК-А, ЧАК-А ва солиштириш мақсадида келтирилган импорт сифатида БАУ-А адсорбенти танланган.

1-жадвал

Пиролиз усулда олинган адсорбентларнинг физик-кимёвий кўрсаткичлари

| Адсорбент намуна-лари | Фаоллаш ҳарорати, °С | Намлик, W ^A , % | Кул микдори A ^c , % | Адсорбент унуми, (%) | Мустаҳкамлиги (МПа) | Ацетон бўйича ғоваклиги, % |
|-----------------------|----------------------|----------------------------|--------------------------------|----------------------|---------------------|----------------------------|
| ЎАК-А | 300÷800 | 2,75÷1,10 | 8,06÷4,03 | 29,11÷24,94 | 7,23÷10,00 | 50,13÷30,02 |
| ОАК-А | 300÷800 | 3,40÷1,10 | 8,70÷5,92 | 31,46÷27,09 | 5,63÷8,20 | 49,03÷28,60 |

| | | | | | | |
|-------|---------|-----------|-----------|-------------|------------|-------------|
| ШАК-А | 300÷800 | 2,80÷1,05 | 9,21÷6,02 | 30,01÷25,02 | 8,01÷11,38 | 48,17÷29,23 |
| ПАК-А | 300÷800 | 2,65÷2,00 | 4,00÷2,96 | 32,30÷30,03 | 8,08÷11,74 | 52,33÷33,66 |
| ЧАК-А | 300÷800 | 2,68÷1,95 | 4,05÷2,98 | 31,45÷28,01 | 5,91÷9,86 | 51,33÷30,72 |
| БАУ-А | - | 3,5 | 5,0 | - | 9,5 | 65,0 |

1-жадвалдан дастлабки пиролиз усулида фаоллаштирилган ПАК-А адсорбентининг физик-кимёвий кўрсаткичлари ЎАК-А, ОАК-А, ШАК-А, ЧАК-А ва БАУ-А адсорбентларидан юқори эканлиги кўриниб турибди. Мазкур термик фаол адсорбент намуналари орасидаги 800°C хароратда олинган ПАК-А адсорбенти энг мақбули деб топилган. Шу билан бирга сув буғи усулида фаоллаштириб олинган адсорбентларнинг физик-кимёвий кўрсаткичлари (2-жадвал) да келтирилган.

2-жадвал

Буғ-газли усулида фаоллаштириган адсорбентларнинг физик-кимёвий кўрсаткичлари

| Адсорбент намуналари | Фаоллаш харорати, °C | Намлик W ^A , % | Кул миқдори A ^c , % | Адсорбент унуми, (%) | Мустаҳкамлиги (МПа) | Ацетон бўйича ғоваклиги, % |
|----------------------|----------------------|---------------------------|--------------------------------|----------------------|---------------------|----------------------------|
| ЎАК-А | 300÷800 | 2,43÷2,06 | 4,61÷2,18 | 28,32÷24,00 | 7,43÷10,08 | 45,14÷22,93 |
| ОАК-А | 300÷800 | 2,51÷2,02 | 3,60÷2,47 | 29,6÷24,02 | 6,53÷8,30 | 46,33÷23,16 |
| ШАК-А | 300÷800 | 2,52÷2,08 | 3,31÷2,26 | 29,46÷26,08 | 8,12÷11,88 | 47,33÷23,28 |
| ПАК-А | 300÷800 | 2,47÷2,00 | 2,55÷2,01 | 30,30÷27,03 | 9,08÷13,24 | 49,43÷25,18 |
| ЧАК-А | 300÷800 | 2,57÷2,00 | 2,84÷2,09 | 28,11÷23,94 | 6,91÷10,36 | 48,13÷24,08 |
| БАУ-А | - | 3,0 | 2,5 | - | 10,6 | 47,0 |

2-жадвалда 800°C хароратда сув-буғи билан фаоллаштириш натижасида олинган ПАК-А адсорбентининг физик-кимёвий кўрсаткичлари ЎАК-А, ОАК-А, ШАК-А, ЧАК-А ва БАУ-А адсорбентларидан юқори эканлиги келтирилган. Ноанъанавий усулда фаоллаштириш юқори частотали нурланиш билан (ЎЮЧ усулида) микротўлқинли нурланиш ёрдамида амалга оширилди. Физик-кимёвий анализларни тадқиқ қилиш бўйича натижалар 3-жадвалда келтирилган.

3-жадвал

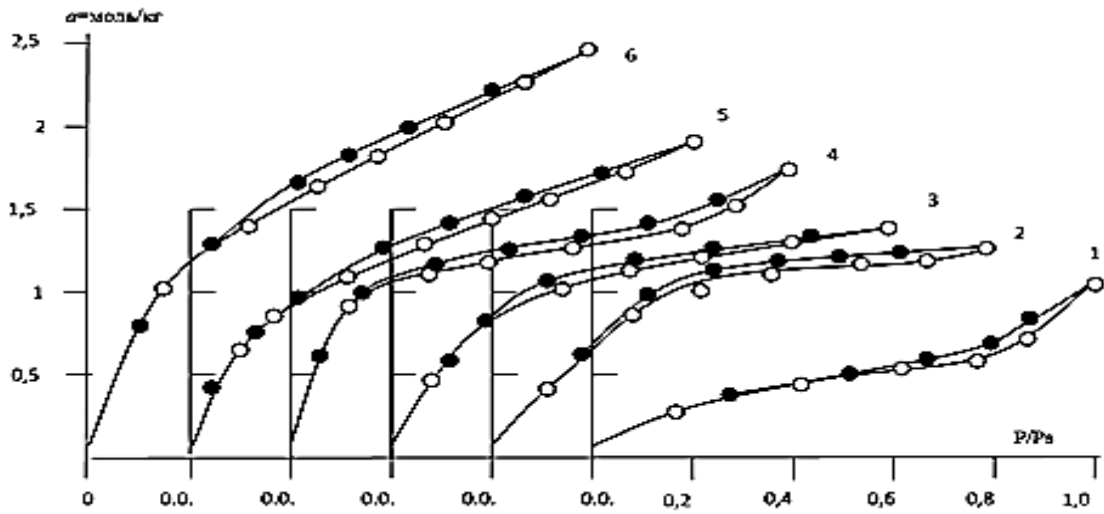
Анъанавий ва ноанъанавий фаоллаштириш усулида олинган адсорбентларнинг физик-кимёвий кўрсаткичлари

| Адсорбент намуналари | Фаоллаш харорати, °C | Намлик, W ^A , % | Кул миқдори A ^c , % | Адсорбент унуми, (%) | Мустаҳкамлиги (МПа) | Ацетон бўйича ғоваклиги, % |
|----------------------|----------------------|----------------------------|--------------------------------|----------------------|---------------------|----------------------------|
| ПАК-А | 800 | 2,00 | 2,96 | 30,03 | 11,74 | 33,66 |
| ППАК-А | 800 | 2,00 | 2,01 | 27,03 | 13,24 | 25,18 |
| МТПАК-А | 800 | 2,00 | 1,54 | 25,12 | 15,90 | 25,05 |

3-жадвалдаги адсорбентларнинг физик-кимёвий кўрсаткичларининг қиёсий таҳлили МТПАК-А адсорбентининг кўрсаткичлари қолганларидан энг яхшиси эканлигини кўрсатади. Дарахт чиқиндиларини термик

фаоллаштириш усулидан фойдаланиб, олинган адсорбентларда бензол буғлари асосида адсорбция изотермаларини олинди.

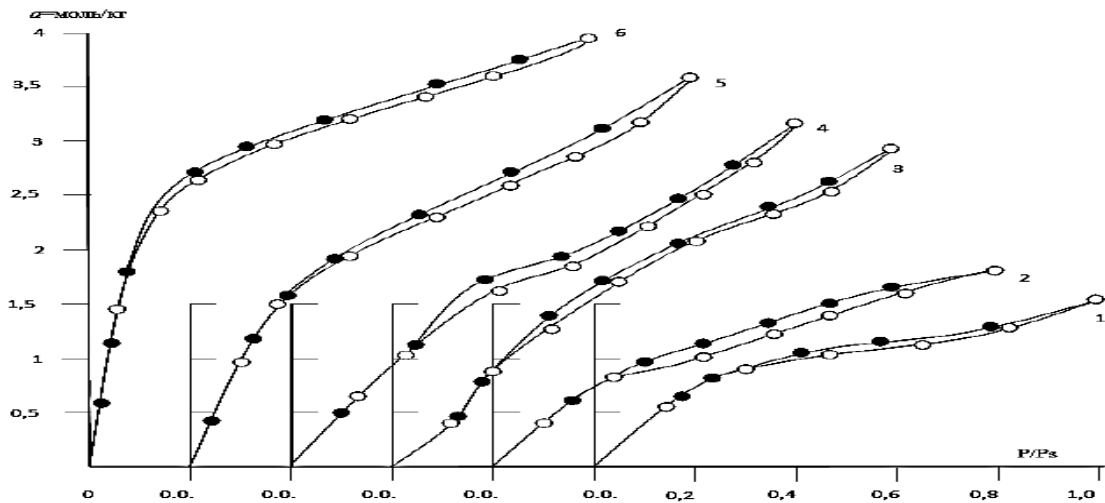
1-расмда $300^{\circ}\text{C} \div 800^{\circ}\text{C}$ ҳароратдаги пиролиз усулида олинган адсорбентларнинг бензол буғи адсорбциясининг изотермалари келтирилган.



1-расм. $300^{\circ}\text{C} \div 800^{\circ}\text{C}$ ҳароратдаги термик фаоллаштириб олинган ПАК-А адсорбентларининг бензол буғи адсорбцияси изотермаси:
(1)- 300°C ; (2)- 400°C ; (3)- 500°C ; (4)- 600°C ; (5)- 700° ; (6)- 800°C .

Адсорбция изотермаларидан пиролиз ҳароратининг ортиши билан сорбция сифимининг бензол буғига нисбатан қиймати ортиши кузатилди. Бунда десорбция изотермаси адсорбция билан параллел равишда қайтиб, гистерезис ҳалқасини ҳосил қилади.

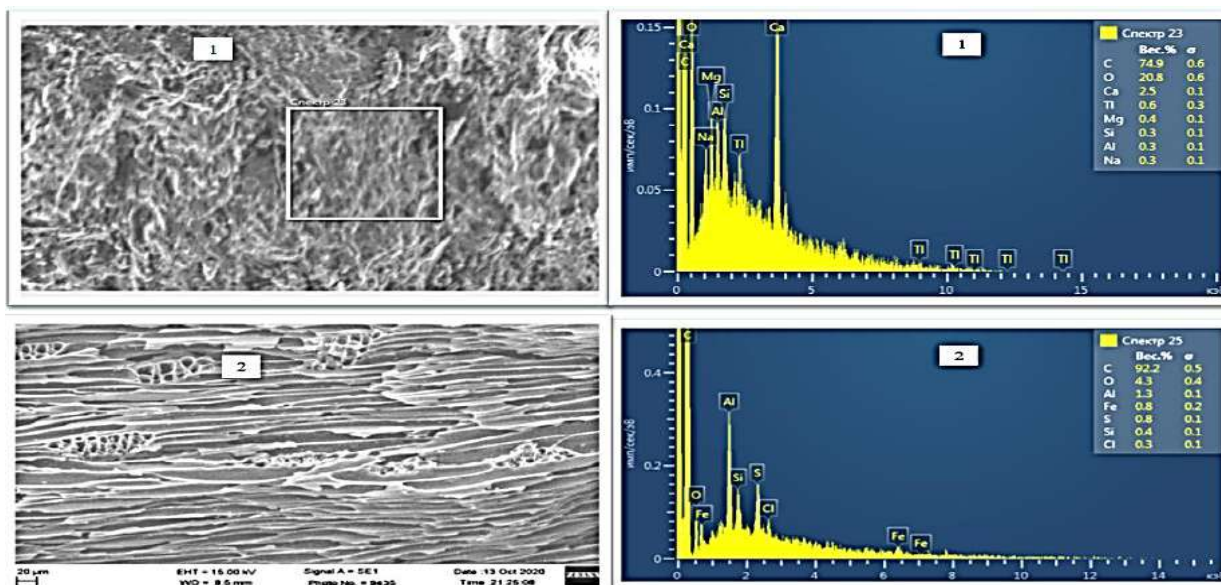
2-расмда $300^{\circ}\text{C} \div 800^{\circ}\text{C}$ ҳароратда фаоллаштирилган ёғоч адсорбентлари томонидан бензол буғи адсорбциясининг изотермалари келтирилган.



2-расм. $300^{\circ}\text{C} \div 800^{\circ}\text{C}$ ҳароратдаги сув буғи иштирокида фаоллаштириб олинган ШАК-А адсорбентларининг бензол буғи адсорбция изотермаси: (1)- 300°C ; (2)- 400°C ; (3)- 500°C ; (4)- 600°C ; (5)- 700°C ; (6)- 800°C .

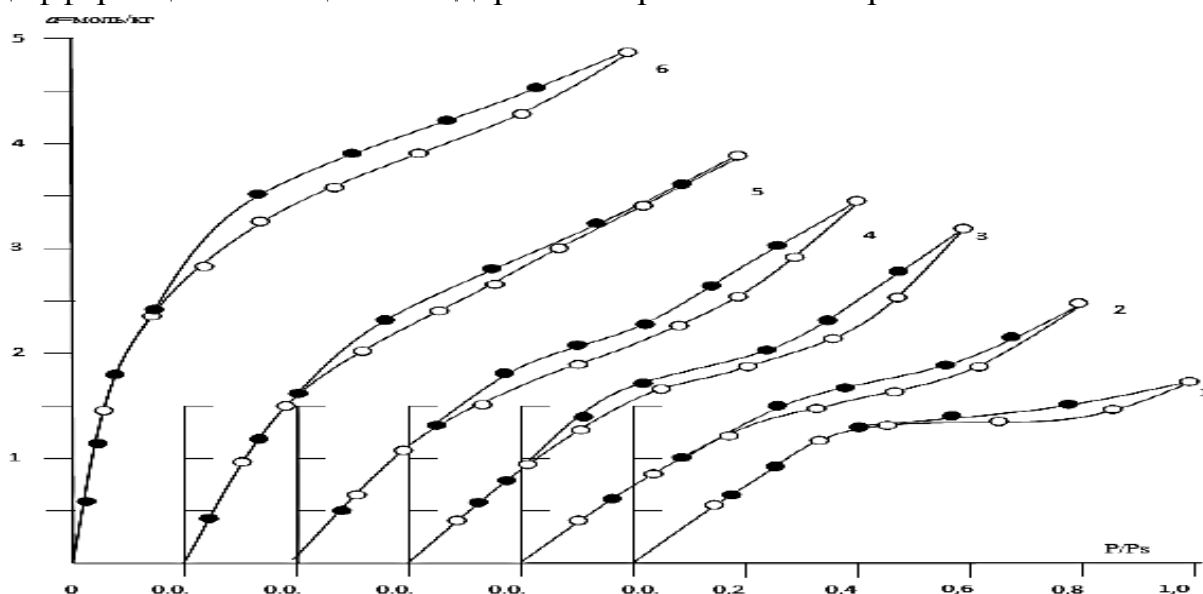
Бу ҳолда десорбция изотермаси адсорбция билан параллел равишда қайтади ва гистерезис ҳалқасини ҳосил қилади.

3-расмда сканирловчи электрон микроскоп ёрдамида олинган 100 мкм (1) ўлчамдаги Павловния дарахти қипиғининг ва 20 мкм (2) ўлчамли 800°C ҳароратда Павловния дарахтидан пиролиз қилинган ва микротўлқин нурлари (МТПАК-А) билан фаоллаштирилган углеродли адсорбентнинг элемент таркиби ва сирт юзасининг тасвири келтирилган.



3-расм. Павловния дарахти чиқиндисининг дастлабки ва МТПАК-А адсорбентларининг сканирловчи электрон микроскоп тасвири

Диссертациянинг «Маҳаллий хом ашёлардан фаоллаштирилган углеродли адсорбентларни олиш жараёни ва уларнинг адсорбцион хусусиятларини ўрганиш» номли учинчи бобида, 300°C÷800°C да буғ билан фаоллаштирилган углеродли адсорбентларида бензол буғларининг адсорбцияси натижалари, адсорбентларнинг структуравий-сорбцион кўрсаткичлари ва адсорбентларнинг ғоваклари ҳажми, шунингдек, дифференциал иссиқлик миқдори ва энтропияси келтирилган.



4-расм. 300÷800°C ҳароратдаги пироиздан сунг, микротулқинли фаоллаштирилган МТПАК-А адсорбентларининг бензол буғи адсорбция изотермаси: (1)-300°C; (2)-400°C; (3)-500°C; (4)-600°C; (5)-700°C; (6)-800°C.

4-расмда $300^{\circ}\text{C} \div 800^{\circ}\text{C}$ ҳароратлар оралиғида сув буғи ёрдамида фаоллаштирилган адсорбентларда бензол буғлари адсорбция изотермаси келтирилган. 4-расмдан кўринадики, пиролиз усулида ишлов берилган ва сув буғи билан фаоллаштирилган адсорбентлар бензол буғларини адсорбциялайди. Бензол буғининг адсорбцияси унинг босимидан катта ва адсорбентнинг гидрофоблик даражаси катта, чунки 600°C , 700°C ва 800°C ҳароратда адсорбент фақат углероддан иборат бўлади. Қоидага кўра, ўхшаш моддалар ўхшаш моддаларда эрийди, мазкур ҳолатда ўхшаш гидрофоб углерод адсорбент бензол буғларини тўйингунча ютади.

4-жадвалда тадқиқотлар давомида эксикатор усули билан турли ҳароратларда фаоллаштириб олинган адсорбентларнинг бензол буғи ёрдамидаги сорбцион кўрсаткичлари келтирилган.

4-жадвал

ПАК-А ва БАУ-А фаоллаштирилган адсорбентларининг бензол буғларини адсорбцияси бўйича структуравий-сорбцион кўрсаткичлари

| № | Адсорбентнинг фаоллаштириш ҳарорати, $^{\circ}\text{C}$ | Моноқатлам ҳажми, a_m , моль/кг | Солиштирама сирт, S , $\text{м}^2/\text{г}$ | максимал адсорбция, a_s , моль/кг |
|---|---|-----------------------------------|---|-------------------------------------|
| 1 | 300 | 0.85 | 204.9 | 2.18 |
| 2 | 400 | 0.93 | 225.0 | 2.43 |
| 3 | 500 | 1.0 | 240.8 | 2.8 |
| 4 | 600 | 1.19 | 286.6 | 3.1 |
| 5 | 700 | 1.28 | 308.7 | 3.3 |
| 6 | 800 | 1.39 | 334.7 | 3.46 |
| 7 | БАУ-А | 1.33 | 320.3 | 3.0 |

4-жадвалдан ҳарорат ортиши билан адсорбентнинг мономолекуляр қатлами ҳажми (a_m) бир маромда ортиши, солиштирама сирт юзаси (S) ва адсорбция миқдори (a_s) нинг шунга мос равишда ортиши кузатилди. Натижада, ПАК-Анинг адсорбцияси деярли 1.5 баробар кўпайди. Ғовакликнинг ҳажмий кўрсаткичлари бўлган микро- ва мезоҒовакларини ҳажмлари ва уларнинг тўйиниши ўсиб бориш характерига эга. Тадқиқотлар натижалари 5-жадвалда келтирилган.

5-жадвал

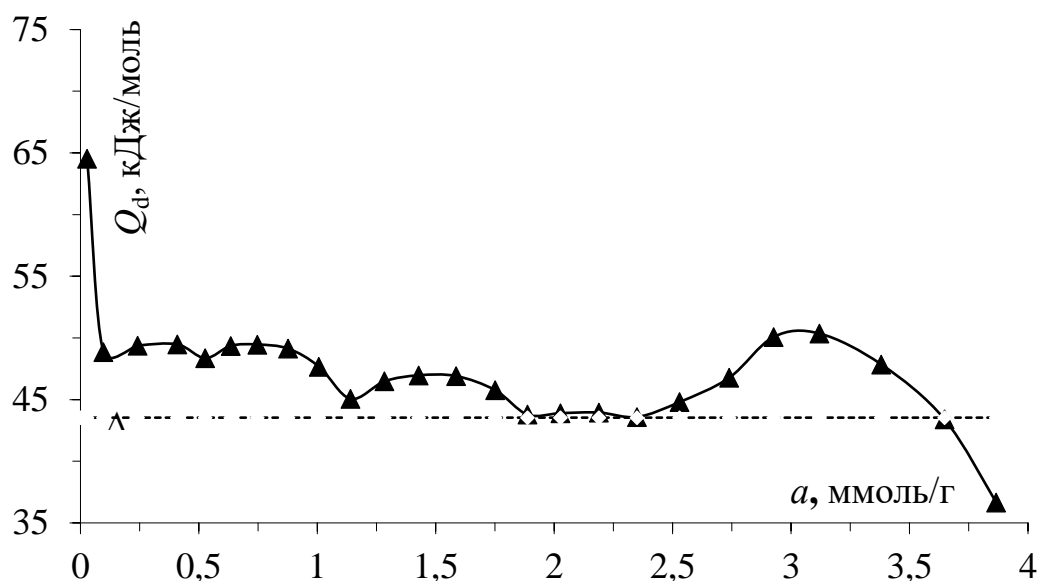
Турли ҳароратларда фаоллаштирилган ПАК-А адсорбентлари Ғовакларининг ҳажмий кўрсаткичлари

| № | Адсорбентнинг фаоллаштириш ҳарорати, $^{\circ}\text{C}$ | МикроҒоваклар ҳажми, $W_0 \cdot 10^3$, $\text{м}^3/\text{кг}$ | МезоҒоваклар ҳажми, $W_{me} \cdot 10^3$, $\text{м}^3/\text{кг}$ | Тўйиниш ҳажми, $V_s \cdot 10^3$, $\text{м}^3/\text{кг}$ |
|---|---|--|--|--|
| 1 | 300 | 0,173 | 0,02 | 0,193 |
| 2 | 400 | 0,187 | 0,03 | 0,217 |
| 3 | 500 | 0,207 | 0,041 | 0,248 |
| 4 | 600 | 0,233 | 0,04 | 0,273 |
| 5 | 700 | 0,274 | 0,02 | 0,294 |
| 6 | 800 | 0,281 | 0,026 | 0,307 |
| 7 | БАУ-А | 0,255 | 0,11 | 0,266 |

5-жадвалда келтирилган натижалар, микро ғоваклари ҳажми ортиши билан адсорбентнинг бензол буғлари билан тўйиниш ҳажми ҳам ортиб боришини кўрсатди. 600°C, 700°C ва 800°C ҳароратда фаоллаштириш усули билан олинган намуналар тўйиниш жиҳатидан БАУ-А импорт адсорбентнинг кўрсаткичларидан юқори эканлигини кўрсатди. 5-расмда ноанъанавий усулда фаоллаштирилган МТПАК-А адсорбентида сув молекуласи адсорбциясининг 303 К даги дифференциал иссиқлиги келтирилган.

Микротўлқинли нурланиш ёрдамида фаоллаштирилган углерод асосли адсорбентнинг сорбцион хоссасини аниқлаш мақсадида сув ва этил спирти адсорбцияси 303К температурада юқори вакуумли микрокалориметр курилмасида тадқиқ этилди.

Маълумки, фаоллаштирилган углеродли адсорбентлар гидрофоб ҳисобланади, яъни уларда сув кам миқдорда адсорбцияланади. 5-расмда сув адсорбцияси дифференциал иссиқлиги (энтальпияси)дан ҳар 0,5ммоль/г да қонуниятли ўзгаришини кўриш мумкин. Бу фаоллаштирилган кўмирнинг микро ғовакларидagi фаол марказлари сони 500 мкмоль/г тенг эканлигини билдиради. Демак, бу фаол марказларда жами бўлиб 7 та (3.5 ммоль/0.5 ммоль/г = 7) сув молекулалари микроғовакларда адсорбцияланади.

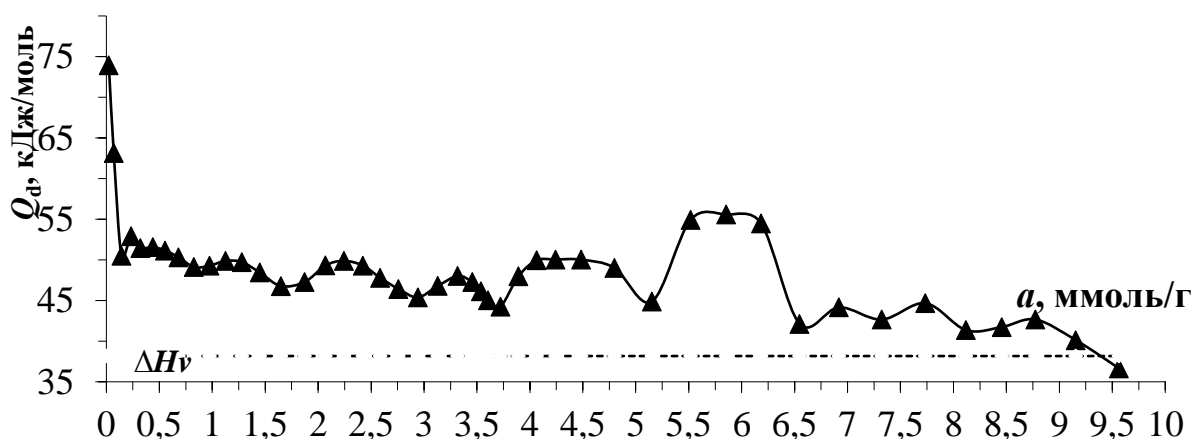


5-расм. Ноанъанавий усулда фаоллаштирилган МТПАК-А адсорбентида сув молекуласи адсорбциясининг дифференциал иссиқлиги

6-расмда ноанъанавий усулда фаоллаштирилган МТПАК-А адсорбентида этанол буғи молекуласи адсорбциясининг 303К даги дифференциал иссиқлиги графиги келтирилган.

Эталон сифатида ўрганилган Россияда ишлаб чиқариладиган БАУ-А адсорбентида этанол молекуласини 3,5 ммоль/гга адсорбцияланиши кузатилган. Микротўлқинли фаоллаштириш натижасида олинган Павлония дарахтидан олинган МТПАК-А адсорбентида эса этанол молекуласи 9,5

ммоль/г микдорида адсорбцияланди, яъни БАУ-А адсорбентидан 2,53 марта кўп микдорда адсорбцияланиши кузатилди.



6-расм. МТПАК-А адсорбентида этанол буғи молекуласи адсорбциясининг дифференциал иссиқлиги

Дифференциал иссиқликни 2 та соҳага ажратиб тушунтириш мумкин: 1-соҳа 3,75 ммоль/г гача бўлган адсорбция жараёни ва 2-соҳа тўйиниш қисмигача, яъни 9,5 ммоль/г гача адсорбцияланиш микдори ҳисобланади. Бу соҳаларда сорбция жараёни қонуниятли ўзгариши мезоғовак ва макроғовакларда этанолнинг адсорбцияланиши билан боғлиқ. Бунда этанол буғи молекулалри адсорбентнинг ғовакларида 3,75 ммоль/г гача микдорда 0,75 ммоль/г каррали, ҳамда тўйинишгача бўлган микдорда 1,4 ммоль/г га каррали равишда адсорбцияланади. Демак, МТПАК-А адсорбентининг ғоавкларида умумий ҳисобда $3,75/0,75=5$ та этанол молекуласи, шунингдек $5,72/1,43=4$ та этанол молекуласи, жами ҳисобда эса 9 та этанол буғи молекуласи адсорбцияланади.

Павловния дарахти чиқиндилари асосида олинган адсорбентлар билан импорт адсорбентнинг олинган натижаларини таҳлил қилиш асосида, микротўлқинли фаоллаштириш усулида Павловния дарахти чиқинди ёғочидан олинган углеродли адсорбент қайин дарахти асосида олинган импорт БАУ-А адсорбентидан сув-спиртли эритмани адсорбция қилиши бўйича юқори эканлиги аниқланди:

МТПАК-А > БАУ-А

МТПАК-Ада этанол молекуласи буғининг адсорбция микдори БАУ-А га нисбатан 1,4 баробар юқори бўлди. Сув буғларининг адсорбентлар билан адсорбция натижаларига кўра, импорт қилинадиган аналог бўлган адсорбентлар ўрнига спиртли маҳсулотлар ишлаб чиқариш учун адсорбент сифатида Ўзбекистон ҳудудида ўсувчи Павловния дарахти чиқиндиларидан тайёрланган микротўлқинли нурланиш усулида фаоллаштирилган углеродли адсорбентларидан фойдаланиш мумкин.

Диссертациянинг тўртинчи бобида «Маҳаллий хом ашё ресурслари асосида сув-спиртли эритмаларни чуқур тозалаш учун адсорбентлар олиш технологиясини ишлаб чиқиш» углерод адсорбентларини олиш ва уларни фаоллаштириш технологияси, адсорбентларнинг физик-кимёвий кўрсаткичлари ва сув-спиртли эритмаларнинг газ хроматографик таҳлиллари натижалари, маҳаллий адсорбентлар ёрдамида сув-спиртли эритмаларни тозалаш технологияси, тажриба-ишлаб чиқариш синовлари ва иқтисодий самарадорлиги натижалари келтирилган.

Павловния дарахти чиқиндиларидан фаоллаштирилган углеродли адсорбентларини олиш икки хил усул ва икки босқичда амалга оширилди: биринчи усул: 1) Чиқинди ёғочни пиролиз қилиш; 2) Сув буғ ёрдамида фаоллаштириш; иккинчи усул: -1) дарахт чиқинди ёғочини пиролиз қилиш; 2) Микротўлқинли нурланиш ёрдамида фаоллаштириш.

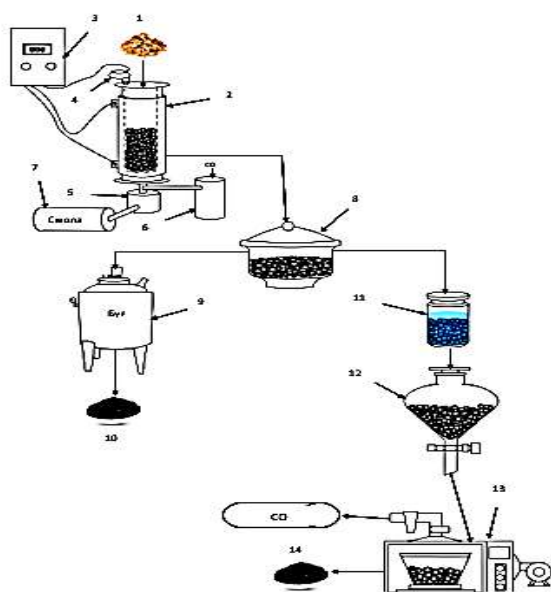
1-усулда пиролиз жараёнида Павловния дарахтининг 50-100 ммли ўлчамдаги майдаланган бўлақларини пиролиз қурилмасига жойлаштирилади. Кейин пиролиз қурилмасининг ичига кислород кирмаслиги учун қопқоғини зич ёпилади. Сўнгра 60-65 В кучланиш билан электр таъминотга уланади, ҳамда 300°C дан 800°C ҳароратгача бўлган кўрсаткични белгилаб олинади. Жарайнда белгиланган ҳароратгача кўтарилгач, қурилма ичидаги масса термик фаол адсорбент ҳосил бўлгунича 1,5-2 соат давомида сақлаб турилади. Адсорбентларнинг термик фаоллаштириш жараёнида 250-400°C ҳарорат орасида смолали қатрон ва углеродли газлар-СО, СО₂, СН₄ ва бошқалар ажралади. Иккинчи усулда пиролиз жараёнидан кейинги ҳосил бўлган углерод асосли масса 1,5-2 соат вақт орасида сув буғи билан фаоллаш жараёнида 800°C ҳароратда фаоллаштирилади. Бунда 180°C-200°C ҳароратли буғ генератори ёқилиб сув идишидан кран ёрдамида томчилаб сув берилади.

Буғ генераторида ҳосил бўлган сув буғлари пиролизерга берилади ва адсорбент билан 1,5-2,0 соат давомида таъсирлашади. Бунда, буғ крани ёрдамида кирган буғ тахминан 50-100 Па босим остида смолали қатрон моддаларни йўқ қилади, адсорбент ғовақларини тозалайди ва шу вақт давомида углеродли адсорбентни фаоллаштиради.

Шунингдек, анъанавий усул билан таққослаш учун ноанъанавий усулни, яъни пиролиз усулида олинган адсорбентни микротўлқинли нурлантириб фаоллаштириш жараёни олиб борилди. 7-расмда таклиф этилаётган углеродли адсорбентларни фаоллаштириш технологияси келтирилган. Бу усул билан юқори ғовақларга эга бўлган адсорбентни олишга, ҳамда фаоллаштириш учун сарфланадиган вақтни тежашга эришилди.

Микротўлқинли печда кутбли молекулаларни ўз ичига олган моддаларни диелектрик иситиш жараёни содир бўлади. Электромагнит тўлқинларнинг электр компоненти дипол моменти ёрдамида молекулаларнинг ҳаракатини тезлаштиради ва молекулалараро ўзаро таъсир электромагнит нурланишнинг ютилишига ва моддаларнинг ички ҳароратининг резонансли ошишига олиб келади. Натижа, сув молекуласи билан туйинган адсорбент ғовақларининг очилиши юзага келади,

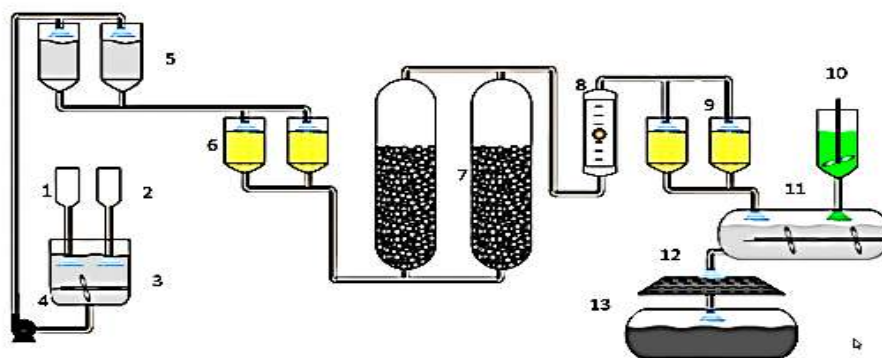
фаоллашаётган адсорбентларнинг ичидаги сув тез суратларда буғ ҳолатига айланиб юқорига чиқиб кетиши ҳисобига адсорбент ғовақлари ошади ва фаоллашади.



- 1-хом-ашё (ёғоч чиқиндилар);
- 2-пирилиз реактори;
- 3-электротрансформатор;
- 4-термопара;
- 5-чўқтиргич;
- 6-углеродли газ;
- 7-қатрон учун идиш;
- 8-тайёр пирилизланган адсорбент эксикатори;
- 9-парогенератор;
- 10-буғгазли фаолланган кўмир;
- 11-бўкаётган адсорбент;
- 12-фильтр;
- 13-микротўлқинли печь;
- 14-микротўлқинли фаол адсорбент

7-расм. Адсорбентларни анъанавий ва ноанъанавий усулда фаоллаштиришнинг технологик қурилмаси

8-расмда МТПАК-А фаоллаштирилган адсорбенти ёрдамида сув спиртли эритмаларни таркибидан зарарли аралашмаларни тозалаш технологияси келтирилган.



- 1-юмшатирилган сув;
- 2-этил спирти;
- 3- ва 11-сув спирт аралашмаси тайёрлаш идиш;
- 4-марказдан қочма насос;
- 5-сув-спиртли эритма учун сортировка идиши;

- 6- ва 9-кварц қумлари тўлдирилган филтрловчи идиш;
- 7-адсорбент солинган колонкалар;
- 8-ротаметр;
- 10-сироп турадиган идиш;
- 12-тескари осмос филтр;
- 13-тайёр маҳсулот учун идиш

8-расм. Сув спиртли эритмаларни таркибидан зарарли аралашмаларни тозалашнинг технологик схемаси

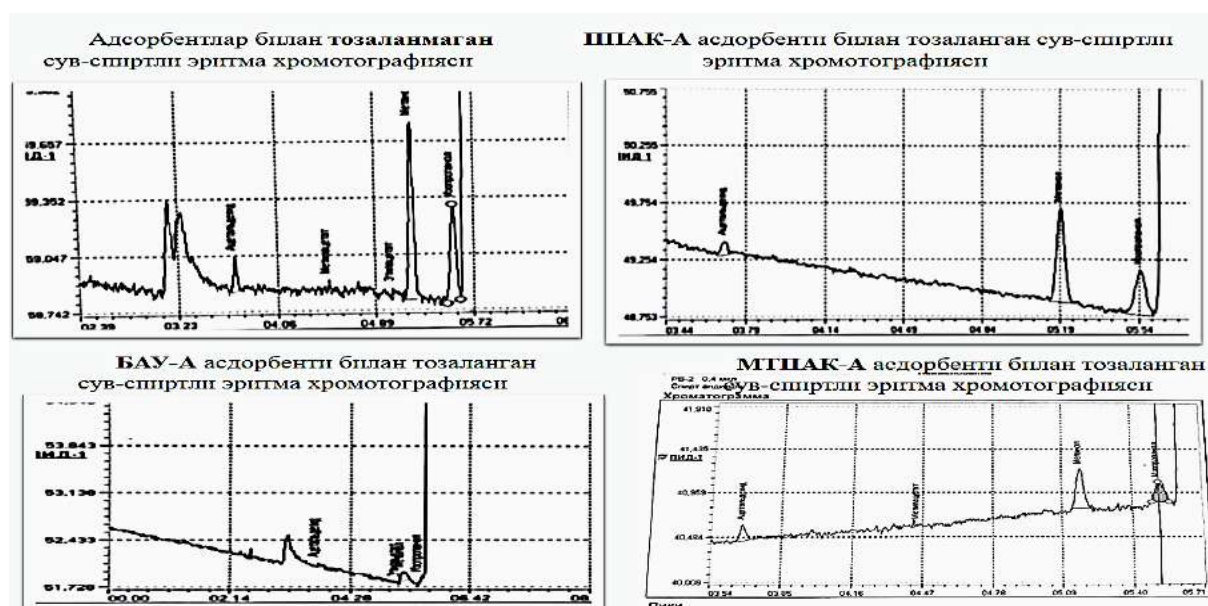
Сув-спиртли эритмаларни адсорбентлар билан тозалаш технологияси қатъий тартиб асосида олиб борилади.

Технологик қисмда борадиган жараёнда тадқиқотнинг вазифаси углеродли колонкаларини ўзига хос фаоллиги ва ғоваклиги юқори бўлган тўғри танланган адсорбентлар билан тўлдиришдан иборат. Бу зарарли моддалар адсорбентда адсорбциялангандан сўнг хроматограмма тадқиқоти натижалари асосида этил спиртдаги ацетальдегид, этилацетат, метилацетат ва изопропонолларнинг қийматларини камайганлиги 9-расмда келтирилган.

Хроматограмма тадқиқот натижалари асосида сув-спиртли эритма БАУ-А адсорбенти билан адсорбциялангандан сўнг, эритма таркиби 1,5580 мг/л га, ацеталдегид-0,5580 мг/л га, метанол-0,0005 мг/л га, изопропонол-1,9374 мг/л га дастлабки кўрсаткичларга нисбатан 1,5 баробар камайишини кўрсатди. Метанолнинг миқдори 0,1 марта, изопропоноллар эса дастлабки кўрсаткичга нисбатан 1,4 баробар камайишини кўрсатди.

Хроматограмма тадқиқот таҳлили натижалари асосида ППАК-адсорбентида этил спирти адсорбциялангандан сўнг зарарли қўшимчалар миқдори: ацетальдегид – 0,1308 мг/л, метилацетат – 0,0323 мг, метанол – 0,0002 мг/л, изопропонол – 0,0226 мг/лга ўзгарди. Бунда ацеталдегид миқдори БАУ-А адсорбентига нисбатан 6 баробарга, эритманинг дастлабки кўрсаткичига нисбатан эса 2 марта, метанолнинг миқдори БАУ-А адсорбентига нисбатан 2,5 баробар, изопропонол миқдори деярли 90 баробарга камайишини кўрсатди.

Шунингдек, этил спирти МППАК-А адсорбентида адсорбциялангандан сўнг қўшимча моддалар миқдори: ацетальдегид – 0,1301 мг/л, метилацетат – 0,0193 мг, метанол – 0,0002 мг/л, изопропонол – 0,0223 мг/л, яъни, ацеталдегиднинг миқдори 6,12 баробар, дастлабки адсорбентга нисбатан эса 2,1 баробар, БАУ-А адсорбенти билан солиштирилганда метанол миқдори 2,6 баробар, изопропонол миқдори деярли 100 баробарга камайишини кўрсатди.



9-расм. Адсорбентлар ёрдамида сув спиртли эритмаларни таркибдан зарарли аралашмаларни тозалашдан олдинги ва кейинги хроматограмма чизиқлари

Сув-спирт эритмаларни тозалашда Павловния дарахти чиқиндиларидан фаоллаштириб олинган адсорбент қўлланиладиган импорт адсорбентга нисбатан юқори иқтисодий самарадорлик натижалари (6-жадвал) ҳисобланди.

6-жадвал

Сув-спиртли эритмаларни тозалаш учун олинган маҳаллий ва импорт бўлган адсорбентларни ишлаб чиқариш ва қўллашдаги иқтисодий самарадорлиги

| Т/р | Номланиши | Ўлчов бирлиги | БАУ-А | МТПАК-А |
|-----|--|---------------|----------------------------|---------|
| 1 | Адсорбентга бўлган йиллик эҳтиёж | тонна | 0,540 | 0.540 |
| 2 | Бир тонна адсорбентнинг таннари | млн. сўм | 131.560.0 | 82,637 |
| 3 | Адсорбент сотиб олиш харажатлари | млн. сўм | 71,042 | - |
| 4 | Ишчи кучи | млн. сўм | 1,272 | 32,727 |
| 5 | Солик | млн. сўм | 0,154 | - |
| 6 | 540 кг тайёр адсорбент олиш учун ишлатиладиган хом-ашёнинг миқдори | тонна | - | 2.0 |
| | Хом-ашёни сотиб олишга кетадиган харажатлар | млн. сўм | - | 4,000 |
| 7 | 540 кг. тайёр адсорбент олишда сарфланган электр қувватига учун кетган харажатлари | млн. сўм | - | 7,897 |
| 8 | Умумий харажатлар | млн. сўм | 203,874 | 127,261 |
| 9 | Корхонанинг йиллик иқтисодий тежамкорлиги | млн. сўм | 203,874 – 127.261 = 76,613 | |

Сув-спирт эритмаларини таркибидан зарарли аралашмаларни тозалашда қўлланиладиган Павловниянинг фаоллаштирилган углеродли адсорбентларини олиш ва улардан фойдаланишнинг иқтисодий самарадорлиги бир тонна адсорбентга нисбатан 76,613 млн. сўмни ташкил этди.

ХУЛОСАЛАР

Диссертация доирасида бажарилган илмий тадқиқот ишида анъанавий ва ноанъанавий фаоллаштириш усуллари ёрдамида адсорбентлар олиш технологияларини ишлаб чиқиш, сўнгра уларни сув-спиртли эритмаларни зарарли органик аралашмалардан тозалаш жараёнларида қўллаш натижасида қуйидаги хулосаларни чиқаришга имкон берди:

1. Ўзбекистонда адсорбент олиш учун ярокли бўлган мавжуд хом-ашё базасини тадқиқ этиш натижасида, шунингдек ВМнинг 520-Қарорига асосан, Павловния дарахти чиқиндилари (шоха, новда, қиринди)нинг дастлабки кимёвий таркиби, физик-кимёвий хусусиятлари, коллоид кимёвий хоссалари ва уни фаоллаштириш усуллари танланди.

2. Танлаб олинган хом ашё Павловния дарахтининг чиқинди ёғочи асосида дастлаб анъанавий усулда пиролиз, сўнгра сув буғи ёрдамида $800\pm 50^{\circ}\text{C}$ ҳароратда фаоллаштирилган, шунингдек, ноанъанавий усулда пиролиздан сўнг микротўлқинли нурланиш ёрдамида фаоллаштириш орқали юқори адсорбцион кўрсаткичли, ғовакли адсорбентлар олинишининг ($T_{\text{пир.}} - 800\pm 50^{\circ}\text{C}$, $P - 600\pm 50$ Вт, $\tau - 7$ мин, $\nu - 2450$ МГц) мақбул режимлари аниқланди.

3. МТПАК-А адсорбентининг микро ғовакларида 0.5 ммоль/гга каррали 7 та сув молекулалари, ҳамда мезо ва макро ғовакларида жами 9 та, жумладан: мезо ғовакларда 0,75 ммоль/гга каррали 5 та ва макро ғовакларда 1,43 ммоль/гга каррали 4 та этанол молекулалари қонуниятли равишда адсорбцияланиши аниқланди.

4. Анъанавий усулда ПАК-А, ППАК-А ва ноанъанавий усулда МТПАК-А адсорбентини фаоллаштириб олинишининг принципиал технологик схемаси ва технологик линияси ишлаб чиқилди.

5. МТПАК-А фаоллаштирилган, ҳамда импорт аналог бўлган БАУ-А адсорбентлари иштирокида сув-спиртли эритмалар таркибидаги (ацетальдегид, метилацетат, этилацетат, метанол ва изопропонол) зарарли аралашмалардан тозалашда қўлланилганда ацетальдегидни 6.12, метанолни 2,6, ҳамда изопропонолни 100 марта кўп адсорбциялаши аниқланди.

6. Фаоллаштирилган МТПАК-А адсорбенти ёрдамида сув-спиртли эритмаларни тозалашнинг натижаларига кўра, иқтисодий самарадорлик йилига 76,613 млн. сўмни ташкил этиши аниқланди.

7. Фаоллаштирилган адсорбент олишнинг Ts-ташқилот стандарти ишлаб чиқилди.

8. Ноанъанавий усулда фаоллаштирилган МТПАК-А адсорбентини сув буғи ёрдамида фаоллаштирилган ППАК-А адсорбентига нисбатан фаоллаштириш жараёнини солиштирганда вақтдан 13 марта, энергия сарфидан эса 160 марта тежашга эришилди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.02/30.12.2019.К/Т.35.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ПРИ ИНСТИТУТЕ ОБЩЕЙ И
НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

АБДУРАХИМОВ АКМАЛ ХОДЖИАКБАРОВИЧ

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ АДСОРБЕНТОВ ДЛЯ
ГЛУБОКОЙ ОЧИСТКИ ВОДНО-СПИРТОВЫХ РАСТВОРОВ НА
ОСНОВЕ МЕСТНЫХ РЕСУРСОВ**

02.00.11 – Коллоидная и мембранная химия

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

Ташкент-2021

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистана за номером B2021.3.PhD/T2351

Диссертация выполнена в Институте общей и неорганической химии.

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

Научный руководитель:

Жумаева Дилноза Жураевна
доктор технических наук

Официальные оппоненты:

Эргашев Ойбек Каримович
доктор химических наук, профессор

Адизов Бобиржон Замирович
доктор технических наук, с.н.с.

Ведущая организация:

Ферганский политехнический институт

Защита диссертации состоится « 16 » ноября 2021 года в « 14⁰⁰ » часов на заседании Научного совета DSc.02/30.12.2019.K/T.35.01 при Институте общей и неорганической химии по адресу: 100170, г.Ташкент, ул. Мирзо.Улугбека, 77-а, Тел: (+99871) 262-56-60, Факс: (+99871) 262-79-90; e-mail: ionxanguz@mail.ru

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Института общей и неорганической химии за № 12, с которой можно ознакомиться в информационно-ресурсном центре (100170, г.Ташкент, ул. Мирзо.Улугбека, 77-а). Тел: (+99871) 262-56-60, Факс: (+99871) 262-79-90.

Автореферат диссертации разослан «3» ноября 2021 года.
(Реестр за № 12 от «3» ноября 2021 года).



Б.С.Закиров
Председатель Научного совета
по присуждению учёных степеней,
д.х.н., профессор

Д.С.Салиханова
Учёный секретарь Научного совета
по присуждению учёных степеней,
д.т.н., профессор

Ш.С. Намазов
Председатель научного семинара при
Научном совете по присуждению учёных
степеней, академик

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. Во всем мире ведутся научно-исследовательские работы по обеспечению безопасности пищевых продуктов питания, напитков и др. Для этого получают и применяют различные природные адсорбенты, в т.ч. активированные угли, получаемые из древесины и других целлюлозосодержащих отходов промышленности. Такие углеродные адсорбенты по сравнению с синтетическими имеют высокую избирательную способность, меньше содержат вредных веществ, чем неорганические адсорбенты. Поэтому получение и применение угольных адсорбентов из древесины методом пиролиза, используемых при глубокой очистке напитков, водно-спиртовых растворов, соков, имеют важное научно-практическое значение.

В мире ведутся научные исследования для расширения ассортимента водно-спиртовых напитков по их очистке методом адсорбции улучшения их запаха и вкуса. В связи с этим особое внимание уделяется установлению причин, понижающих качества водно-спиртовых растворов в ликёроводочном производстве; разработка способов, повышающих пищевую безопасность водно-спиртовых напитков, с использованием адсорбционного метода их очистки; получение активированных угольных адсорбентов из местных древесин методом их пиролиза; разработка оптимального условия глубокой очистки водно-спиртовых растворов на созданных активированных углях, полученных из местных древесин.

В Узбекистане достигнуты определенные научно-практические результаты по повышению качества и расширению ассортимента водно-спиртовых напитков с использованием современных методов их адсорбционной очистки, разработаны серии углеродных адсорбентов на основе местных каменных и бурых углей, древесин, углеродосодержащих отходов промышленности и др. В стратегии действий по развитию Республики Узбекистан предусмотрен: «подъем промышленности путём перевода её на качественно новый уровень дальнейшей интенсификацией производства готовой продукции на базе глубокой переработки местных сырьевых ресурсов, освоением выпуска новых видов продукции и технологий»¹. В этой связи, научное исследование по разработке технологии получения адсорбентов для глубокой очистки водно-спиртовых растворов на основе местных ресурсов является актуальным.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Постановлениях и Указах Президента Республики Узбекистан УП-4947 от 7 февраля 2017 года «Стратегия действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан по пяти приоритетным направлениям развития в 2017-2021 годах»², УП-3236 от 23 августа 2017 года «О программе дальнейшего развития химической промышленности в 2017-2021 годах», а также в других нормативно-правовых документах принятых в данной сфере.

Соответствие исследований с основными приоритетными направлениями развития науки и технологии в республике. Данное

² Указ Президента Республики Узбекистан УП-4947 от 7 февраля 2017 года «Стратегия действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан по пяти приоритетным направлениям развития в 2017-2021 годах»

исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологии республики VII «Химическая технология и нанотехнология».

Степень изученности проблемы. В научно-технических литературах освещены способы получения угольных адсорбентов из различных углеродсодержащих сырьевых ресурсов т.к., природные угли, древесина и другие. Весомый вклад в их получение и применение в различных объектах исследования внесли зарубежные ученые М.М. Дубинин, К.В.Чмутов, В.С. Петров, Н.Ф. Федоров, Н.И. Богданович, Ю.Я. Филоненко, W. Marsh, N.A. Zhonghua, С.О. Mohanty, С. Okada и другие исследователи по получению углеродистых адсорбентов.

В этом направлении в отечестве проводили исследования К.С. Ахмедов, Э.А. Арипов, Ф.Л. Глекель, С.С. Хамраев, А.А. Агзамходжаев, С.Н. Аминов, З.С. Салимов, У.К. Ахмедов, Г.У. Рахматкариев, С.З. Муминов, Г.Р. Нарметова, С.А. Абдурахимов, И.Д. Эшметов, Д.С. Салиханова, Д.Ж. Жумаева и многие другие.

Следует отметить, что несмотря на большой материал, опубликованные в литературе имеется определенный пробел по разработке технологии получения адсорбентов для глубокой очистки водно-спиртовых растворов на основе местных ресурсов в плане рационального подбора местного сырья - древесины Павловнии и применение полученного адсорбента на его основе при глубокой очистке водно-спиртовых растворов.

Связь исследования с научно-исследовательскими планами научно-исследовательского учреждения, в котором была выполнена диссертация. Научно-исследовательская работа по диссертационной работе выполнялась по прекладному проекту института общей и неорганической химии ПЗ-2017091327 - «Разработка инновационных технологий очистки сточных вод с использованием высокоэффективных местных адсорбентов (масел, так далее)».

Целью исследования является разработка технологии получения адсорбентов для глубокой очистки водно-спиртовых растворов на основе местных ресурсов.

Задачи исследования:

выбор наиболее подходящего сырья для производства углеродных адсорбентов, а также изучение состава и свойств этого сырья;

получение углеродных адсорбентов из отдельных местных древесных отходов и их активация традиционными методами пиролиза и парагаза, а также нетрадиционная активация микроволновым излучением после пиролиза;

определение физико-химических и коллоидных свойств активированных адсорбентов;

изучение полученных адсорбентов электронно-микроскопическими, хроматографическими, ИК-спектроскопическими и колориметрическими методами, исследование характеристик адсорбционных процессов паров бензола, воды и этанола;

проведение предварительных лабораторных и промышленных испытаний углеродных адсорбентов для удаления вредных соединений из водно-спиртовых растворах;

разработка схемы и технологии нетрадиционного производства углеродных адсорбентов с высокой пористостью и адсорбционной способностью;

разработка Ts-стандарта организации для производства угольных адсорбентов и рекомендации и применение этого адсорбента в производстве в промышленных масштабах взамен импортного адсорбента БАУ-А.

Объектами исследования является местная древесина Павловния, углеродные адсорбенты, полученные методом его пиролиза, парогазовой активации и СВЧ излучения, водно-спиртовые растворы, а также импортный уголь марки БАУ-А (Россия).

Предметом исследования является изучение закономерностей процессов получения угольных адсорбентов из местных древесин Павловния методом активации и применение их для глубокой очистки водно-спиртовых растворов.

Методы исследования. В диссертационной работе использованы современные методы: электронной микроскопии, хроматографии, ИК-спектроскопии, колориметрии, а также математической статистики процессов получения и применения углеродных адсорбентов для глубокой очистки водно-спиртовых растворов.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

установлены оптимальные условия получения адсорбента с активированного углерода в режиме пиролиза (22.5 кВт, 90 минут, в бескислородной среде) отходов дерева Павловния нетрадиционным (микроволновое излучение) методом (0.14 кВт, 7 минут);

впервые было исследовано закономерное изменение процесса сорбции молекул этанола и водяного пара на адсорбенте МВИПАУ-А, и было обнаружено, что адсорбция этанола в 2,5 раза, а воды в 1,2 раза больше чем у адсорбента БАУ-А;

было определено закономерная адсорбция 7 молекул воды в микропорах адсорбента МВИПАУ-А при кратности от 0,5 ммоль/г, а также 9 молекул этанола, в том числе: в мезопорах 5 молекул при кратности от 0,75 ммоль/г и в макропорах 4 молекул при кратности от 1,43 ммоль/г;

впервые было обнаружено, что активные центры микропор активированного углеродного адсорбента, полученного на основе дерева Павловния составляет 0,5 ммоль/г, а мезопор 0,75 ммоль/г и макропор 1,43 ммоль/г;

разработана технологическая схема получения адсорбента МВИПАУ-А на основе отходов дерева Павловния;

установлено, что адсорбент МВИПАУ-А 2.6 раза больше очищает содержание водно-спиртовых растворов от вредных примесей чем импортный адсорбент БАУ-А.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

создана технология получения адсорбентов на основе активированного угля под воздействием микроволнового излучения нетрадиционным способом, активируемых водяным паром под давлением 3 МПа;

предложена технология глубокой очистки от вредных соединений (ацетальдегида, метилацетата, этилацетата и изопренола) из водно-спиртовых растворов с использованием адсорбентов с активированных углей на основе древесины Павловнии;

разработан стандарт организации на углеродный адсорбент из древесных отходов Павловния, утвержденное агентством Узстандарт.

Научная и практическая значимость результатов исследования:

Научная значимость результатов исследования заключается в результате изучения термодинамических параметры процесса новых углеродных адсорбентов на основе местной древесины Павловнии, адсорбции молекул этанола в макро- и мезапорах, а также молекулы воды в микропорах, количество определение сорбционно-структурных параметров активных центров адсорбентов станет основой для разработки нового типа адсорбента.

Практическая значимость результатов исследований заключается в том, что он используется как импортозамещающий адсорбент при адсорбции ацетальдегида, метилацетата, этилацетата и изопропонолов при глубокой очистке от вредных примесей из водно-спиртовых растворов с использованием адсорбентов, полученных традиционным и нетрадиционным способом основанные на древесных отходах Павловнии.

Внедрение результатов исследований. На основании полученных результатов научных исследований по разработке технологии получения адсорбентов для глубокой очистки водно-спиртовых растворов на основе местных ресурсов:

технология получения нового угольного адсорбента на основе местных отходов древесины Павловнии, включены «в перечень перспективных разработок для реализации в 2022-2023 годах» на практику «Агентство по регулированию алкогольного и табачного рынка и развитию виноделия» (справка №02-16/1360 Агентство по регулированию алкогольного и табачного рынка) В результате была создана возможность получения импортно заменяющих угольных адсорбентов, которые используются при глубокой очистке водно-спиртовых растворов;

получен стандарт организации на получение адсорбентов из древесины Павловния ПАУ-А для адсорбционной обработки водно-спиртовых растворов (Ts-17088447-06:2020), утвержденное агентством Узстандарт. Этот стандарт организации позволяет контролировать качество продукции и технологический процесс производства.

Апробация результатов исследования. Результаты диссертационной работы доложены и обсуждены на 10-ти международных и 6-ти республиканских научно-технических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано всего 24 научных работ, в т.ч. 8 журнальных статей. 5 из этих статей опубликованы в зарубежных научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертации.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, список использованной литературы и приложения. Общий объем диссертации составляет 121 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновывается актуальность и востребованность проведённого исследования, цель и задачи исследования, характеризуются объект и предмет, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики, излагаются научная новизна и практические результаты исследования, раскрываются научная и практическая значимость полученных результатов, внедрение в практику результатов исследования, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации под названием «**Анализ современного состояния вопроса технологии получения активированных углеродных адсорбентов и их применения**» приводятся области применения и роль активированных углеродных адсорбентов, сырьё используемого для их получения, методы активирования, результаты изучения физико-химических свойств углеродных адсорбентов, научно-технические обоснования применения углеродных адсорбентов, водно-спиртовые растворы и очистка их примесей, используемых в ликеро-водочных и других отраслях промышленности. Показано, что активированные углеродные адсорбенты, на основе различных растительных отходов, могут использоваться в качестве адсорбентов для очистки примесей из газовой и жидкой среды.

В второй главе диссертации под названием «**Методы анализов растительного сырья и полученных на их основе адсорбентов**» изложены строение, методы анализов растительного сырья и полученных на их основе адсорбентов, технологий получения активированных углеродных адсорбентов из древесного сырья, физико-химические показатели водно-спиртовых растворов до и после их очистки углеродным адсорбентом.

Активированные углеродные адсорбенты, полученные на основе деревьев Павлония, абрикоса, персика, вишни, чинара и березы были условно названы следующим образом: ПАУ-А, ААУ-А, ПерАУ-А, ВАУ-А, ЧАУ-А и БАУ-А.

Таблица 1

Физико-химические показатели адсорбентов, полученных методом пиролиза

| Образцы адсорбента | Температура активации, °С | Влажность, W ^A , % | Зольность, A ^c , % | Формирование адсорбентов, (%) | Прочность, (МПа) | Пористость по ацетону, % |
|--------------------|---------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------|--------------------------|
| ААУ-А | 300÷800 | 2,75÷1,10 | 8,06÷4,03 | 29,11÷24,94 | 7,23÷10,00 | 50,13÷30,02 |
| ВАУ-А | 300÷800 | 3,40÷1,10 | 8,70÷5,92 | 31,46÷27,09 | 5,63÷8,20 | 49,03÷28,60 |
| ПерАУ-А | 300÷800 | 2,80÷1,05 | 9,21÷6,02 | 30,01÷25,02 | 8,01÷11,38 | 48,17÷29,23 |
| ПАУ-А | 300÷800 | 2,65÷2,00 | 4,00÷2,96 | 32,30÷30,03 | 8,08÷11,74 | 52,33÷33,66 |
| ЧАУ-А | 300÷800 | 2,68÷1,95 | 4,05÷2,98 | 31,45÷28,01 | 5,91÷9,86 | 51,33÷30,72 |
| БАУ-А | - | 3,5 | 5,0 | - | 9,5 | 65,0 |

Из табл.1 видно, что физико-химические показатели адсорбента ПАУ-А выше чем у адсорбентов ААУ-А, ВАУ-А, ПерАУ-А, ЧАУ-А и БАУ-А. Самым оптимальным среди этих образцов выявлено ПАУ-А при 800°С.

В мести с этим нами были изучены и физико-химические показатели адсорбентов полученные путем парогазовой активации (табл. 2).

Таблица 2

Физико-химические показатели адсорбентов полученные путем парогазовой активации

| Образцы адсорбента | Температура активации, °С | Влажность, W ^A , % | Зольность, A ^c , % | Формирование адсорбентов, (%) | Прочность, МПа | Пористость по ацетону, % |
|--------------------|---------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------|--------------------------|
| ААУ-А | 300÷800 | 2,43÷2,06 | 4,61÷2,18 | 28,32÷24,00 | 7,43÷10,08 | 45,14÷22,93 |
| ВАУ-А | 300÷800 | 2,51÷2,02 | 3,60÷2,47 | 29,6÷24,02 | 6,53÷8,30 | 46,33÷23,16 |
| ПерАУ-А | 300÷800 | 2,52÷2,08 | 3,31÷2,26 | 29,46÷26,08 | 8,12÷11,88 | 47,33÷23,28 |
| ПАУ-А | 300÷800 | 2,47÷2,00 | 2,55÷2,01 | 30,30÷27,03 | 9,08÷13,24 | 49,43÷25,18 |
| ЧАУ-А | 300÷800 | 2,57÷2,00 | 2,84÷2,09 | 28,11÷23,94 | 6,91÷10,36 | 48,13÷24,08 |
| БАУ-А | - | 3,0 | 2,5 | - | 10,6 | 47,0 |

Из табл. 2 тоже видно, что, при активации адсорбента ПАУ-А при 800°С физико-химические показатели становятся выше чем у адсорбентов ААУ-А, ВАУ-А, ПерАУ-А, ЧАУ-А и БАУ-А. Активация по нетрадиционному методу проводилась в микроволновой печи с высокочастотным излучением (способ СВЧ). Полученные результаты исследования физико-химических свойств приведены в табл.3.

Таблица 3

Физико-химические показатели адсорбентов полученные методом с традиционной и нетрадиционной активации.

| Образцы адсорбента | Температура активации, °С | Влажность, W ^A , % | Зольность, A ^c , % | Формирование адсорбентов, (%) | Прочность, МПа | Пористость по ацетону, % |
|--------------------|---------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------|--------------------------|
| ПАУ-А | 800 | 2,00 | 2,96 | 30,03 | 11,74 | 33,66 |
| ППАУ-А | 800 | 2,00 | 2,01 | 27,03 | 13,24 | 25,18 |
| МВИПАУ-А | 800 | 2,00 | 1,54 | 25,12 | 15,90 | 25,05 |

Сравнительный анализ физико-химических характеристик адсорбентов показывает что, данные адсорбента МВИПАУ-А является прочности и зольности чем остальные. Используя методику термоактивации древесины, нами получены изотермы адсорбции получаемых сорбентов по отношению к парам бензола.

На рис. 1 приведены изотермы адсорбции паров бензола термоактивированными древесными адсорбентами при температурах в диапазоне 300°С÷800°С.

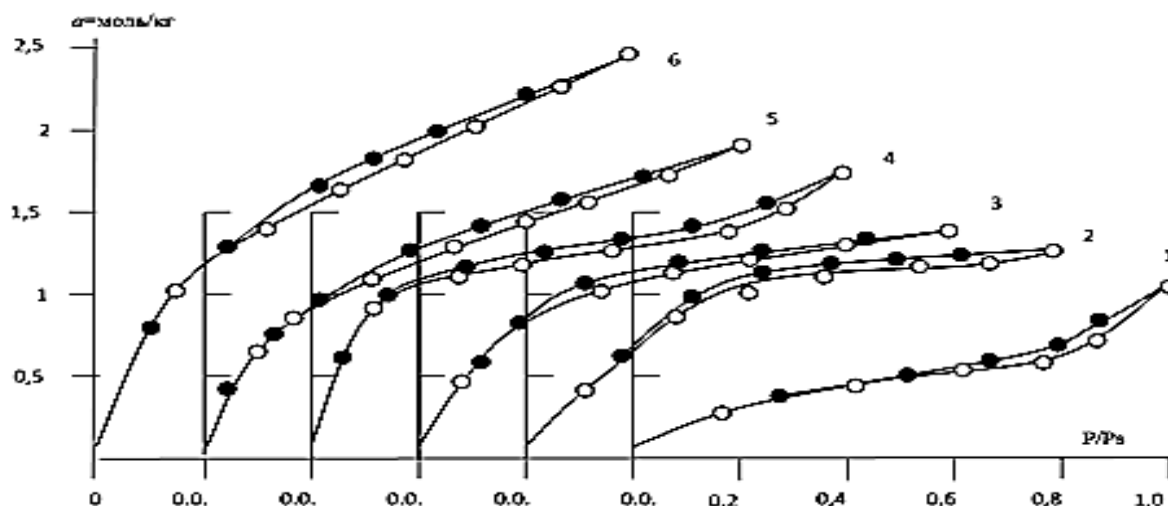


Рис. 1. Изотермы адсорбции паров бензола на термоактивированных древесных адсорбентах при температурах: (1)-300°C; (2)-400°C; (3)-500°C; (4)-600°C; (5)-700°C; (6)-800°C.

Из изотерм адсорбции следует, что с повышением температуры термообработки древесины увеличивается значение сорбционной емкости по отношению к бензолу. При этом изотерма десорбции возвращается параллельно с адсорбцией, образуя кольцо гистерезиса.

На рис. 2 приведены изотермы адсорбции паров бензола пароактивированными древесными адсорбентами при температурах в диапазоне 300°C÷800°C.

Из изотерм адсорбции следует, что с повышением температуры обработки древесины парогазовой смесью увеличивается значение сорбционной емкости по отношению к бензолу. При этом изотерма десорбции возвращается параллельно с адсорбцией, образуя кольцо гистерезиса.

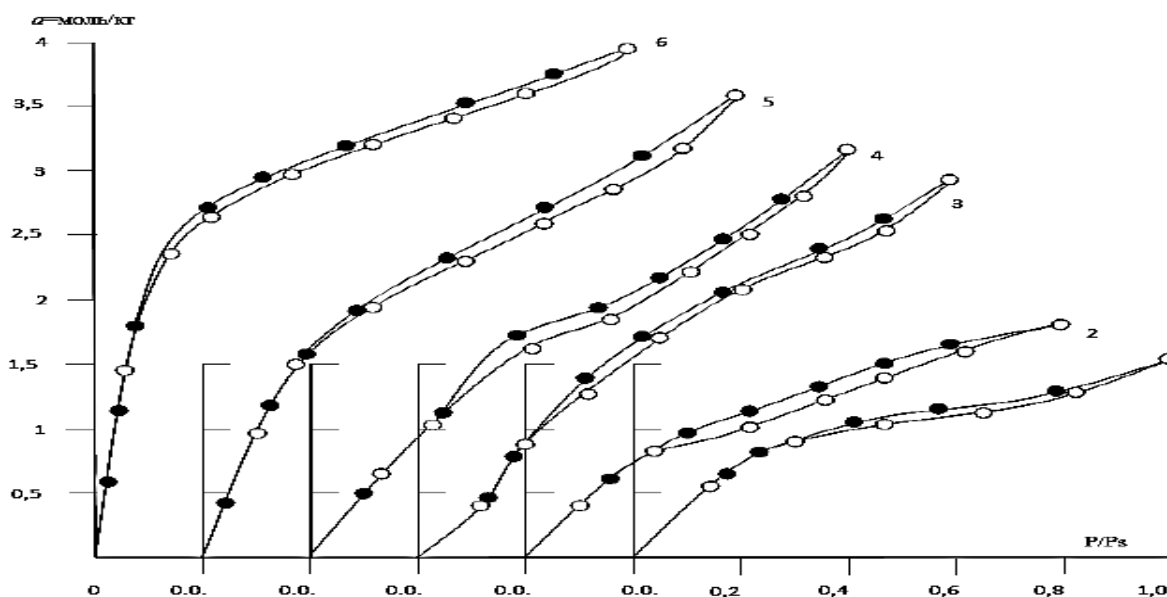


Рис.2. Изотермы адсорбции паров бензола на пароактивированных древесных адсорбентах при температурах: (1)-300°C; (2)-400°C; (3)-500°C; (4)-600°C; (5)-700°C; (6)-800°C.

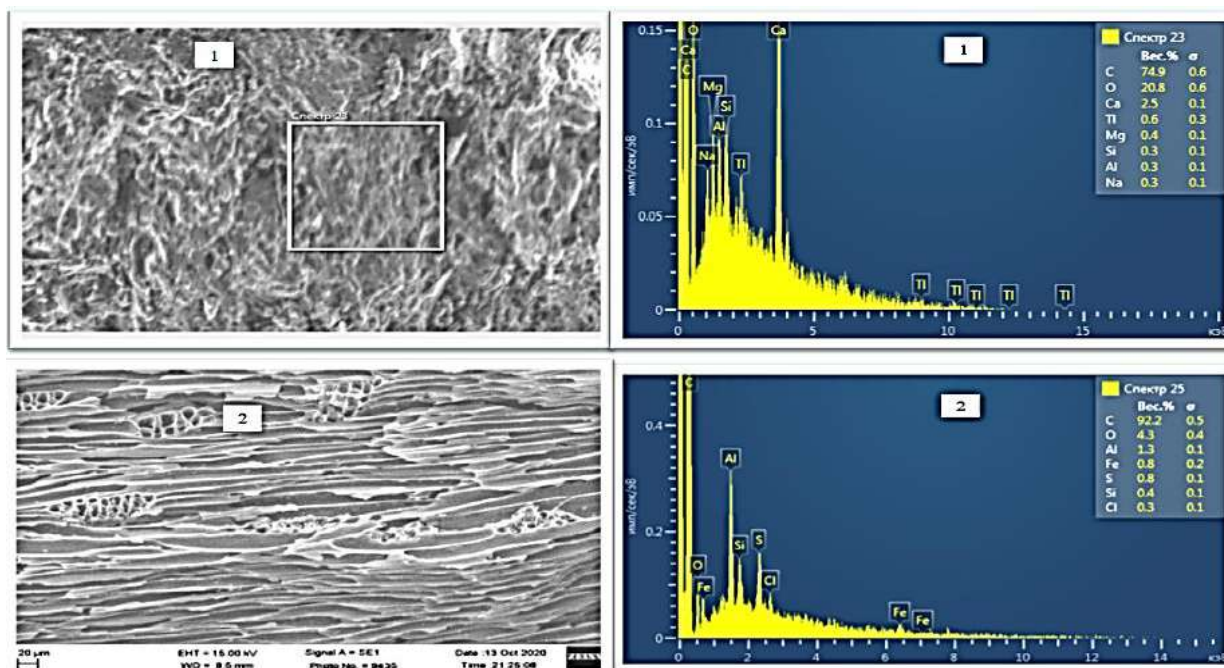


Рис.3. Результаты анализа СЭМ образцов адсорбента на основе Павловнии исходном и после, нетрадиционным способом активации

На рисунке 3 представлено СЭМ микрофотография структуры поверхности образца (1) и (2) термически активированный при 800°C и активированного микроволновым излучением (МВИПАУ- А). Расчет площади пиков дает представление о количественном составе элементов образце. Из полученных результатов можно сказать, что площадь С-углерода составляет более 92 % , содержание О- кислорода более 4 % , а остальные элементы составляет незначительно меньшем количеством.

В третьей главе диссертации под названием «**Исследование процесса получения активированного угля из местных древесин**» приведены результаты исследований адсорбции паров бензола на пароактивированных при 300°C÷800°C углеродных адсорбентов, структурно-сорбционные показатели и объемы пор адсорбентов, а также дифференциальной теплота адсорбции и энтропии.

На рис.4 представлена изотерма адсорбции паров бензола на адсорбентах, активированных парогазовым методом в интервале температур 300°C÷800°C. Из рис. 4. видно, что термообработанные пароактивированные адсорбенты адсорбируют паров бензола под различными давлениями относительно атмосферного. Адсорбция паров бензола больше чем его давления и больше степень гидрофобности адсорбента, т.к. при 600°C; 700°C и 800°C полностью адсорбент состоит только из углерода. Согласно правилу подобные растворяются в подобных, в данном случае подобный гидрофобный углеродный адсорбент с удовольствием поглощает пар бензола до насыщения.

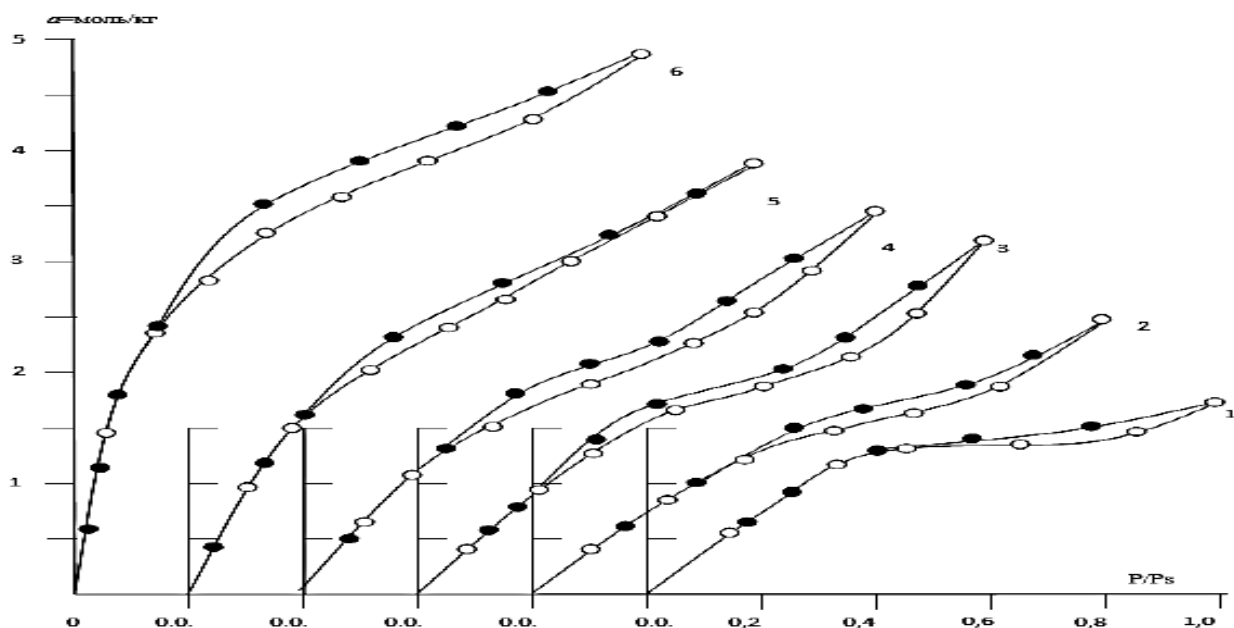


Рис.4. Изотерма адсорбции паров бензола на полученных адсорбентах микровольновым излучением: (1)-300°C; (2)-400°C; (3)-500°C; (4)-600°C; (5)-700°C; (6)-800°C.

В табл. 4. приведены сорбционные параметры активированных при различных температурах адсорбентов, полученные при исследованиях эксикаторном методом над бензолом.

Таблица 4

Структурно- сорбционные параметры активированных адсорбентов ПАУ-А и БАУ-А по адсорбции паров бензола

| № | Температура активация адсорбента, °С | Ёмкость монослоя, a_m , моль/кг | Удельная поверхность, S , м ² /г | Предельная адсорбция, a_s , моль/кг |
|---|--------------------------------------|-----------------------------------|---|---------------------------------------|
| 1 | 300 | 0,85 | 204,9 | 2,18 |
| 2 | 400 | 0,93 | 225,0 | 2,43 |
| 3 | 500 | 1,0 | 240,8 | 2,8 |
| 4 | 600 | 1,19 | 286,6 | 3,1 |
| 5 | 700 | 1,28 | 308,7 | 3,3 |
| 6 | 800 | 1,39 | 334,7 | 3,46 |
| 7 | БАУ-А | 1,33 | 320,3 | 3,0 |

Из табл.4 видно, что с повышением температуры монотонно возрастают объем мономолекулярного слоя (a_m), удельная поверхность(S) и предельная адсорбция (a_s) адсорбента. Следовательно, возрастает их адсорбция ПАУ-А почти в 1,5 раза.

Изучение объемных показателей пористости: объёмы микро-, мезапор и насыщения имеет возрастающий характер. Результаты исследований приведены в табл. 5.

Результаты, приведенные в таблице 5 показывают, что с увеличением объема микропор увеличивается и объем насыщения адсорбента парами бензола. Образцы, полученные активацией при температурах 600°C, 700°C и

800°C по объему насыщения превосходят показатели активированного угля марки БАУ-А.

Таблица 5

Объемные показатели пористости активированных углей при различных температурах

| № | Температура активации адсорбента, °С | Объём микропор, $W_0 \cdot 10^3$, м ³ /кг | Объём мезопор, $W_{me} \cdot 10^3$, м ³ /кг | Объём насыщения, $V_s \cdot 10^3$, м ³ /кг |
|---|--------------------------------------|---|---|--|
| 1 | 300 | 0,173 | 0,02 | 0,193 |
| 2 | 400 | 0,187 | 0,03 | 0,217 |
| 3 | 500 | 0,207 | 0,041 | 0,248 |
| 4 | 600 | 0,233 | 0,04 | 0,273 |
| 5 | 700 | 0,274 | 0,02 | 0,294 |
| 6 | 800 | 0,281 | 0,026 | 0,307 |
| 7 | БАУ-А | 0,255 | 0,11 | 0,266 |

Для определения сорбционных свойств адсорбента на основе активированного угля с помощью микроволнового излучения адсорбция воды и этилового спирта была исследована на высоковакуумном микрокалориметрическом устройстве при температуре 303 К.

На рис. 5 показана разность теплоты адсорбции молекулы воды при 303 К на нетрадиционно активированном адсорбенте МВИПАУ-А.

Известно, что адсорбенты с активированным углем гидрофобны, т.е. адсорбируют небольшое количество воды. На рис. 5 показано регулярное изменение адсорбции воды от разности теплоты (энтальпии) каждые 0.5 ммоль/г. Это означает, что количество активных центров в микропорах активированного угля составляет 500 мкмоль/г.

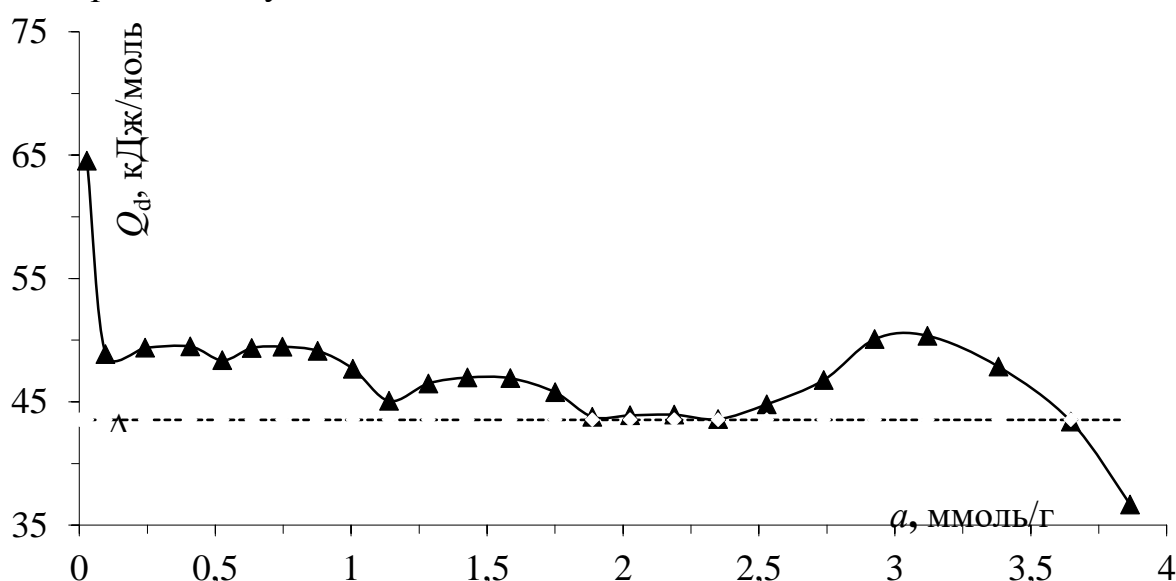


Рисунок 5. Дифференциальная теплота адсорбции молекул воды на нетрадиционном активированном адсорбенте МВИПАУ-А

Следовательно, всего 7 ($3.5 \text{ ммоль}/0.5 \text{ ммоль}/\text{г} = 7$) молекул воды адсорбируются в этих порах на этих активных центрах.

На рис. 6 показана разность дифференциальной теплоты адсорбции молекулы паров этанола при 303К на адсорбенте МВИПАУ-А, нетрадиционным способом.

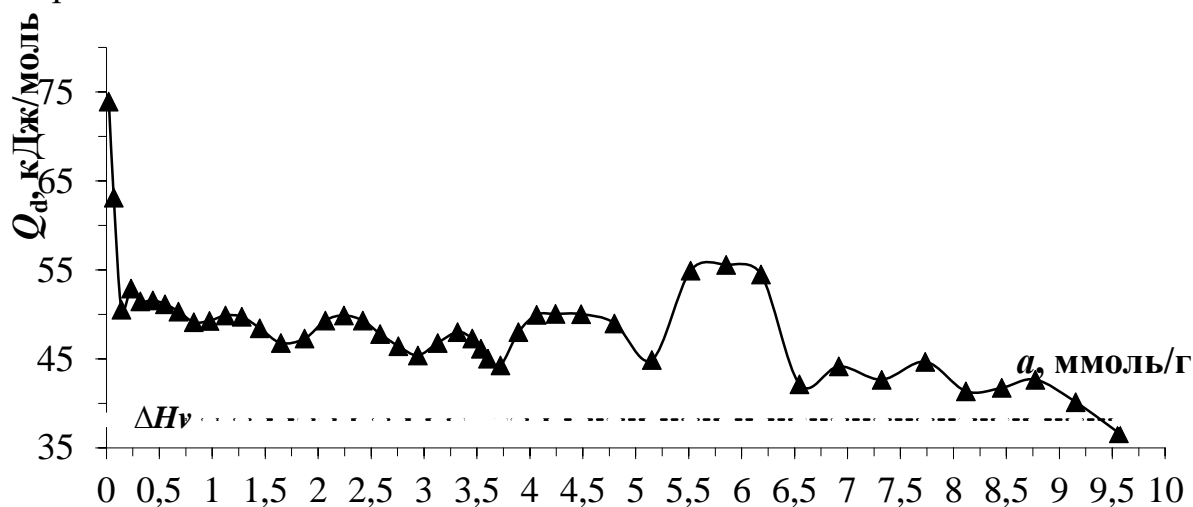


Рис.6. Дифференциальные теплоты адсорбции этанола на адсорбенте МВИПАУ-А. Горизонтальная штриховая линия ΔH_v – теплота конденсации этанола при 303 К.

Адсорбция молекулы этанола до 3,5 ммоль/г наблюдался в адсорбенте БАУ-А российского производства, исследованном в качестве эталона.

А в адсорбенте МВИПАУ-А, полученном из дерева Павловния в результате микроволновой активации, молекула этанола адсорбировалась со скоростью 9,5 ммоль/г, т.е. в 2,53 раза больше адсорбции, чем адсорбент БАУ-А.

Дифференциальную теплоту можно объяснить разделением ее на 2 области: первый область - это процесс адсорбции до 3,75 ммоль/г, а второй область - это количество адсорбции до части насыщения, то есть до 9,5 ммоль/г. Закономерность сорбционного процесса на этих участках связана с адсорбцией этанола мезо и макропорами. При этом молекулы паров этанола адсорбируются в порах адсорбента со скоростью от 0,75 ммоль/г до 3,75 ммоль/г и 1,4 ммоль/г до насыщения. Таким образом, всего $3,75/0,75=5$ молекул этанола, а также $5,72/1,43=4$ молекулы этанола и всего 9 молекул паров этанола адсорбируются в порах адсорбента МВИПАУ-А.

На основании анализа результатов импортного адсорбента с адсорбентами, полученными из отходов павловского дерева, установлено, что углеродный адсорбент, полученный из древесных отходов павловского дерева методом микроволновой активации, имеет более высокую адсорбцию водно-спиртового раствора импортного адсорбента БАУ-А на основе древесины березы:

МВИПАУ-А > БАУ-А

Количества адсорбции паров молекулы этанола в МВИПАУ-А в 1,4 раза выше, чем в БАУ-А. По результатам адсорбции водяного пара

адсорбентами, вместо импортного аналога угольные адсорбенты могут быть использованы в качестве адсорбентов при производстве алкогольной продукции адсорбенты активированного угля путем микроволнового облучения из древесных отходов дерева Павловния, произрастающего в Узбекистане.

В четвертой главе диссертации под названием **«Разработка технологии получения адсорбентов для глубокой очистки водно-спиртовых растворов на основе местных ресурсов»** приведены технология для получения и активирования углеродных адсорбентов, физико-химические показатели адсорбентов и результаты газохромато-графических анализов водно-спиртовых растворов, технология очистки водно-спиртовых растворов местными адсорбентами, результаты опытно-производственных испытаний и экономическая эффективность производства.

Для получения активированных углеродных адсорбентов из древесины Павловнии проводятся в двух способа и двух этапах: первый способ 1) пиролиз древесины; 2) активация парогазовой смесью; второй способ 1) пиролиз древесины; 2) Активация в микроволновой печи.

В первом способе в процессе пиролиза загружается сырьё из измельчённой древесины Павловнии в виде стружки размером 50-100 мм в установку пиролиза. Затем герметично закрывают крышку, во избежание проникновения кислорода воздуха внутрь пиролизной установки. Затем включается электрическое питание с напряжением 60-65 Вольт, а затем задаем расчетную температуру пиролиза от 300°C до 800°C. По достижении заданной температуры ее засекаем время и поддерживаем в течение 1,5-2 часов для получения термоактивированного адсорбента. В процессе термической активации адсорбентов в пределах 250-400°C выходит смола и углеродные газы - CO, CO₂, CH₄ и др. Во втором способе после поддержания температуры в течении 1,5-2,0 часов включается парогенератор с температурой от 180°C до 200°C. Затем в нагретый парогенератор с помощью водяного крана каплями вводят воду для получения водяного пара. Образовавшийся пар в парогенераторе подается в установку пиролиза с помощью парового крана и поддерживаем еще 1,5-2 часа для получения адсорбента с парогазовой активацией. Образующийся в парогенераторе кипящий сухой водяной пар подается в пиролизер и реагирует с адсорбентом в течение 1,5-2,0 часов. В этом случае пар, поступающий через паровой кран, разрушает смолистый материал под давлением около 50-100 Па, очищает поры и активирует углеродный адсорбент на 1,5-2 часа.

Нетрадиционный метод, т.е. активация адсорбента, полученного при пиролизе, микроволновым облучением, также был исследован для сравнения с традиционным методом.

На рис. 7 приведена технология которого предлагаем активировать углеродных адсорбентов. Этим способом мы получаем адсорбент с высокой удельной поверхностью и сэкономили большое количество времени для активации.

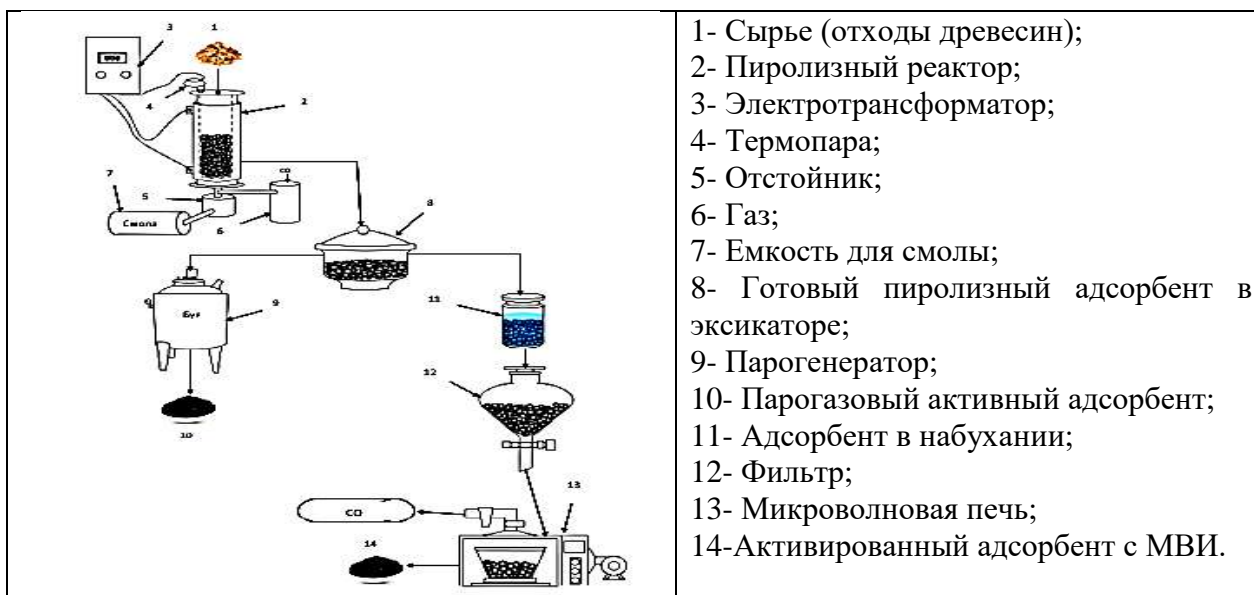


Рис.7. Технология получения активированного адсорбента традиционным и нетрадиционным способом

В микроволновой печи происходит диэлектрический нагрев веществ, содержащих полярные молекулы. Электрическая составляющая электромагнитных волн ускоряет движение молекул с помощью дипольного момента, а межмолекулярные взаимодействия приводят к поглощению электромагнитного излучения и резонансному увеличению внутренней температуры веществ. В результате открываются поры адсорбента, насыщенные молекулой воды.

На рис. 8 изложена технология очистки водно-спиртовых растворов с местным парогазовым адсорбентом МВИПАУ-А.

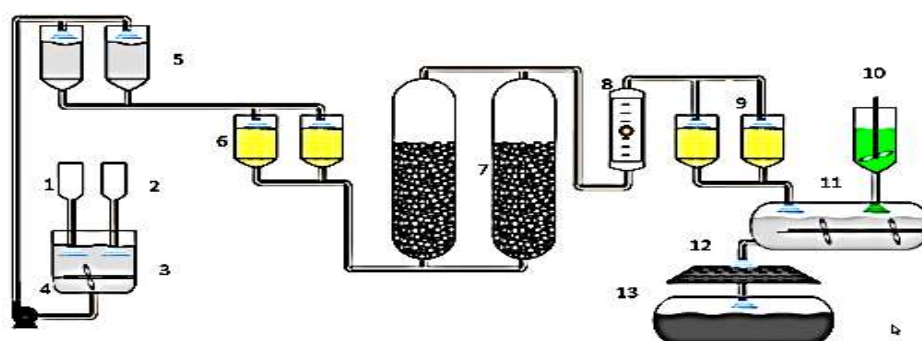


Рис.8. Технология очистки водно-спиртовых растворов адсорбентами на основе древесины Павловнии

- 1- Умягченная вода;
- 2- Пищевой этиловый спирт;
- 3 и 11- Ёмкости для приготовления в/с р-ров;
- 4- Центрабежный насос;
- 5- Сортировочные ёмкости;

- 6 и 9- Ёмкости для фильтрования через кварцевые пески;
- 7- Адсорбенты в угольных колонках;
- 8- Ротаметр;
- 10- Сиропник;
- 12- Обратный осмосовый фильтр;
- 13- Ёмкость для готовой продукции.

При очистке водно-спиртовых растворов адсорбентами необходимо соблюдение технологии его получения.

Задачей исследования в технологическом разделе является , загрузить угольные колонки правильно подобранным адсорбентом с высокой удельной активностью и пористостью.

Хроматограмма причины снижения содержания ацетальдегида, этилацетата, метилацетата и изопропонолов в этиловом спирте после адсорбции этих вредных веществ в адсорбенте приведена на рисунке 9.

Результаты хроматографического исследования показывают, что после адсорбции водно-спиртового раствора адсорбентом БАУ-А состав и содержание концентратов раствора был уменьшен до 1,5580 мг/л, ацетальдегида-0,5580 мг/л, метанола-0,0005 мг/л, изопропонола-1,9374 мг/л в 1,5 раза ниже исходного количества. метанол снизился в 0,1 раза, а изопропонолов 1,4 раза.

Результаты хроматографические исследования показывают, что после адсорбции этанола адсорбентом ППАУ-А содержание примесей составил: ацетальдегид-0,1308 мг/л, метилацетат – 0,0323 мг, метанол-0,0002 мг/л, изопрополон-0,0226 мг/л, т.е. количество: ацетальдегида уменьшился в 6,0 раза, по сравнению: с исходным адсорбентом, в 2,0 раза, с адсорбентом БАУ-А содержание метанола в 2,5 раза, количество изопропанола уменьшилось почти в 90 раз.

Следовательно, количество добавок после адсорбции этилового спирта в адсорбенте МВИПАУ-А: ацетальдегид - 0,1301 мг/л, метилацетат - 0,0193 мг, метанол - 0,0002 мг/л, изопрополон - 0,0223 мг/л, то есть количество ацетальдегида в 6,12 раза, по сравнению с исходным адсорбентом в 2,1 раза, по сравнению с адсорбентом БАУ-А он показал снижение количества метанола в 2,6 раза и количества изопропанола почти в 100 раз.

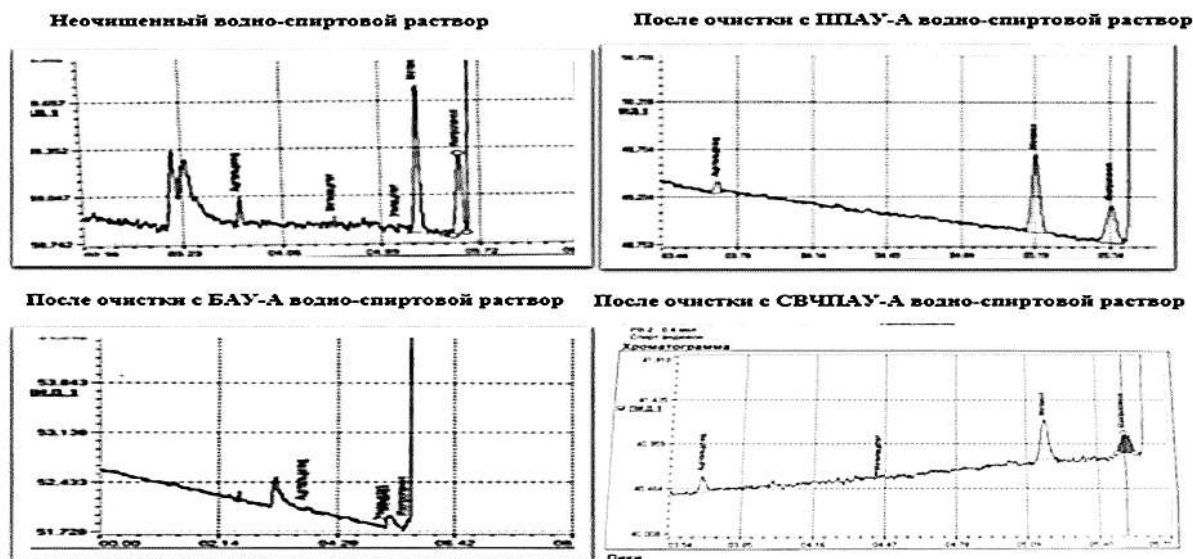


Рис.9. Хроматограмма водно-спиртовых растворов до и после адсорбции активированных адсорбентов

Рассчитаны высокой экономической эффективности по сравнению с импортным адсорбентом, примененным к активированному адсорбенту из

отходов дерева Павловния при очистке водно-спиртовых растворов (таблица б).

Таблица 6

Расчет ожидаемой экономической эффективности по получению и применению разработанных местных адсорбентов при очистке водно-спиртовых растворов и импортных

| Наименование мероприятия | Единица измерения | БАУ-А | МВИПАУ-А |
|--|-------------------|-------------------------------|----------|
| Годовая потребность к адсорбенту | тонна | 0,540 | 0,540 |
| Цена за одну тонну адсорбента | млн. сум | 131.560.0 | 82,637 |
| Расходы для приобретения адсорбента | млн. сум | 71,042 | - |
| Расходы для рабочей силы | млн. сум | 1,272 | 32,727 |
| Налоги | млн. сум | 0,154 | - |
| Потребность сырья за 540 кг адсорбента | тонна | - | 2,0 |
| Расходы на приобретения сырья | млн. сум | - | 4,000 |
| Расходы за электро энергию для производства адсорбента | млн. сум | - | 7,897 |
| Общие расходы | млн. сум | 203,874 | 127,261 |
| Годовая экономическая эффективность предприятия | млн. сум | 203,874 – 127,261 = 76,613 | |

Экономическая эффективность от получения и применения разработанных активированных углеродных адсорбентов Павловнии для очистки водно-спиртовых растворов составило 76,613 млн.сум с каждой тонны адсорбента.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненное в рамках диссертации исследование по разработке технологии получения традиционным и нетрадиционным способом активации с последующим их применением в процессах очистки водно-спиртовых растворов от вредных органических примесей, позволяет сделать следующие заключения:

1. В результате исследования сырьевой базы пригодной для получения адсорбента в Узбекистане, а также в соответствии с Постановлением №520 Кабинета Министров Республики Узбекистан, изучены исходный химический состав отходов дерева Павловнии (ветки, прут, стружка) и его физико-химические свойства после активации.

2. На основе выбранного сырья были определены оптимальные режимы получения пористых адсорбентов ($T_{\text{пир.}} - 800 \pm 50^\circ\text{C}$, $R - 600 \pm 50 \text{ Вт}$, $\tau - 7 \text{ мин}$, $v -$

2450 МГц) высокой адсорбционной эффективности, путем первоначальной активации пиролиза обычным методом, а затем с использованием водяного пара при температуре $800^{\circ}\text{C}\pm 50^{\circ}\text{C}$, а также путем активации его с помощью микроволнового излучения после пиролиза нетрадиционным методом.

3. При адсорбции было обнаружено закономерная адсорбция 7 молекул воды в микропорах адсорбента МВИПАУ-А при кратности от 0,5 ммоль/г, а также 9 молекул этанола, в том числе: в мезопорах 5 молекул при кратности от 0,75 ммоль/г и в макропорах 4 молекул при кратности от 1,43 ммоль/г;

4. Разработано принципиальная технологическая схема и технологическая линия по получению адсорбентов ПАУ-А и ППАУ-А с традиционным методом, и МВИПАУ-А нетрадиционным методом.

5. При очистке водно-спиртовых растворов (ацетальдегид, метилацетат, этилацетат, метанол и изопропанол) от вредных примесей с участием адсорбентов активированного МВИПАУ-А и импортного аналога БАУ-А, адсорбция ацетальдегида была больше в 6,12 раза, метанола в 2,6 раза, а также изопропанола в 100 раз.

6. Согласно результатам, экономическая эффективность очистки водно-спиртовых растворов с помощью активированного адсорбента МВИПАУ-А, оценивается в 76,613 миллионов сумов в год.

7. Разработан Ts-стандарт предприятия на получение адсорбентов.

8. Достигнута экономия активированного адсорбента МВИПАУ-А полученного нетрадиционным методом по сравнению с адсорбентом при активации с водяным паром в 13,0 раз по времени, и в 160,0 раз по потреблению энергии.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING OF SCIENTIFIC DEGREES
DSc.02.30.12.2019.K/T.35.01 AT INSTITUTE OF GENERAL AND
INORGANIC CHEMISTRY**

INSTITUTE OF GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY

ABDURAKHIMOV AKMAL HODJIAKBAROVICH

**DEVELOPMENT OF A TECHNOLOGY FOR OBTAINING
ADSORBENTS FOR DEEP PURIFICATION OF WATER-ALCOHOLIC
SOLUTIONS BASED ON LOCAL RESOURCES**

02.00.11 – Colloid and membrane chemistry

**DISSERTATION ABSTRACT FOR THE DOCTOR (DSc)
TECHNICAL SCIENCES**

Tashkent – 2021

The theme of dissertation doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2021.3.PhD/T2351

Doctoral dissertation has been carried out at the institute of General and inorganic chemistry.

The abstract of the dissertation in three languages (Uzbek, Russian and English (resume)) is placed on web-page to address www.tcti.uz and Information-educational portal of «ZiyoNet» to the address www.ziyo.net.uz.

Scientific consultant:

Jumaeva Dilnoza Juraevna
Doctor of Technical Science

Official opponents:

Ergashev Oybek Karimovich
Doctor of Chemical Sciences, Professor

Adizov Bobirjon Zamirovich
Doctor of Technical Science, Senior Researcher

Leading organization:

Fergana Institute of Politechnical

The defense will take place « 16 » November 2021 at 14⁰⁰ o'clock at the meeting of on-time scientific Council No.DSc.02/30.12.2019.K/T.35.01 at General and Inorganic Chemistry Institute (Address: 100170, Tashkent city, Mirzo Ulug'bek district, Mirzo Ulug'bek street, 77-a. Tel.: (+99 871) 262-56-60, fax: (+99 871) 262-79-90, e-mail: ionxanruz@mail.ru).

The dissertation can be reviewed at the Information Resourse Centre of the General and Inorganic Chemistry, (is registered under № 12). Address: 100170, Tashkent city, Mirzo Ulug'bek street, 77-a. Tel./fax: (+99871) 262-56-60, (+99871) 262-79-90).

Abstract of dissertation sent out on « 3 » november 2021 y.
(mailing report № 12 from « 3 » november 2021 y.)



B.S. Zakirov
Chairman of the on-time scientific Council
awarding scientific degrees,
doctor of chemical sciences, professor

D.S. Salikhanova
Scientific secretary of the on-time scientific
Council awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor

Sh.S. Namazov
Deputy Chairman of scientific seminar under
scientific council on award of scientific degree
of doctor of sciences, academician

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The research aims develop a technology for producing adsorbents for deep purification of aqueous-alcoholic solutions based on local resources.

The object of the research is the local Paulownia wood, carbon adsorbents obtained by the method of its pyrolysis of steam-gas activation and microwave radiation of an aqueous-alcoholic solution, as well as imported coal of the BAU-A brand (Russia).

The scientific novelty of the research is as follows:

the optimal conditions for obtaining an adsorbent with activated carbon in the pyrolysis process (22.5 kVt, 90 minutes, in an oxygen-free environment) from the waste of the Paulownia tree by an unconventional (microwave radiation) method (0.14 kVt, 7 minutes) have been established;

for the first time, the regularities of the adsorption of ethanol and water vapor molecules on the MVPAU-A adsorbent were investigated, and it was found that the adsorption of ethanol is 2.5 times, and water is 1.2 times more than that of the BAU-A adsorbent;

in the micropores of the MVPAU-A adsorbent, it was determined that a total of 7 water molecules were regularly adsorbed at a multiplicity of 0.5 mmol/g, and in the meso and macropores, it was determined that a total of 9 units, including: from 0.75 mmol/g is naturally adsorbed at a rate of up to 5 units and from 1.43 mmol/g at a rate of up to 4 units ethanol molecules;

for the first time it was found that the active center of the micropores of the activated carbon adsorbent fused on the basis of Paulownia wood is 0.5 mmol/g, the active center of the mesopores is 0.75 mmol/g, and the active center of the macropores is 1.43 mmol/g;

a technological scheme for obtaining an adsorbent MVPAU-A based on waste from the Paulownia tree has been developed;

it was found that the adsorbent MVPAU-A 2.6 times more purifies the content of aqueous-alcoholic solutions from harmful impurities than the imported adsorbent BAU-A.

Implementation of the research results. Based on the results of scientific research on the development of a technology for obtaining adsorbents for deep purification of aqueous-alcoholic solutions based on local resources, the following have been introduced:

The technology for obtaining a new coal adsorbent based on local waste from the Pavlovsky tree is included in the "list of promising developments for the regulation of the alcohol and tobacco market of the Republic of Uzbekistan and implementation in practice in 2021-2022" and the Agency for the Regulation of the Alcohol and Tobacco Market and the Development of Winemaking (reference No. 02-16/1360 of the Agency for the Regulation of the Alcohol and Tobacco Market.

As a result, the opportunity was created to obtain imported replacement carbon adsorbents, which are used for deep purification of aqueous-alcoholic solutions;

Organization standard for the production of adsorbents from floating coal PAU-A for the adsorption treatment of aqueous-alcoholic solutions (Ts-17088447-06: 2020), approved by the Uzstandart agency. This organization standard allows to control the quality of products and the technological process.

The structure and scope of the thesis are the scientific work consists of an introduction, four chapters, conclusion, bibliography and appendices. The volume of the scientific work is 121 pages.

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

I часть (I бўлим; part I)

1. Абдурахимов А. Х., Жумаева Д.Ж. Физико-химические и адсорбционные свойства адсорбентов для очистки водно-спиртовых растворов // Узбекский химический журнал. Ташкент, 2019. - № 4. С. 22-28. (02.00.00. №6).

2. Хакимов А.А., Абдурахимов А. Х., Жумаева Д.Ж., Салиханова Д.С. Использование местных отходов в производстве угольных брикетов // UNIVERSUM: Химия и биология: Электронный научный журнал, 2020 г. выпуск №4 (70) URL: <http://7universum.com/ru/natvre/archive/item/9215>. (02.00.00. №2).

3. Абдурахимов А. Х., Рахматуллаева Н.Т., Жумаева Д.Ж., Салиханова Д.С., Эшметов И.Д. Адсорбция паров бензола на углеродных адсорбентах, полученных из древесины PAULOWNIA // UNIVERSUM: Химия и биология: Электронный научный журнал, 2020 г. выпуск №9 (75) URL: <http://7universum.com/ru/natvre/archive/item/10687> С.83-87. (02.00.00. №2).

4. Абдурахимов А. Х., Жумаева Д.Ж., Ахророва Р.О., Эшметов И.Д. О возможности регенерации углеродного адсорбента микроволновым излучением // Узбекский химический журнал. Ташкент, 2021. - № 1. С. 26-33. (02.00.00. №6).

5. Абдурахимов А. Х., Жумаева Д.Ж., Ахророва Р.О., Эшметов И.Д. Technology for purification of water-alcoholic solutions with wood-based adsorbents//Наманганского инженерно-технологического институт « Научно-технический журнал» Ташкент, 2020 г., 5-том., № 4. С-96-103. (05.00.00. №33).

6. Жумаева Д.Ж., Абдурахимов А. Х., Абдурахимов Х.А., Рахматуллаева Н.Т. Тоиров О.З., Energy of adsorption of an adsorbent in solving environmental problems. E3S Web of Conferences 288, 01082. (2021) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128801082>. SUSE-2021. (ISSN: 2267-1242).

II часть (II бўлим; part II)

7. Абдурахимов А. Х., Рахматуллаева Н.Т., Жумаева Д.Ж., Абдурахимов Х.А. Физико-химическое свойств углей для получения активированных адсорбентов // Journal of Scientific – discussion. VOL 2, №25, (2018). (Praha, Czech Republic) ISSN 3041-4245 С.3-6.

8. Абдурахимов А. Х., Носирова Н.Қ., Жумаева Д.Ж., Абдурахимов Х.А. Технологическая схема получения термоактивированного адсорбента на основе Ангреноского бурого угля с наименьшей зольностью // Journal of Scientific – discussion. VOL 2, №25, (2018). (Praha, Czech Republic) ISSN 3041-4245 С.7-10.

9. Абдурахимов А. Х., Носирова Н.Қ., Жумаева Д.Ж., Бўронова Г.Ё., Салиханова Д.С. Получения технология термообработанного адсорбента на основе Ангреноского бурого угля в экологических целях // Республиканская научно-техническая конференция Современные проблемы и перспективы химии химико-металлургического производства. Наваи. 7-9 ноября, 2018 й. С.50-51.

10. Абдурахимов А. Х., Рахматуллаева Н.Т., Жумаева Д.Ж., Салиханова Д.С. Изучение физико-химических свойств углей для получения адсорбентов // Республиканская научно-техническая конференция Современные проблемы и перспективы химии химико-металлургического производства. Наваи. 7-9 ноября, 2018 й. С.33-34.

11. Носирова Н.Қ., Абдурахимов А. Х., Рахматуллаева Н.Т., Жумаева Д.Ж., Бўронова Г.Ё., Сабирова Ш.М. Современные методы очистки сточных вод от нефтепродуктов // Халқаро илмий-амалий анжумани Аграр соҳа тармоқларида электр энергиясидан фойдаланиш самарадорлигини ошириш муаммолари. Тошкент, 2018 йил. 28 ноябрь. С. 237-240.

12. Абдурахимов А. Х., Пайгамов Р.А., Жумаева Д.Ж., Эшметов И.Д., Салиханова Д.С. Подбор местного сырья для получения углеродных адсорбентов очистки водноспиртовых растворов // «Олий таълим инновацион фаолияти ва фаол тадбиркорлик интеграцияси ривожланишининг муаммолари» мавзусида профессор-ўқитувчилар, илмий изланувчилар, магистрлар ва талабаларнинг илмий-амалий анжумани Бухоро 17-19 апрел 2019 йил, II том, С 5-7.

13. Абдурахимов А. Х., Жумаева Д.Ж., Салиханова Д.С. Исследования водно-спиртного раствора для очистки от примесей // VI global science and innovations 2019: central Asia international scientific practical conference, Nur-Sultan (Astana), may 9-13th 2019, p 279-281.

14. Абдурахимов А. Х., Носирова Н.Қ., Жумаева Д.Ж., Эшметов И.Д. Сорбенты для очистки сточных вод // М.Улугбек номидаги Ўзбекистон Миллий университети «Кимёнинг долзарб муаммолари» мавзусидаги профессор-ўқитувчилар ва ёш олимларнинг илмий-амалий анжумани Ташкент 24-25 май 2019. С. 67-68.

15. Абдурахимов А. Х., Рахматуллаева Н.Т., Жумаева Д.Ж., Абдурахимов С. А. Получение высокопористого углеродного адсорбента на основе местных древесин // I Международная научно-практической конференция «Актуальные проблемы внедрения инновационной техники и технологий на предприятиях по производству строительных материалов, химической промышленности и в смежных отраслях» Фергана, 24-25 мая. 2019 г. С. 265-267.

16. Абдурахимов А. Х., Жумаева Д.Ж., Салиханова Д.С. Нетрадиционный способ регенерации углеродного адсорбента паровой пропиткой и его микроволновым нагревом // III Международная научно-техническая конференция «Инновационные разработки в сфере химии и

технологии топлив и смазывающих материалов» Ташкент 19-20 сентябрь 2019 года С. 92-95.

17. Абдурахимов А. Х., Жумаева Д.Ж. Экспресс-метод исследования адсорбции бензола активированными адсорбентами //Международная научно-практическая конференция «Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації» м. Переяслав, 28 февраля 2020 г. выпуск №56 С.449-451.

18. Абдурахимов А. Х., Жумаева Д.Ж., Эшметов И.Д., Рахматуллаева Н.Т. Углерод асосли адсорбентларда бензол буғи адсорбцияси //Республиканская научно-практическая конференция «Наука и инновации в современных условиях Узбекистана» г. Нукус, 20 мая 2020 г. С. 48.

19. Абдурахимов А. Х., Жумаева Д.Ж., Эшметов И.Д. Регенерация угольного адсорбента с микроволновым излучением //Межвузовский научный конгресс «Высшая школа: Научные исследования» г. Москва, 2020 г., С.107-110.

20. Абдурахимов А. Х., Эшметов И.Д., Рахматуллаева Н.Т., Жумаева Д.Ж. О возможности получение высокопористых адсорбентов от растительного сырья // XXVII-Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «ЛОМОНОСОВ - 2020». Химическая технология и новые материалы. Москва 10-27 ноября 2020 г., С-1299.

21. Абдурахимов А. Х., Жумаева Д.Ж. Технология приготовление водно-спиртовых растворов с адсорбентами на основе древесины Павловнии//Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы и инновационные технологии в области естественных наук» Ташкент 20-21 ноября 2020 года. С. 504-507.

22. Абдурахимов А. Х., Жумаева Д.Ж., Рахматуллаева Н.Т. Исследования и изучения адсорбции бензола на адсорбентах древесины Павловнии//Международная научно-техническая конференция молодых ученых «Инновационные материалы и технологии» Минск. 19-21 января 2021 года. С. 80-84.

23. Абдурахимов А. Х., Абдурахимов Х. А., Жумаева Д.Ж. Исследования по получению композиций коагулянтов, состоящих из хлоридов алюминия и железа (III) //Международная научно-практическая конференция «Инжиниринг и управление: от теории к практике» Минск. 15 апреля 2021 года. С-88-94.

24. Абдурахимов А. Х., Жумаева Д.Ж., Рахматуллаева Н.Т. Технологическая схема полотной установки для получения импортозамещающего активированного адсорбента из древесины PAULOWNIA//М.Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий университети «Кимёнинг долзарб муаммолари» мавзусидаги профессор-ўқитувчилар ва ёш олимларнинг илмий-амалий анжумани Ташкент 4-5 февраль 2021. С. 392-393.

Автореферат «Ўзбекистон кимё» журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилиб, ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнлар ўзаро мувофиқлаштирилди.

Бичими: 84x60 1/16. «Times New Roman» гарнитураси.

Рақамли босма усулда босилди.

Шартли босма табағи: 4. Адади 100. Буюртма № 61/21.

Гувоҳнома № 851684.

«Tipograff» МЧЖ босмахонасида чоп этилган.

Босмахона манзили: 100011, Тошкент ш., Беруний кўчаси, 83-уй.