

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ**

DSc 02/30.12.2019.К/Т.35.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ

ИСОКОВ ЮСУФ ХОРИДДИНОВИЧ

**ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЯ ЭРИТМАЛАРИДАН РАНГЛИ
МЕТАЛЛАРНИ АЖРАТИШ УЧУН ФАОЛЛАНТИРИЛГАН КЎМИР
ОЛИШ ВА ҚЎЛЛАШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

02.00.11 – Коллоид ва мембрана кимёси

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

Тошкент – 2024

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
автореферати мундарижаси**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD) по
техническим наукам**

**Content of the dissertation abstract of doctor of Philosophy (PhD) on
technical sciences**

Исоков Юсуф Хориддинович

Гидрометаллургия эритмаларидан рангли металлларни ажратиш учун
фаоллантирилган кўмир олиш ва қўллаш технологиясини ишлаб чиқиш .. 3

Исоков Юсуф Хориддинович

Разработка технологии получения и использования активированного угля
для разделения цветных металлов из гидрометаллургических растворов .. 21

Isokov Yusuf Khoriddinovich

Development of technology for obtaining and use of activated carbon for
separation of non-ferrous metals from hydrometallurgical solutions 39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works..... 42

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ**

DSc 02/30.12.2019.К/Т.35.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ

ИСОКОВ ЮСУФ ХОРИДДИНОВИЧ

**ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЯ ЭРИТМАЛАРИДАН РАНГЛИ
МЕТАЛЛАРНИ АЖРАТИШ УЧУН ФАОЛЛАНТИРИЛГАН КЎМИР
ОЛИШ ВА ҚЎЛЛАШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

02.00.11 – Коллоид ва мембрана кимёси

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

Тошкент – 2024

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Олий таълим, фан ва инновациялар вазирлиги ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2023.1.PhD/T3435 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация иши Умумий ва неорганик кимё институтида bajarилган.

Диссертация автореферати уч тилда (Ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида www.iopx.uz ва «Ziyounet» ахборот таълим порталида (www.ziyounet.uz) joylashtirilgan.

Илмий раҳбар:

Ёдгаров Нормухамат
кимё фанлари доктори, профессор

Расмий оponentлар:

Хурмаматов Абдугоффор Мирзабдуллаевич
техника фанлари доктори, профессор

Эшметов Расулбек Жумилович
техника фанлари доктори

Etakchi tashkilot:

Фаргона политехника институти

Диссертация ҳимояси Умумий ва неорганик кимё институти DSc 02/30.12.2019.K/T.35.01 рақами Илмий кенгашнинг «04» июнь 2024 йил соат 14⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтди. (Манзил: 100170, Тошкент шаҳри, Мирзо Улугбек кўчаси, 77-а. Тел.: (+99871) 262-56-60; факс: (+99871) 262-79-90; e-mail: iopx@academy.uz.)

Диссертация билан Умумий ва неорганик кимё институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (18-рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100170, Тошкент шаҳри, Мирзо Улугбек кўчаси, 77-а. Тел.: (+99871) 262-56-60; факс: (+99871) 262-79-90.)

Диссертация автореферати 2024 йил «16» май куни тарқатилди.
(2024 йил «16» майдаги № 13-рақамли реестр баённомаси)



Закиров Б.С.

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

Салиханова Д.С.

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

Эшметов И.Д.

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

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусини долзарблиги ва зарурияти. Бутун дунёда дарахт ва мева донаклари чиқиндиларидан турли хил саноат корхоналари учун юқори адсорбцион хусусиятларга эга бўлган углеродли адсорбентларни ишлаб чиқаришга тобора кўпроқ эътибор қаратилмоқда. Кўмир гидрофоб хусусияти туфайли гидрометаллургия саноати учун энг самарали адсорбентлардан бири ҳисобланади. Дарахт пояси ва мева данаклари чиқиндиларидан олинган кўмир адсорбенти ва гидрометаллургия саноатида қимматбаҳо металлларни ажратиб олишнинг самарали сорбцион усулларини ишлаб чиқиш, оқова сувларни адсорбцион тозалаш ва атроф-муҳитни муҳофаза қилишда муҳим аҳамиятга эга ҳисобланади.

Дунёда гидрометаллургия соҳасида қимматбаҳо металлларни сорбцион усулда ажратиб олиш учун юқори мустаҳкамликга ва микро, мезоғовакликларга эга углеродли адсорбентларни ишлаб чиқиш мақсадида илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда. Бу борада, кўмир адсорбентларини яратишда қўлланилиши мумкин бўлган шафтоли, ўрик, ёнғоқ донаги, аччиқ бодом донагини синтетик реагентлар ва саноат чиқиндиларини ўрганиш, материалларнинг адсорбцион тозалаш жараёнидаги фаоллиги ва уларнинг турли турли қимматбаҳо металллар билан ўзаро таъсирини аниқлаш, самарали углеродли адсорбентларни ишлаб чиқиш, дарахт пояси ва мева донакларидан фойдаланган ҳолда углерод адсорбентларини ишлаб чиқариш таннархини камайтириш, шунингдек, саноатнинг турли тармоқларида адсорбцион тозалаш харажатларини камайтириш мақсадида самарали кўмир сорбентларини ишлаб чиқишга алоҳида эътибор берилмоқда.

Республикада янги материаллар, шу жумладан дарахт пўстлоғи ва мева данаклари чиқиндилари асосида кўмир адсорбентларини олиш бўйича илмий ва амалий натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантиришга қаратилган янги Ўзбекистонни ривожлантириш стратегиясининг учинчи йўналишида «миллий иқтисодиёт барқарорлигини таъминлаш ва саноатнинг умумий ички маҳсулот ҳажмини кўпайтириш, саноат маҳсулотлари ишлаб чиқариш ҳажмини 1,4 баробар ошириш»¹ бўйича муҳим вазифалар белгилаб берилган. Бу борада, саноат ва атроф-муҳитни муҳофаза қилишнинг замонавий талабларига жавоб берадиган юқори самарали кўмир адсорбентларини яратиш, функционал хусусиятлар ва ишлаб чиқариш шароитлари, шунингдек уларнинг таркиби ўртасида боғлиқлик ўрнатиш катта аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йилнинг 28 январдаги «2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида»ги ПФ-60-сонли Фармони, 2019 йил 3 апрелдаги ПҚ-4265-сонли «Кимё саноатини янада ислоҳ қилиш ва унинг инвестициявий жозибдорлигини ошириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарори ва 2020 йил 12 августдаги ПҚ-4805-сонли «Кимё ва биология йўналишларида

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

узлуксиз таълим сифатини ва илм-фан натижадорлигини ошириш чоратадбирлари тўғрисида»ги қарорларида, шунингдек, ушбу соҳага тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланиши устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг «Кимё технологиялари ва нанотехнологиялар» устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

Муаммонинг 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, 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, С.О. Mohanty, С. 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, Г.Р. Нарметова, С.А. Абдурахимов каби етук олимлар ва ҳозирги даврда Ф.М. Юсупов., И.Д. Эшметов, Д.С. Салиханова, Д.Ж. Жумаева, Р. Ҳайитов., А. Қудратов ва бошқа олимлар тадқиқотлар олиб бормокдалар.

Маҳаллий мевали дарахтлар чиқиндиларини қайта ишлаб ва улар асосида самарали селектив адсорбентлар олиб, уларни гидрометаллургия эритмаларидан рангли ва нодир металлларни ажратиб олиш жараёнида қўллаш бўйича етарлича ишлар амалга оширилмаган.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Умумий ва ноорганик кимё институтининг илмий-тадқиқот ишлари режасига мувофиқ №1-30/10/2019 «2БР-Б2 ва 2БОМСШ-Б2 маркали кўмирлар учун бойитиш технологиясини ишлаб чиқиш ва уни “Ўзбеккўмир” АЖда жорий этиш мақсадида синовдан ўтказиш» мавзусидаги хўжалик шартномаси доирасида амалга оширилган.

Тадқиқотнинг мақсади гидрометаллургия эритмаларидан ноёб металлларни ажратиб олиш учун маҳаллий хом-ашё ресурслари асосида углеродли селектив адсорбент олиш технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

фаоллаштирилган углеродли адсорбент олиш учун керак бўлган хом-ашё тури, миқдори, шароитини ўрганган ҳолда мевали дарахтлар данакларини танлаш, таркиби ва хоссаларини ўрганиш;

танланган дарахтнинг меваси пўчоқларини 400-500⁰С пиролиз қилиб кейин сув буғи ёки термохимёвий қайта ишлаб фаоллаштиришни мақбул шароитини аниқлаш;

фаоллаштирилган кўмирни физик-кимёвий, коллоид ва сорбцион хоссаси ва хусусиятларини аниқлаш ҳамда технологик жараёнларини ўрганиш;

сорбция изотермаларини физик тадқиқ қилиш ва сорбцион-структура хоссаларини тавсифлаш;

олинган адсорбентларнинг тузилишини замонавий электрон микроскопия, рентгенография, ИҚ-спектроскопия кимёвий тадқиқотлар усули билан аниқлаш;

фаоллаштирилган углеродли адсорбентларини бензол буғлари ва сирка кислота эритмалари билан адсорбцион таъсирлашиш механизминини аниқлаш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида мевали дарахтлар ёнғоқ, ўрик, шатоли, аччиқ бодом данак пўчоқларини пиролиз қилиб олинган кўмирни сув буғида фаоллантириб олинган адсорбент ва гидрометаллургия саноатининг эритмалари олинган.

Тадқиқотнинг предмети мевали дарахтлар ёнғоқ, ўрик, шафтоли, аччиқ бодом данак пўчоқларини ишлаб чиқиш, гидрометаллургия эритмаларидан рангли ва ноёб металлларни ажратиш олиш технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертация ишида физик ва коллоид-кимёвий (электрон микроскопия СЭМ ва ЭА, ИҚ-спектроскопия, рентгенодиф-рактография, калориметрия, юқори вакуумли Мак-Бен-Бакра курилмаси ва бошқа) тадқиқот ва таҳлил усулларида фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги куйидагилардан иборат:

ёнғоқ, ўрик, шафтоли, аччиқ бодом каби дарахтларнинг данаклари чиқиндисини пиролиз усулида куйдириб хосил бўлган махсулотни 800-900⁰С ҳароратда сув буғи ва термокимёвий қайта ишлаб фаоллаштирилган кўмир адсорбентлари (ФЁК, ФЎК-136, ФЎК-111, ФШК-78, ФШК-98, ФШК-158, ФШК-74,5, ФЎК-Ar-74,5, ФЎК-Ar-136) олинган ва мақбул шароити ишлаб чиқилиб технологик тизими яратилган;

фаоллаштириб олинган адсорбентларнинг таркиби, тузилиши, куллилик даражаси, ғоваклилиги ва сирт хоссалари ҳамда термик барқарорлиги замонавий физик - кимёвий усуллар ИҚ, СЭМ. ЭА, ДТА ёрдамида аниқланган;

нодир ва рангли металлларнинг цианидли комплексларини ҳарорат концентрацияга боғлиқлигини тизимли ўрганиш билан фаоллаштирилган кўмир адсорбентларини металлларни танлаб ютиш хусусияти ҳамда сорбция жараёнининг мувозанат кўрсаткичлари комплекснинг координацион сони асосида селективлик кетма-кетлик қатори (0,014-0,024 ммоль/л NaCN) учун $Au > Ag > Hg > Ni > Zn \sim Cd \sim Cu$ аниқланган;

шафтоли, ўрик меваси данагидан олинган, фаоллаштирилган кўмирнинг йод, бензол, этанол ва сув буғини ютиш жараёнини асосий қонуниятларини сорбентлар юзасидаги мезо- ва макро ғовакларнинг миқдори ҳамда адсорбция қонуниятлари, уларнинг бензолга нисбатан фаоллиги 22,5% ёки 115,2 м²/г; йодга нисбатан эса 75% ни ва сирт юзаси 1025,8 м²/г га ортганлиги

аниқланган;

термик ва сув буғи асосида фаоллантириш усуллари асосида адсорбентларни адсорбциялаш хусусиятларига таъсири, уларнинг структура-адсорбцион кўрсаткичлари ҳамда ғоваклар ҳажми микроғоваклар ҳажмий тўйиниш назарияси тенгламалари ёрдамида асосланган;

мева данаклари (шафтоли) асосида олинган углеродли адсорбентлар Навоий кон-металлургия комбинатида қимматбаҳо ва рангли металлларни ютишда қўллаш мақбул шароитлари аниқланган.

Тадқиқотнинг амалий натижаси қуйдагилардан иборат:

махаллий мевали дарахтлар ёнғоқ, ўрик, шафтоли, аччиқ бодом данак пўчоқлари асосида олинган адсорбентни фаоллаштиришнинг мақбул шароитлари аниқланди ва уни кимёвий қайта ишлаб фаоллаштирилган селектив кўмир сорбент олишга асосланган;

махаллий мева данаклари асосида фаоллаштирилган кўмир олиш технологияси ишлаб чиқилган;

олинган фаоллаштирилган кўмир сорбентни олиш жараёнида ишлатилган энергия тежамкор технология яратилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончилиги. Олинган фаоллантирилган кўмир сорбентларнинг физик-кимёвий, коллоид-кимёвий таҳлил натижалари аниқлашда (электрон микроскопия, ИҚ-спектроскопия, рентгенодифрактография) каби замонавий қурилмаларида синовдан ўтганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.

Тадқиқотнинг илмий аҳамияти маҳаллий мевали дарахтлар ёнғоқ, ўрик, шафтоли, аччиқ бодом данак пўчоқлари асосида турли хил ҳароратда фаоллаштириб, олинган адсорбентларни кимёвий қайта ишлаш натижасида селектив сорбентлар олиш имконини беради. Олинган фаоллаштирилган кўмир сорбенти бошқа соҳаларда ҳам саноат оқова сувларни турли тузлардан тозалашда ишлатилиши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти маҳаллий мевали дарахтлар ёнғоқ, ўрик, шафтоли, аччиқ бодом данак пўчоқлари асосида фаоллаштирилган кўмирни мезо ва микро ғоваклигини ўртача радиусини ўрганиш ва селектив фаоллаштирилган кўмир ишлаб чиқиш технологиясининг илмий асоси яратилиши ва саноатнинг турли соҳаларида ишлатиш имкониятлари ҳамда термик ва термокимёвий фаоллаштириб олинган сорбентлар адсорбцион хусусиятларига кўра импорт ўрнини босувчи сорбент бўлиб хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Маҳаллий мевали дарахтлар ёнғоқ, ўрик, шафтоли, аччиқ бодом данак пўчоқлари асосида олинган фаоллаштирилган кўмир сорбентларини адсорбцион хоссаларини аниқлаш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

мева данаклари асосида олинган ФШК-98 маркали фаоллаштирилган кўмир адсорбенти Навоий кон-металлургия комбинати АЖда амалиётга жорий этилган (Навоий кон-металлургия комбинати АЖнинг 2024 йил 9 апрелдаги 23/01-01-07/154-сон маълумотномаси)

Натижада, қимматбаҳо металлари ажратиб олишга қаратилган кўмир адсорбентининг йодни ютувчанлиги бўйича кўрсаткичлари АСТМ ва ГОСТ 6217-54 талабларига мос келишини аниқлаш имконини берган;

ФШК-98 маркали олинган кўмир адсорбентлари ёрдамида қимматбаҳо металл сорбциясида Навоий кон-метуллургия комбинати АЖда амалиётга жорий этилган (Навоий кон-метуллургия комбинати АЖнинг 2024 йил 9 апрелдаги 23/01-01-07/154-сон маълумотномаси) Натижада, NaCN концентрацияси 4,1-41,0 ммоль/г гача бўлганда пульпа эритмаси таркибида Au, Ag, Hg, Ni, Zn, Cu, Cd металлларининг сорбциялаш кетма кетлигини (Au>Ag>Hg>Ni>Zn>Cu>Cd) аниқлаш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари бўйича 12 та, шу жумладан, 4 та халқаро ва 8 та республика миқёсидаги илмий-амалий анжуманларда муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича 1 та монография ва 19 та илмий ишлар чоп этилган, шулардан, Ўзбекистон Республикаси Олий Аттестация Комиссиясининг илмий ишлар учун натижаларини чоп этишга тавсия этилган илмий нашрларда 5 та мақола, жумладан, 3 та республика ва 2 та хорижий журналларда нашр этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 124 бетни ташкил этган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида олиб борилган тадқиқот ишларининг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари, объекти ва предметлари берилган, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикаси фан ва технологияси тараққиётнинг устивор йўналишларига мослиги кўрсатилган, изланишларнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг ишончлилиги асосланган, назарий ва амалий аҳамияти очиқ берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиш, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **“Фаоллантирилган кўмир асосидаги сорбентлар олиниши хоссалари ва ишлатилиши”** деб номланган биринчи бобида фаоллантирилган кўмир адсорбентларнинг қўланилиш соҳалари ва аҳамияти, уларни олиш учун ишлатиладиган ҳом ашёлар, фаоллантириш усуллари, ҳозирги кунда саноатнинг турли соҳаларида ишлатиладиган кўмир адсорбентларнинг физик-кимёвий хоссалари ўрганилган.

Адабиётлар таҳлилида турли хил мева донаклари чиқиндилари асосида фаоллантирилган кўмир адсорбентларни газ, суюқ муҳитларда қўшимча моддалардан тозалаш мақсадида адсорбент сифатида қўллаш мумкинлиги кўрсатилган.

Диссертациянинг **“Фаоллантирилган кўмир олишни усуллари”** деб номланган иккинчи бобида маҳаллий мева донаклари асосида термик ва

термохимёвий фаоллантириб олинган адсорбентнинг тузилиши, уларни минералогик таркибини таҳлил қилиш усуллари физик-химёвий тавсифи 1-жадвалда тўғрисидаги маълумотлар келтирилган. Термик фаоллантириш усули ёрдамида олинган адсорбент шартли равишда ФЎК ўрик донагидан олинган адсорбент, ФЁК ёнғоқ меваси постлоғи олинган адсорбент, ФШК шафтоли меваси постлоғидан олинган адсорбент маркалар билан номланди. $ZnCl_2$, $CaCl_2$, KCl 10%, эритмасига 24 соат мобойнида бўктириб фаоллаштирилди ва H_2SO_4 10%, C_6H_6 10% сувдаги эмулсияси, эритмаси пар газ билан фаоллаштирилган.

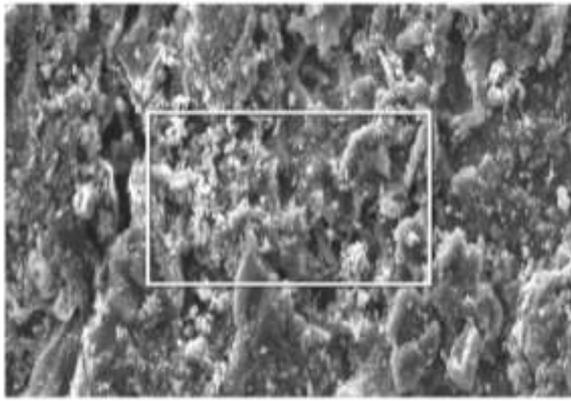
1-жадвал

Фаоллаштирилган кўмир намуналарини физик-химёвий хоссалари

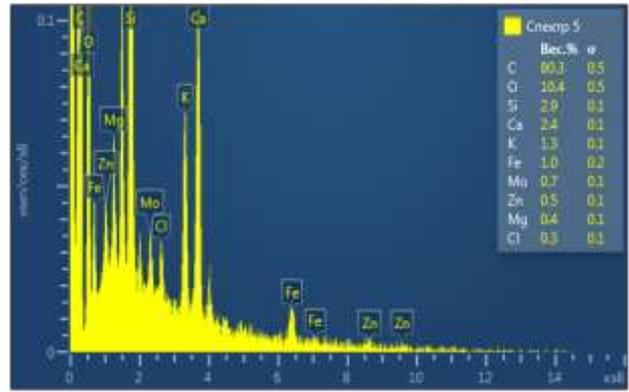
№	Кўрсаткичлар	Фаоллаштирилган кўмир маркалари					
		ФЎК-74,5	ФЎК-136	ФЎК-АГ-74,5	АУ-ЎК-АГ-136	ФЖК-136	ФЎК-158
1	Грануланг ўлчами, %: Сито-3,6 мм Сито-2,5 мм Сито-1,6 мм Сито-1,0 мм	5,6 12,6 70,5 11,3	8,1 17,8 65,7 8,4	8,7 16,1 62,6 12,6	4,8 6,2 69,1 19,9	5,6 19,3 62,1 13,0	6,7 18,5 64,3 10,5
2	Ҳажмий зичлик, г/см ³	0,512	0,526	0,558	0,531	0,586	0,476
3	Умумий поралар ўлчами, см ³ /г	0,456	0,433	0,383	0,421	0,362	0,586
4	Йодни ютувчанлиги, %	75	47	40,6	54,6	59,7	65,4
5	Бензолни ютувчанлиги, % ёки г/дм ³	22,5 115,2	18,2 95,7	15,2 84,8	17,6 93,5	19,4 113,7	24,5 120,3
6	Намлиги, %. (гача)	3	3,5	4,2	3,3	4,1	3
7	Сирт юзанинг ўлчами, м ² /г	1025,8	868,4	709,0	879,7	951,0	1095,6
8	Куллик даражаси, % (гача)	4,9	5,3	5,7	6,2	5,6	3,5

Адсорбентни муҳим кўрсаткичлари намлик ва куллик миқдорлари, мустаҳкамлиги кўмир адсорбентларга қўйиладиган стандарт талабларга мос келиши аниқланган.

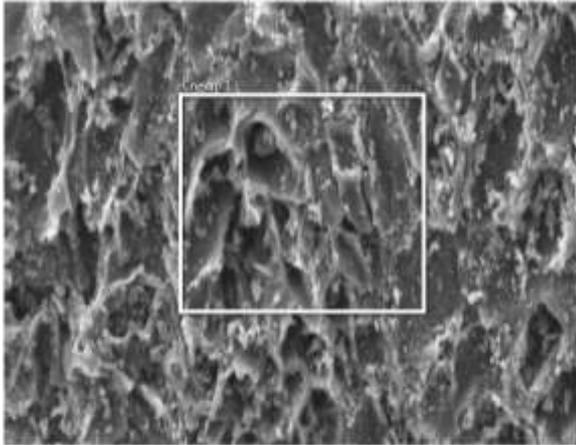
Мева донаги постлоғи асосида фаоллантириб олинган адсорбентларининг элемент таркиби ҳамда ички тузилиши электрон микроскоп ёрдамида олинган тасвирлари 1-расмда келтирилган. Мева донаги постлоғи асосида олинган кўмир намуналарининг электрон микроскоп ёрдамида олинган суратлари асосида элемент таркиби деярли ўзгармаганлиги, фақат 800°C да олинган кўмир намунаси таркибида кислород элементи борлиги унинг сиртида -ОН, -СНО, -СООН каби функционал гуруҳлар мавжудлигидан далолат беради.



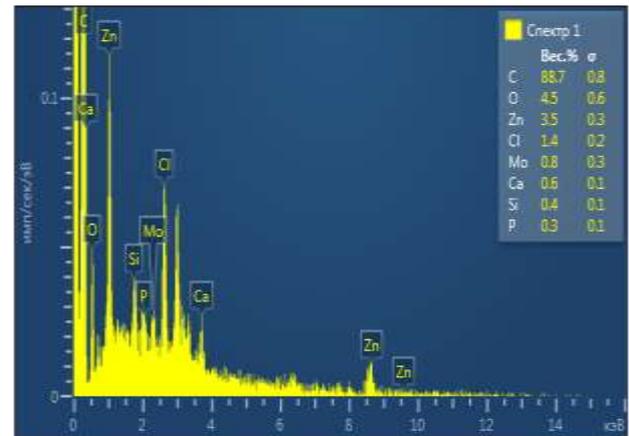
50µm



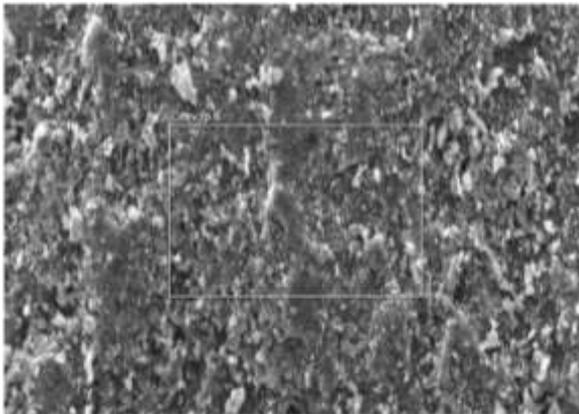
a)



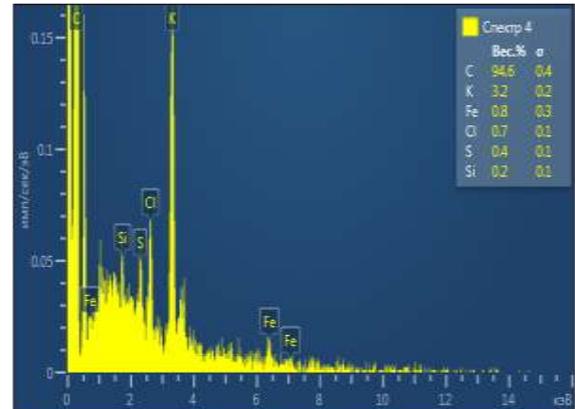
50µm



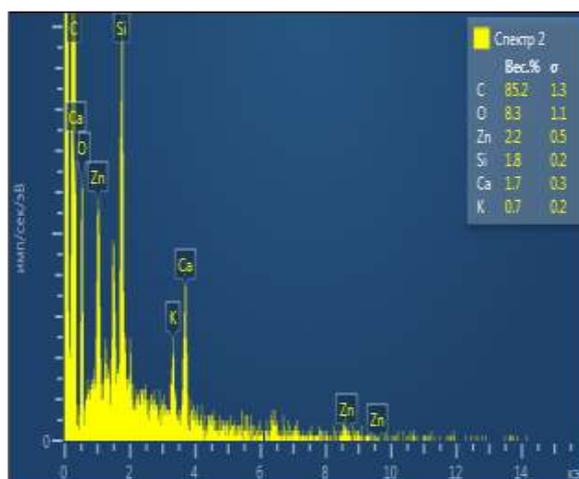
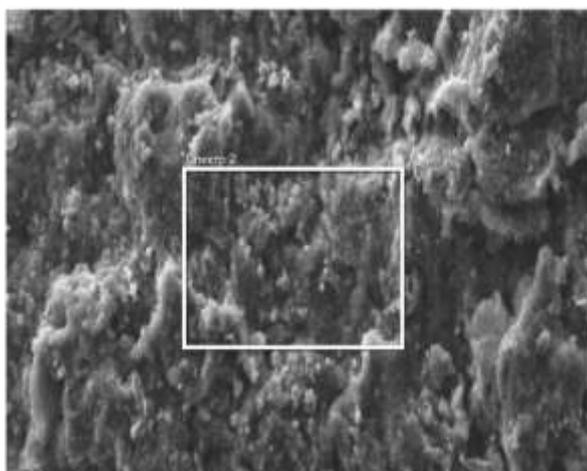
б)



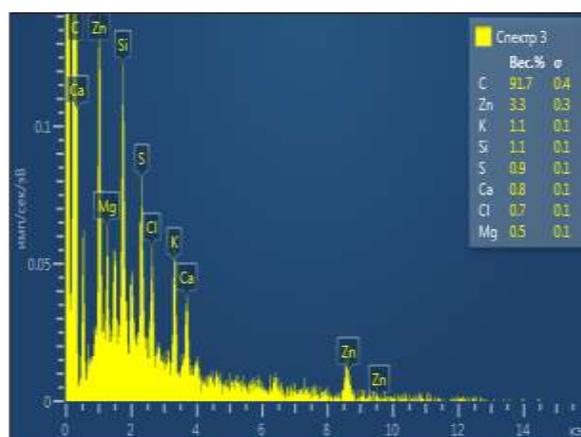
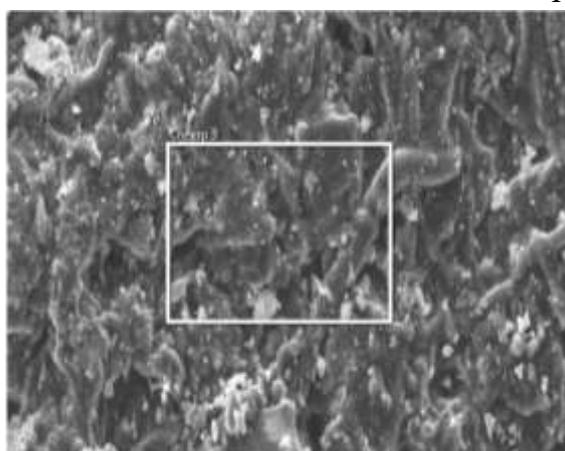
50µm



B)



Г)



д)

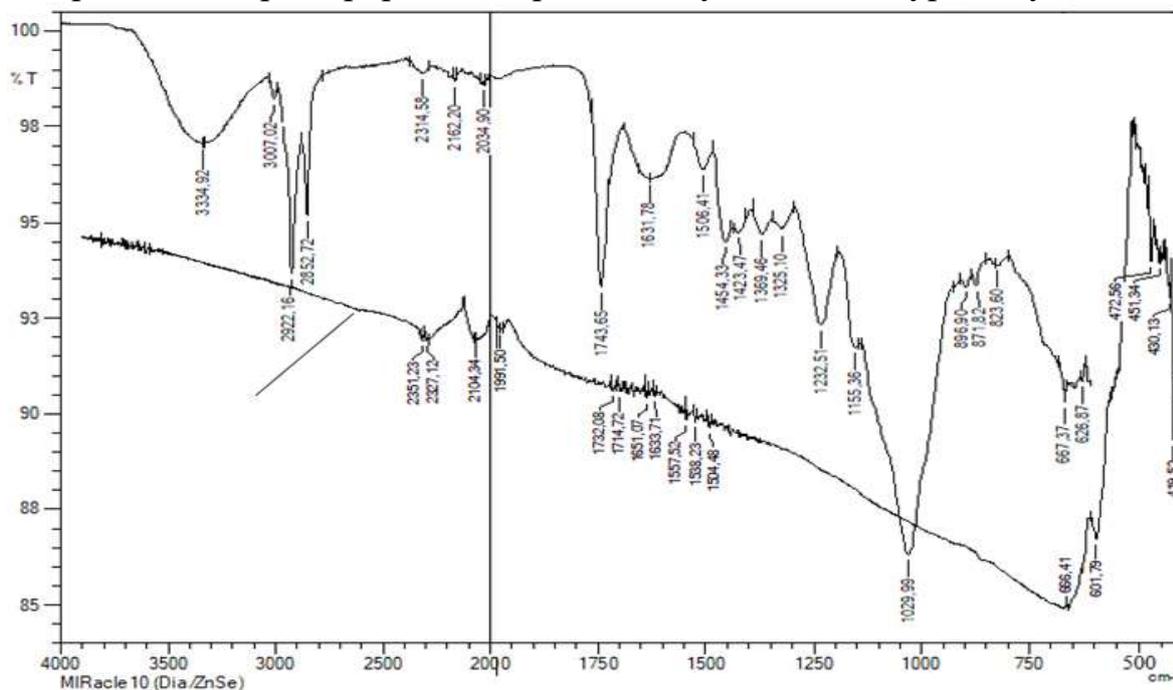
1-расм. Адсорбентларнинг электрон микроскоп ёрдамида олинган суратлари:

- а) ФШК-74,5; б) ФШК-136; в) ФШК-АГ-74,5; г) ФШК-АГ-136;
 д) ФЖК-136

Шунингдек олинган кўмир адсорбентлар термик фаоллаштириш ҳарорати ортиб бориш тартибида (300-800°C оралиғида) фаоллаштирилганда ғоваклар кириш қисмини ёпиб қўйган маълум миқдордаги смолалар учиб чиқиши натижасида ҳамда буғ-газ (800°C) фаоллаштирилганда аморф кўмирни юқори ҳароратда сув буғи билан таъсири натижасида қўшимча ғоваклар ва ёриқлар ҳосил бўлганини кўриш мумкин.

Олинган мева донаклари чиқиндилари асосида олинган адсорбент таркибидаги функционал гуруҳлар миқдорий ва сифат таркиби ИҚ-спектроскопия (Shimadzu IRTracer100, Japan) таҳлили ёрдамида ўрганилган (2-расм). Унга мувофиқ шафтоли данагини 800-900°C да олинган фаоллаштирилган кўмирни ИК-спекторларини ўрганиш орқали унинг малекуляр тузилишидаги бир нечта функционал гуруҳлар мавжудлиги келтирилган бўлиб, бунда сорбент таркибидаги баъзи енгил углеводородли

гуруҳларнинг ҳарорат ортиши таъсирида парчаланиши ва ҳавога чиқиши аниқланди. Бу жараёндан кўришимиз мумкинки: C-O-C ($1234,44 \text{ см}^{-1}$), C=O ($1739,79 \text{ см}^{-1}$) каби углеводородлар таркибидаги углерод кислород боғларининг юқори ҳарорат таъсирида осон узилишини кўриш мумкин.



2-расм. Мева донаклари чикиндиларининг ИК-спектр таҳлили.

Бундай жараёнлар юқори ҳарорат таъсирида олинган кўмир сорбентлари орасида макро ва микро ғовакларнинг ҳосил бўлишига олиб келади.

Диссертациянинг “**Мева донаклари асосида олинган фаоллаштирилган кўмирнинг физик-кимёвий, механик ва адсорбцион хоссаларини тадқиқ қилиш**” деб номланган учинчи бобида бир хил ҳароратда 800°C термик ва термохимёвий фаоллаштирилган углерод адсорбентларга бензол буғлари адсорбцияси, адсорбентларнинг структура-сорбцион кўрсаткичлари ҳамда адсорбция иссиқлиги ва энтропиясини тадқиқот натижалари келтирилган.

Мева данакларини $800-900^{\circ}\text{C}$ да термик фаоллаштириб олинган сорбентни 10% ли H_2SO_4 эритмасида фаоллаштириб олинган кўмир адсорбентига бензолнинг сорбцияланиш миқдори қуйдагича: ФЎК-74,5 да 1,32 марта, ФЎК-136 да 1,25 марта, ФЖК-136 да 1,36 марта кам бўлади. Сорбция миқдорининг ортиши, $800-900^{\circ}\text{C}$ ҳарорат оралиғида термик ва термохимёвий фаоллаштирилган сорбентда ва унинг структуравий тузилишида ўзгаришлар бўлганлиги аниқланди.

$800-900^{\circ}\text{C}$ ҳароратда термик усулда сув буғи билан фаоллаштирилган сорбентларга нисбатан нисбий босим тенг ҳароратда $P/P_s=0,1-0,2$ бензол молекулалари кўплаб ютилиши кузатилди. ФЎК-74,5, ФЎК-136, ФЎК-111, ФШК-78, ФШК-98 ушбу намуналарнинг бензол буғи билан адсорбцияси изотермалари ўрганилди.

2-жадвал

**Фаоллаштирилган кўмирни бензол буғлари адсорбцияси бўйича
структура - сорбцион кўрсаткичлари**

Сорбент	Ҳарорати, 800-900° С	Қават сиғими, a_m , МОЛЬ/КГ	Сорбент юзаси, $S \cdot 10^{-3}$, М ² /КГ	Сорбция даражаси a_s , МОЛЬ/КГ
ФЎК-136	-	1,07	260	2,64
	сув буғи	2,4	482	3,86
ФЎК-74,5	-	1,05	243	2,52
	сув буғи	1,85	438	3,8
ФЎК-111	-	0,9	169	2,1
	сув буғи	1,57	379	3,4
ФШК-78	-	0,66	178	2,2
	сув буғи	1,46	364	3,2
ФШК-98	-	0,73	182	2,3
	сув буғи	1,44	365	3,1

3-жадвал

**Фаоллаштирилган кўмирни бензол буғлари адсорбцияси бўйича
говаклари ҳажмлари кўрсаткичлари**

Сорбент	Ҳарорати, 800-900° С	$W_0 \cdot 10^3$	$V_s \cdot 10^3$	$W_{me} \cdot 10^3$	Говаклар-нинг ўртача радиуси $r_{\text{ўр}}$, Å
ФЎК-136	-	0,208	0,245	0,023	17,9
	сув буғи	0,275	0,345	0,047	13,8
ФЎК-74,5	-	0,210	0,225	0,022	18,1
	сув буғи	0,283	0,334	0,041	14,9
ФЎК-111	-	0,145	0,186	0,032	21,2
	сув буғи	0,258	0,302	0,033	15,4
ФШК-78	-	0,165	0,195	0,024	22,5
	сув буғи	0,235	0,284	0,026	15,1
ФШК-98	-	0,161	0,207	0,034	22,8
	сув буғи	0,259	0,274	0,021	15,6

Ўрганилган системаларда адсорбция изотермаларидан ўрик данаги чиқиндиси куйдирилиб ФЎК-136 800 °С термик фаоллаштирилган кўмир 2 баробар ортиши, 800-900°С да термокимёвий фаоллаштирилганда эса 3-3,5 марта ортиши аниқланди. Мезоговаклар ҳажми адсорбция ҳажмига нисбатан олганда ФЎК-136-800 - 22,5 %, ФЎК-74,5-800 - 10 %, ФЎК-111-800 9,8%, ФШК-78-800-18,6% ва ФШК-98-800-21,5% ни ташкил қилди.

Ҳар бир метал фаоллаштирилган кўмирга ютилиши учун метал комплекс ҳосил бўлишида ҳар хил коцентрацияда (SCN⁻) сарф бўлади. Бошланғич эритмадаги металллар коцентрацияси 0,30 ммол/л дан ошмайди. Эритмаларда метал комплекс ҳолатда ютилиш технологияси, эритмадаги роданиднинг коцентрацияси жуда катта рол ўйнайди. Экспериментал

нуқталар куч Фрейндлих тенгламалари билан тасвиқланган. Метал комплекс кўринишида фаоллаштирилган кўмирга ютилиш селективлик қаторини қуйдаги 4-жадвалда келтирилган.

4-жадвал

Металларнинг сорбцион селективлик қатори

Қатори	Металл	SCN	Комплекснинг координацион сони
1	Au	7	2,0
2	Ag	3,2	2,2
3	Hg	5,6	2,2
4	Hg	3,9	2,4
5	Ag	0,5	2,4
6	Hg	3,6	3,2
7	Hg	3,9	3,6
8	Cu	6,8	2,3
9	Ni	2,6	4,1
10	Hg	1,5	4,1
11	Cu	3,4	3,2
12	Cd	3,2	3,4
13	Cu	0,6	4,5
14	Fe (II)	3,0	6,1
	Fe (III)	3,0	6,0
	Co	3,0	6,0

Олтин учун эркин роданид комплексларининг миқдори ортиши адсорбция изотермасига сезиларли таъсир кўрсатмайди. Кумушнинг адсорбция изотермаси биров пасайиши кузатилди. Эритмада эркин роданид концентрациясининг ортиши билан мис, рух, кадмий ва Hg нинг фаоллаштирилган кўмирга сорбцияси сезиларли даражада камаяди. Cu, Zn, Cd, Au, Ag ва Hg га қараганда камроқ ютилади. Жадвалда фаоллаштирилган кўмирга сорбция селективлик қаторидаги метал-роданид комплекслари координацион сонини ошириш тартибида жойлаштирилди. Эркин роданид концентрациясининг ортиши билан сорбциянинг пасайиши роданид концентрациясининг маълум диапазонида координацион соннинг ўзгаришида содир бўлган.

Фаоллаштирилган кўмирга метал роданидларнинг ютилиш технологиясида эритмадаги роданиднинг концентрациясига жуда катта аҳамият бериш керак, қайта ишланган руданинг таркибида роданид миқдори қолиб кетади. Шу билан бирга, кўмирга метал сорбция технологияси қайта ишланган роданидли эритмалар (пулпалар)даги рудаларни (метал) ларни максимал концентрацияси роданидлаш асосида аниқланади, олтин ва кумуш 45; мис 350; рух 550; темир 250; симоб 150; кадмий 25 мг/л роданид сарф бўлади. Тадқиқотлар 14 ммоль/л NaOH, 41 ммоль/л NaCN еритмаларида ўтказилди. Олинган натижа Фрейндлих изотермаси тенгламаси билан ҳисобланди:

$$E = K \cdot C^{1/n}$$

E - кўмирнинг сифими, мг/г

C - эритмадаги мувозанат концентрацияси, мг/л

$K_{ин}$ - Фрейндлих тенгламасининг доимий константалари.

$K_{ин}$ – адсорбентларнинг константаси 3.5.2-жадвалда келтирилган.

NaCN концентрациясининг ошиши Au сорбциясига таъсир қилмайди, Ag сорбциясига бир оз таъсир қилади ва Cu, Hg, Zn ва Cd нинг сорбциясини сезиларли даражада камайтиради.

Сорбция жараёнларини технологиянинг ўрганиш мақсади асосий маҳсулоти сифатида Au қазиб олишни оптималлаштиришга қаратилган, ва шу борада олтиннинг сорбциялаш жараёнида бошқа металл сорбциясини ҳам ўрганиш мақсадга мувофиқ. Олинган маълумотлар ҳар бир ўрганилаётган металл учун ҳақиқий технологик жараёнда назарий жиҳатдан эришиш мумкин бўлган кўмирнинг максимал қувватини аниқлаш имконини берди. 5-жадвалда келтирилган.

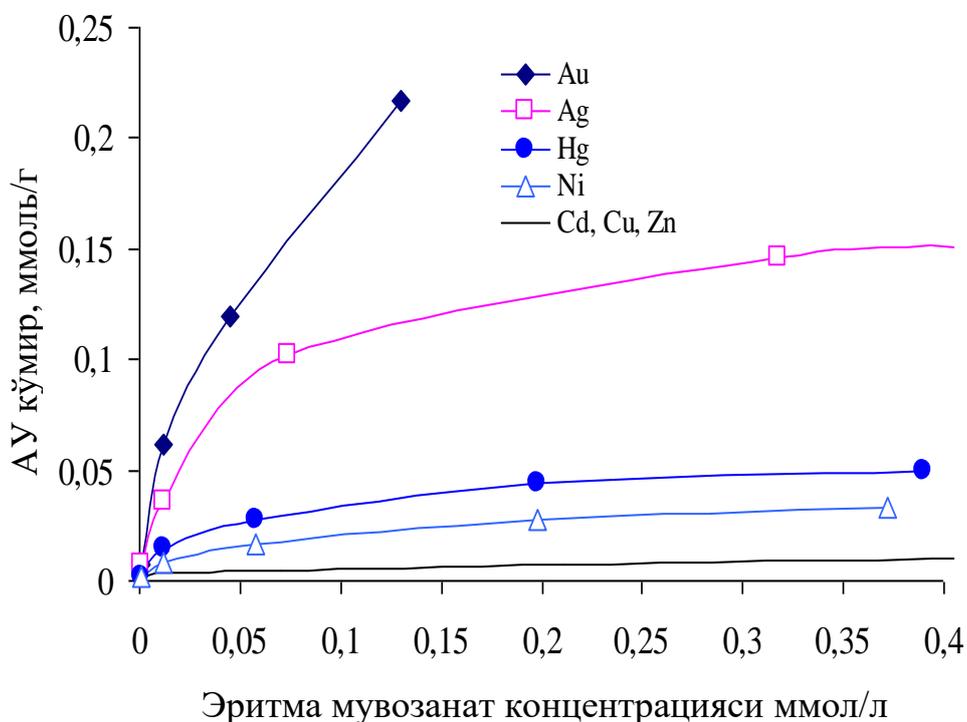
5-жадвал.

Эркин цианид концентрацияси ўзгарувчан бўлган металл цианид комплекслари учун Фрейндлих изотерма константалари

Металл	NaSCN концентрацияси, ммоль/л	K	n
Au	4-41	8,9	1,9
Ag	4,1	3,7	2,5
	41	2,2	1,9
Hg	4,1	3,5	2,8
	14	1,8	2,4
	41	0,86	2,1
Ni	4,1	0,31	1,2
	14	0,52	2,5
	41	0,34	1,4
Zn	4,1	0,094	1,7
	14	0,047	1,5
	41	0,036	1,6
Cd	4,1	0,057	1,3
	14	0,054	1,5
	41	0,044	1,7
Cu	4,1	0,11	2,2
	14	0,036	1,7
	41	0,033	2,3

Бир металлнинг бошқасига нисбатан сорбциясининг селективлигини аниқлаш учун ммоль/л - ммоль/г координаталарида берилган уларнинг сорбция изотермаларини солиштирилди. Масалан, 3-расмда. 14 ммоль/л NaCN концентрациясида олинган изотермалар берилган.

Тажриба синов натижаларига асосланиб, NaSCN эритмасидаги концентрацияси (4,1; 14,0; 41,0 ммоль/л) ФШК-158 маркали фаоллаштирилган кўмир сорбентига маталлар селективлик қатори куйдагича:



3-расм. NaSCN концентрацияси 14 ммоль/л бўлган монокомпонентли эритмалардан металларнинг сорбцион изотермалари.

Олинган эгри чизиқлар учун Фрейдлих изотермаси тенгламасининг коэффиценти 2,30; оригинал ва майдаланган кўмирлар учун мос равишда К - 8,9 ва 9,7 коэффицентлари олинган. Шундай қилиб, кўмир зарраларининг ўртача ҳажми 30 баравардан кўпроқ камайиши билан унинг мувозанат сорбция хусусиятлари 9% га ошди. Кўриниб турибдики, камроқ тозаланган кўмир фракциялари учун олтин сорбция изотермлари дастлабки кўмир учун изотермадан 9% дан кам миқдорда фарқ қилади. Бунинг асосида сорбция изотермларини аниқлашнинг такомиллаштирилган усули ишлаб чиқилган бўлиб, у фаоллаштирилган кўмирни олдиндан майдалаш ва нозиклик синфини $-0,5 + 0,2$ мм ажратиш билан ажралиб туради, сўнгра сорбция тажрибалари ўтказилади. Яна бир муҳим шарт - фаоллаштирилган кўмир гранулаларига ёпишган кўмир чангини олиб ташлаш: бунга кўмирни ҳаво билан пуфлаш ёки дистилланган сув билан ювиш, кейин куриштириш орқали эришилади. Техника тажрибалар давомийлигини бир неча кундан бир неча соатгача қисқартиришга имкон беради.

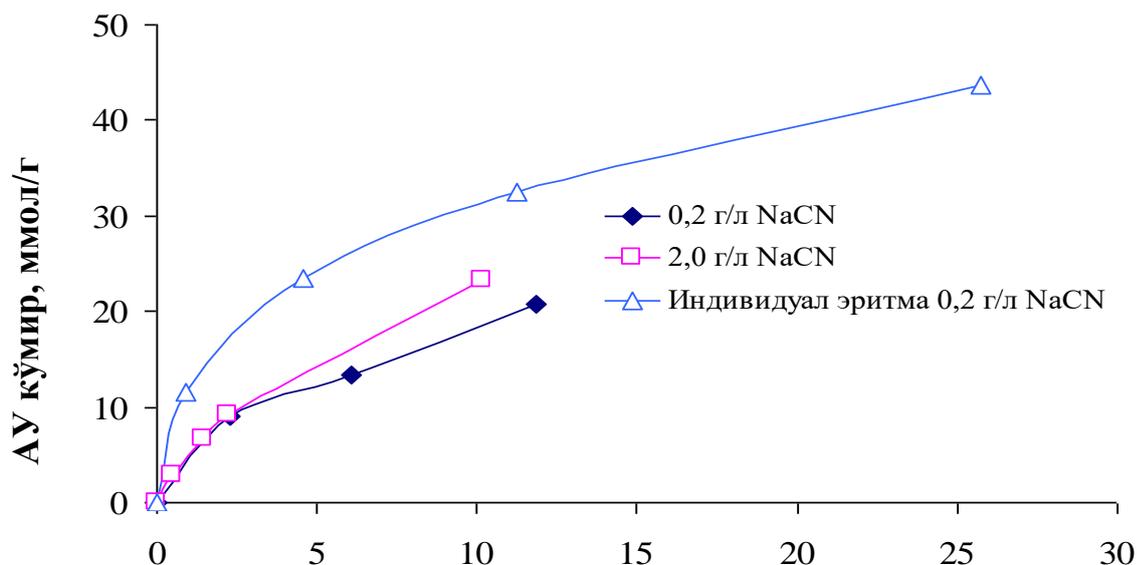
Олинган изотерма қийматларга асосланиб, поликомпонентли эритмадан сорбция селективлик қаторини аниқлаш мумкин:

Au > Ag > Hg > Ni > (Zn, Cu, Cd) 4,1 ммоль/л (0,2 г/л) NaCN да
 Au > Ag > Ni > Hg > (Zn, Cu, Cd) 41 ммоль/л (2,0 г/л) NaCN да

Умуман олганда, улар индивидуал ечимлардан олинган селективлик қаторига тўғри келади. Шундай қилиб, алоҳида эритмалар учун олинган сорбциянинг сифат қонуниятлари кўп компонентли эритмалардан сорбцияни тавсифлашда қўлланилиши мумкин.

Фаоллаштирилган кўмир сорбенти бошқа металлларга қараганда, аралашмалардан олтинни нисбатан яхши ютади. Кўп компонентли эритманинг сорбция изотермаси индивидуал эритмаларга нисбатан камроқ сорбцияланади (4-расм).

ммоль/г



Олтиннинг мувозанат концентрацияси

4-расм. Индивидуал ва кўпкомпонентли эритмалардан олтин сорбция изотермлари

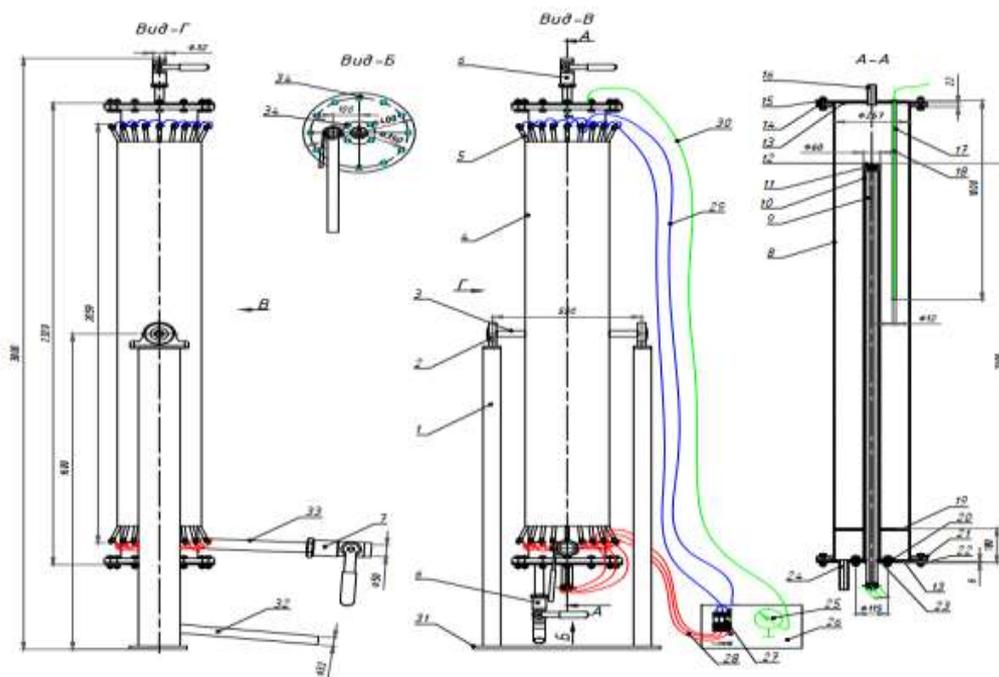
Олинган натижалар асосида олтин-мис рудаларини қайта ишлаш усули ишлаб чиқилди. бу эса олтин миқдори мис таркибидан 2-3 баравар паст бўлган руда маҳсулотларидан олтинни танлаб олиш имконини беради.

Диссертациянинг **“Фаоллаштирилган кўмир намуналарини рангли ва ноёб металлларни эритмалардан ютиш хоссатари ва амалиётга тадбиқ қилиш усуллари ўрганиш”** деб номланган тўртинчи бобида мева донаклари ва чиқиндилари асосида адсорбент олиш ва қўлланилиши келтирилган. 800⁰С да H₂SO₄ 10% эритмасида фаоллаштирилган адсорбентлар олинади.

Бунинг натижасида ҳосил бўладиган газлар таркибида тўйинган ва тўйинмаган углеводородлардан (CH₄, C₂H₆, ва C₂H₂ ва бошқалар) кўпгина органик синтезлар ёки пиролиз жараёни учун ёқилғи сифатида ишлатиш мумкин. Олинган адсорбентлар майдалагич ёрдамида майдаланиб, сўнгра элакларда маълум ўлчамга келтириб фракцияларга ажратилади.

Навоий кон металлургия комбининтида технологик қоришмалардан ноёб металлларни ажратиш олишда, нефт маҳсулотларини олтингугуртли

бирикмалардан тозалашда ва чиқинди оқова сувларни тозалашда қўлланилди. Бугунги кунга қадар “Навоий кон металлургия комбинантида технологик қоришмалардан ноёб металлларни ажратиб олишда сўнгра Бухоро нефтни қайта ишлаш заводида авиакеросин таркибидаги олтингугурт ва олтингугуртли бирикмаларни адсорбцион усулда тозаланди.



5-расм. Мева донаклари чиқиндисидан адсорбент олиш қурилмаси

Лаборатория шароитида маҳаллий мева донаклари чиқиндилари асосида олинган турли дисперстик ўлчамдаги кўмир адсорбентлари билан НКМК технологик қоришмалардан олтинни ажратиб олиш тажриба синов ишлари олиб борилди. Олинган натижалар б-жадвалда келтирилган.

6-жадвал

“НКМК” технологик қоришмадан олтинни адсорбентларга ютилиши.

Номи	NaCN ни кўрсаткичи				Цианидланиш натижалари						
	Юти лиш соати	NaCN коцентрация си мг/л	рН	миқдори г/т				Юти лган Au %	Реагент расходи мг/т (100%)		
				Эри т Au	Эрит, мг/т	ФК Юти мг/т	Эрит Au микд				
ФЎК-	24,0	1000	1000	10,6	8,1	<0,2	0,06	0,67	91,7	4,1	1,4 5
ФЎК- 136	24,0	1000	1000	10,7		<0,2	0,05	0,68	91,6	4,0	1,5
ФЁК	24,0	1000	1000	10,6		<0,2	0,06	0,67	91,7	4,0	1,4 5
ФЎК- 98	24,0	1000	950	10,5		<0,2	0,06	0,68	91,6	4,2	1,4 5
Jacobi	24,0	1000	970	10,6		<0,2	0,06	0,67	91,7	4,1	1,6

Олинган натижалардан шуни кўриш мумкинки, 2-3 мм ўлчамдаги 800°C да термик ва термохимёвий фаоллаштириб олинган ФЎК-74,5, ФЎК-136, маркали фаоллантирилган углеродли адсорбентларда олтинни ютилиши 91,7%, ва ФЖК-136, ФЎК-Аг-136 ларда 91,6 % ни кўрсатди солиштириш учун олинган **Jacobi** адсорбенти 91,7% аниқланди.

Мева донаклари пўчоқлари асосида 800°C да термохимёвий фаоллантириб олинган углеродли адсорбентлар саноат миқёсида авиакеросинни тозалашда, металлургия саноатида рангли металлларни ютилиш жараёнларига тадбиқ этилди. Ушбу мақсадда бу углеродли адсорбентларни Бухоро нефтни қайта ишлаш заводида чиқадиган авиакеросинни олтингугуртли бирикмалардан тозалашда лаборатория синов ишлари амалга оширилди. Олинган тажриба синов натижалари 3-жадвалда келтирилган.

ХУЛОСАЛАР

“Гидрометаллургия эритмаларидан рангли металлларни ажратиб олиш учун фаоллаштирилган кўмир сорбентини қўллаш технологиясини ишлаб чиқиш” диссертация мавзуси бўйича ўтказилган тадқиқодлар бўйича қуйдаги хулосалар тақдим этилади:

1. Мева данаги чиқиндиларини турли хил ҳароратларда фаоллаштириб фаоллаштирилган кўмир сорбентини олишни мақбул шароитлари аниқланди: бунда турли фоизли кислота ва тузларни эритмаларидан фойдаланилди.

2. Сорбентларнинг физик-химёвий, механик, ацетон ва бензол буғлари сорбцияси ўрганилди. қуйдаги қатор бўйича сирт юзаси ортиб бориши аниқланди ФЎК-74,5, ФЎК-136, ФЎК-Аг-74,5, ФЎК-Аг-136, ФЖК-136, ФШК158.

3. ФШК158 маркали фаоллантирилган кўмирни монокомпонентли, поликомпонентли эритмалар сорбцияси ўрганилди. Сорбция жараёнига ҳарорат, гранула таркиби, эритма концентратсияси таъсири аниқланди. Фаоллаштирилган кўмир ФЎК-158 нинг металлларни эритмадан ютиши даражаси эритмадаги цианидларининг миқдорига боғлиқлиги ва улар ҳосил қиладиган цианидли комплекс бирикманинг сонига боғлиқ равишда ютиши аниқланди.

4. Эритмадаги цианид миқдорини ортиши рангли металлларнинг ютилишига салбий таъсири, олтин метали сорбциясига таъсир қилмаслиги ва унга нисбатан селектив хоссасини намоён қилиши аниқланди.

5. Олинган фаоллаштирилган кўмир механик мустаҳкамлиги гост талабларига асосан текширилди 99,0 % ва 98.2% ни ташкил этди.

6. Фаоллаштирилган кўмир ишлаб чиқаришдан кутилаётган иқтисодий самара 178861735 мин сўмни ташкил этди.

7. Фаоллаштирилган кўмир сорбентини олишнинг технологик регламенти ва технологик шароитлари ишлаб чиқилди.

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

ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

ИСОКОВ ЮСУФ ХОРИДДИНОВИЧ

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
АКТИВИРОВАННОГО УГЛЯ ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ ЦВЕТНЫХ
МЕТАЛЛОВ ИЗ ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ РАСТВОРОВ**

02.00.11 – Коллоидная и мембранная химия

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

Ташкент – 2024

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве Высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за номером B2023.1.PhD/T3435.

Диссертация выполнена в Институте общей и неорганической химии.

Автореферат диссертации доступен на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) на сайте Ученого совета www.ioux.uz и на информационно-образовательном портале «Ziyouet» (www.ziyouet.uz).

Научный руководитель: Ёлгаров Нормамат
доктор химических наук, профессор

Официальные оппоненты: Хурмаматов Абдугаффар Миртабдуллаевич
доктор технических наук, профессор

Эшметов Расулбек Жумилович
доктор технических наук, доцент

Ведущая организация: Ферганский политехнический институт

Защита диссертации состоится на заседании Ученого совета Института общей и неорганической химии институту DSc 02/30.12.2019.K / T.35.01 «04» июня 2024 года в 14⁰⁰. (Адрес: 100170, г. Ташкент, улица Мирзо Улугбека, 77-а. Тел.: (+99871) 262-56-60; факс: (+99871) 262-79-90, e-mail: ioux@academy.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Института общей и неорганической химии (регистрационный №13). (Адрес: 100170, г. Ташкент, улица Мирзо Улугбека, 77-а. Тел.: (+99871) 262-56-60; факс: (+99871) 262-79-90).

Автореферат диссертации разослан 16 мая 2024 года.
(рестр протокола рассылки № 13 от 16 мая 2024 года).



Закиров Б.С.
Председатель научного совета по
присуждению ученой степени, д.х.н., проф.

Салиханова Д.С.
Учлен секретарь научного совета по
присуждению ученой степени, д.т.н., проф.

Эшметов И.Д.
Председатель научного семинара при
научном совете по присуждению ученой
степени, д.т.н., проф.

ВВЕДЕНИЕ (Аннотация к диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и необходимость темы диссертации. Во всем мире все больше внимания уделяется производству углеродных адсорбентов с высокими адсорбционными свойствами для различных промышленных предприятий из отходов древесных и косточек фруктовых плодов. Благодаря своей гидрофобной природе уголь является одним из наиболее эффективных адсорбентов для гидрометаллургической промышленности. Актуальными являются разработка эффективных сорбционных методов получения угольного адсорбента из отходов древесных и косточек фруктовых плодов, а также извлечения драгоценных металлов в гидрометаллургической промышленности, адсорбционной очистке сточных вод и охране окружающей среды.

В мире проводятся научные исследования в области гидрометаллургии с целью разработки углеродных адсорбентов с высокой прочностью, микро- и мезопористостью для извлечения драгоценных металлов сорбционным методом. В связи с этим особое внимание уделяется разработке и изучению синтетических реагентов и отходом производства косточек персика, абрикоса, грецкого ореха, ядра горького миндаля, которые могут быть использованы при создании угольных адсорбентов, определены активности материалов в процессе адсорбционной очистки и их взаимодействия с различными драгоценными металлами, разработке эффективных углеродных адсорбентов, а также снижения затрат на адсорбционную очистку в различных отраслях.

В республике достигаются научные и практические результаты по производству угольных адсорбентов на основе новых материалов, в том числе коры деревьев и отходов косточек фруктовых плодов. В третьем направлении новой Стратегии развития Узбекистана, направленной на дальнейшее развитие Республики Узбекистан, показаны важные задачи «обеспечения стабильности национальной экономики и увеличения валового внутреннего продукта промышленности, увеличения производства промышленной продукции в 1,4 раза»¹. В связи с этим большое значение приобретает создание высокоэффективных угольных адсорбентов, отвечающих современным требованиям промышленности и охраны окружающей среды, установление связи между функциональными свойствами и условиями производства, а также их составом.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит осуществлению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан № УП-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы», № УП-4265 от 3 апреля 2019 года «О мерах по дальнейшему реформированию химической отрасли и повышению ее инвестиционной привлекательности», № УП-4805 от 12 августа 2020 года «О мерах по повышению качества непрерывного образования и эффективности науки в областях химии и биологии», а также других нормативно-правовых документов, принятыми в данной сфере.

Соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологии республики Узбекистан VII «Химическая технология и нанотехнология».

Уровень изученности проблемы. В научно-технической литературе описаны способы получения углеродных адсорбентов на основе различного углеродного сырья, в том числе природного угля, древесины и другого сырья. Исследования по получению углеродных адсорбентов и применению их на различные объекты велись зарубежными учёными такими как 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 и др. В этом направлении из отечественных учёных вели исследования К.С. Ахмедов, Э.А. Арипов, Ф.Л. Глекель, С.С. Хамраев, А.А. Агзамходжаев, С.Н. Аминов, З.С. Салимов, У.К. Рахматкариев, С.З. Муминов, Г.Р. Нарметова, С.А. Абдурахимов, и многие другие. В настоящее время в этой сфере ведут исследования Ф.М. Юсупов., И.Д. Эшметов, Д.С. Салиханова, Д.Ж. Жумаева., Р.Хайитов., А.Кудратов

По переработке отходов местных фруктовых деревьев и получению на его основе эффективных селективных адсорбентов, использованию их в процессе извлечения цветных и редких металлов из гидрометаллургических растворов проведено недостаточно работ.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертация выполнена в соответствии с планом научно-исследовательских работ в рамках фундаментальных и практических проектов № 1-30/10/2019 Института общей и неорганической химии по теме «Разработка технологии обогащения углей 2БР-Б2 и 2БОМСШ-Б2 и ее испытания с целью внедрения на АО «Узбеккумир».

Цель исследования. Разработка технологии получения углеродселективного адсорбента на основе местного сырья для извлечения редких металлов из гидрометаллургических растворов.

Задачи исследования:

изучение вида, количества и состояния сырья, необходимого для производства активированного угольного адсорбента, выбора косточек плодовых деревьев, их состава и свойств;

определение оптимальных условий пиролиза плодовых косточек выбранного дерева при температуре 400-500⁰С с последующей паровой или термохимической переработкой;

определение физико-химические, коллоидные и сорбционные свойства и характеристики активированного угля и изучение технологических процессов;

физическое исследование изотерм сорбции и описание сорбционно-структурных свойств;

определение структуры полученных адсорбентов методами химического исследования как современная электронная микроскопия, рентгенография, ИК-спектроскопия;

определение механизма адсорбционного действия активированных угольных адсорбентов с парами бензола и растворами уксусной кислоты.

Объекты исследования. Адсорбент и растворы гидрометаллургической промышленности, полученные путем активации древесного угля, полученного пиролизом косточек грецкого ореха, абрикоса, каштана, горького миндаля в водяном паре.

Предмет исследования. Разработка стручков плодовых деревьев, грецких орехов, абрикосов, каштанов, горького миндаля и технология выделения цветных и редких металлов из гидрометаллургических растворов.

Методы исследования. В работе использованы физические и коллоидно-химические (электронная микроскопия РЭМ и ЭА, ИК-спектроскопия, рентгеновская дифрактография, калориметрия, высоковакуумная установка Мак-Бен-Бакра и др.) методы исследования и анализа.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

впервые получены продукты пиролиза отходов семян деревьев, таких как грецкие орехи, абрикосы, персики, горький миндаль, паровым методом и термохимической обработкой при температуре 800-900⁰С, получены активированные угольные адсорбенты (АУО, АУУ-136, АУУ-111, АУП-78, АУП-98, АУП-158, АУП-74,5, АУУ-Аr-74,5, АУУ-Аr-136), разработаны оптимальные условия и технологический процесс система создана;

определены состав, структура, зольность, пористость, поверхностные свойства и термическая стабильность активированных адсорбентов с использованием современных физических и химических методов ИК, СЭМ, ЭА, ДТА;

определены селективность активированных углеродных адсорбентов и равновесные показатели процесса сорбции, исходя из координационного числа комплекса, последовательности селективности (0,014-0,024 ммоль/л NaCN) Au > Ag > Hg > Ni > Zn ~ Cd ~ Cu ;при систематическом изучении температурно-концентрационной зависимости цианидных комплексов редких и цветных металлов

изучены основные закономерности поглощения йода, бензола, этанола и паров воды активированным углем, полученным из косточек персика и абрикоса, на их основе определено количество мезо- и макропор на поверхности сорбентов и установлены законы адсорбции, определено их активность по бензолу составила 22,5% или 115,2 м²/г; по сравнению с йодом, что он увеличился на 75% и площадь поверхности на 1025,8 м²/г;

влияние термических и пароводяных методов активации на адсорбционные характеристики адсорбентов, их структурно-адсорбционные показатели и размер пор на основе уравнений теории объемного насыщения микропор;

определены оптимальные условия поглощения драгоценных и цветных металлов углеродными адсорбентами, полученными на основе фруктовых косточек (персика) на Навоийском горно-металлургическом комбинате,.

Практические результаты исследований заключаются в следующем:

определены оптимальные условия активации полученного адсорбента полученных из отходов косточек местных фруктовых деревьев, таких как грецкий орех, абрикосы, горький миндаль, а его химическая переработка основана на получении активированного селективного углеродного сорбента; разработана технология производства активированного угля на основе косточек местных фруктов;

создана энергосберегающая технология в процессе получения активированного угольного сорбента.

Достоверность результатов исследования объясняются результатами физико-химическими, коллоидно-химическими анализа полученных активированных углеродных сорбентов, которые прошли испытания на современных приборах, как электронная микроскопия, ИК-спектроскопия, рентгеновская дифрактография.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость исследования заключается в том, что оно позволяет получить селективные сорбенты в результате химической обработки полученных адсорбентов путем их активации при различных температурах на основе стручков местных плодовых деревьев, грецких орехов, абрикосов, каштанов, горького миндаля. Полученный сорбент из активированного угля используется в других сферах для очистки промышленных сточных вод от различных солей.

Практическая значимость результатов исследований заключается в изучении среднего радиуса мезо-микропористого активированного угля на основе стручков местных плодовых деревьев, грецких орехов, абрикосов, каштанов, горького миндаля и создании научной основы для разработки технологии селективного активированного угля, а также возможности его применения в различных областях промышленности, а также термо- и термохимически активированных сорбентов по своим адсорбционным свойствам служит импортозамещающим сорбентом.

Внедрение результатов исследования. На основании полученных научных результатов по определению адсорбционных свойств активированных угольных сорбентов, полученных на основе стручков местных плодовых деревьев грецкого ореха, абрикоса, персика, горького миндаля:

внедрен в практику на АО «НКМК» активированный угольный адсорбент марки АУП-98, полученный на основе семян плодовых деревьев, (справка НКМК от 09.04.2024 г. № 23/01-01-07/154). В результате удалось определить, что показатели йодсорбции угольного адсорбента, направленного на извлечение драгоценных металлов, соответствуют требованиям ASTM и ГОСТ 6217-54;

внедрена в практику на АО «НКМК» сорбция драгоценных металлов угольными адсорбентами марки ФШК-98 (справка НКМК от 09.04.2024 г. №23/01-01-07/154) В результате проведено концентрирование NaCN). составило 4,1-41,0 ммоль/г, что позволило определить последовательность сорбции металлов Au, Ag, Hg, Ni, Zn, Cu, Cd в растворителе пульпы (Au>Ag>Hg>Ni>Zn>Cu>Cd).

Апробация результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 12 научных работ, в научных изданиях, рекомендованных ВАК Узбекистана для публикации основных научных результатов докторских диссертаций, опубликовано 4 статей, из них 8 в республиканских и 2 зарубежных журналах.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликованы 1 монография и 8 научных работ, из них 8 статей опубликовано в научных изданиях, рекомендованных к публикации по результатам ВАК Республики Узбекистан по научным работам, в том числе 5 республиканских и 3 зарубежных журнала.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составил 124 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ.

Во введении обосновывается актуальность и необходимость исследования, описываются цели и задачи, объекты и предметы исследования, показывается совместимость с приоритетными направлениями развития науки и техники Республики Узбекистан, изложена научная новизна и практические результаты исследования, выявлена научная и практическая значимость полученных результатов, представлены результаты исследования, внедрения, опубликованные работы и информация о структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Свойства и применение сорбентов на основе активированного угля»** описаны области применения и значение активированных угольных адсорбентов, сырье, используемое для их производства, методы активации, физико-химические свойства углеродных адсорбентов, применяемых в различных отраслях промышленности.

При анализе литературы показано, что активированные угольные адсорбенты на основе отходов различных плодовых косточек могут быть использованы в качестве адсорбентов для удаления примесей из газовых и жидких сред.

Во второй главе диссертации, озаглавленной **«Методы добычи активированного угля»**, приведены сведения о строении термически и термохимически активированного адсорбента на основе местных плодовых зерен, методах анализа его минералогического состава, физико-химическом описании представлены в таблице 1. Адсорбент, полученный методом термоактивации, условно назван: адсорбент, полученный из косточек

абрикоса АУУ, адсорбент, полученный из косточек грецкого ореха АУО, адсорбент, полученный из выжимок плодов персика АУП. 10%-ный раствор $ZnCl_2$, $SaCl_2$, KCl активировали кипячением в течение 24 часов и 10%-ную эмульсию H_2SO_4 , 10%-ную C_6H_6 в воде, раствор активировали парами газа.

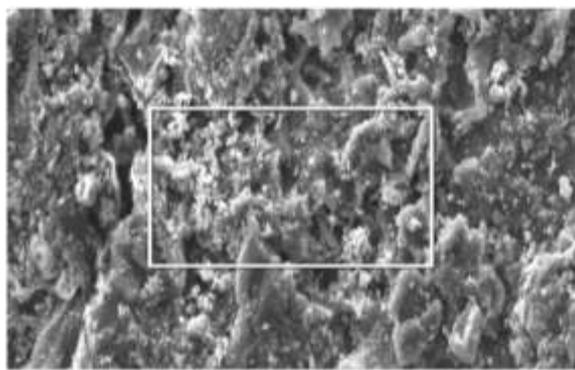
Таблица 1

Физико-химические свойства образцов активированного угля

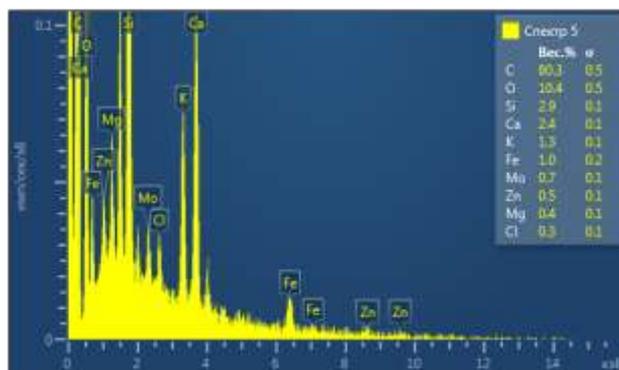
№	Индикаторы	Марки активированного угля					
		АУУ-74,5	АУУ-136	АУУ-АГ-74,5	АУУ-АГ-136	АЖУ-136	АУУ-158
1	Размер гранул, %: Сито-3,6 мм Сито-2,5 мм Сито-1,6 мм Сито-1,0 мм	5,6 12,6 70,5 11,3	8,1 17,8 65,7 8,4	8,7 16,1 62,6 12,6	4,8 6,2 69,1 19,9	5,6 19,3 62,1 13,0	6,7 18,5 64,3 10,5
2	объемная плотность, г/см ³	0,512	0,526	0,558	0,531	0,586	0,476
3	Общий размер пор, см ³ /г	0,456	0,433	0,383	0,421	0,362	0,586
4	Абсорбция йода, %	75	47	40,6	54,6	59,7	65,4
5	Абсорбция бензола, % ёки г/дм ³	22,5 115,2	18,2 95,7	15,2 84,8	17,6 93,5	19,4 113,7	24,5 120,3
6	Влажность, %. (гача)	3	3,5	4,2	3,3	4,1	3
7	Размер площади поверхности, м ² /г	1025,8	868,4	709,0	879,7	951,0	1095,6
8	Зольность, %	4,9	5,3	5,7	6,2	5,6	3,5

Определены важные показатели адсорбента: влажность, зольность, прочность, соответствующие стандартным требованиям, предъявляемым к угольным адсорбентам.

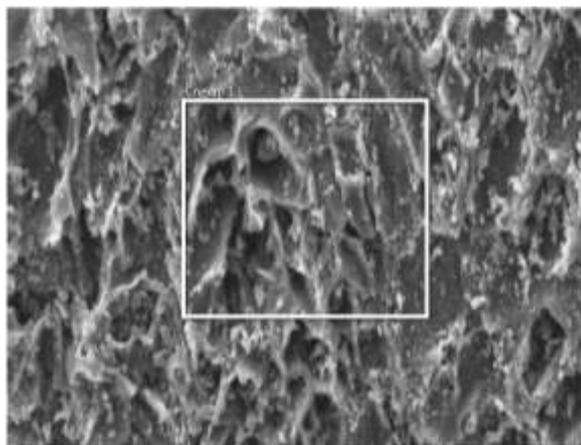
Элементный состав и внутренняя структура адсорбентов, активированных на основе отходов косточек плодового зерна, представлены на рис. 1. По электронно-микроскопическим снимкам проб угля, взятых на основе отходов косточек плодового зерна, тот факт, что состав элементов не изменился, только кислородный элемент в пробе угля, взятой при 800°С, указывает на наличие таких функциональных групп, как -ОН, -СНО, -СООН на его поверхности.



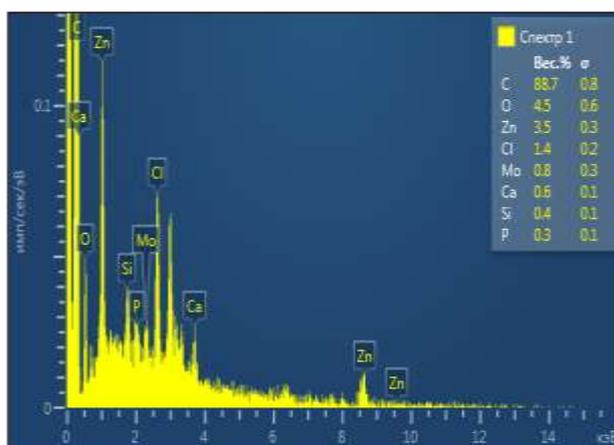
50µm



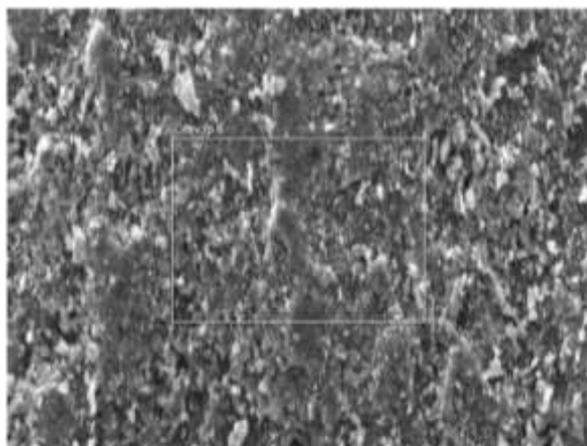
a)



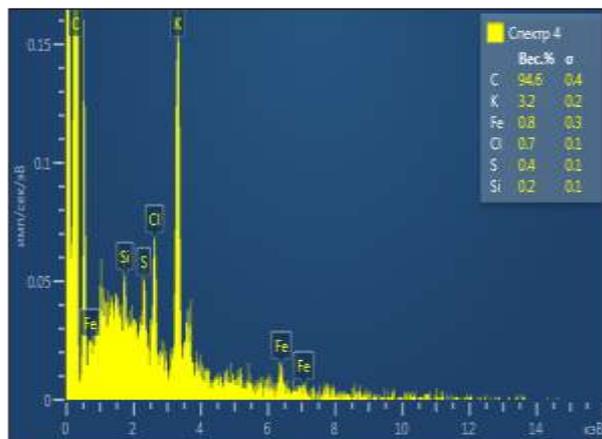
50µm



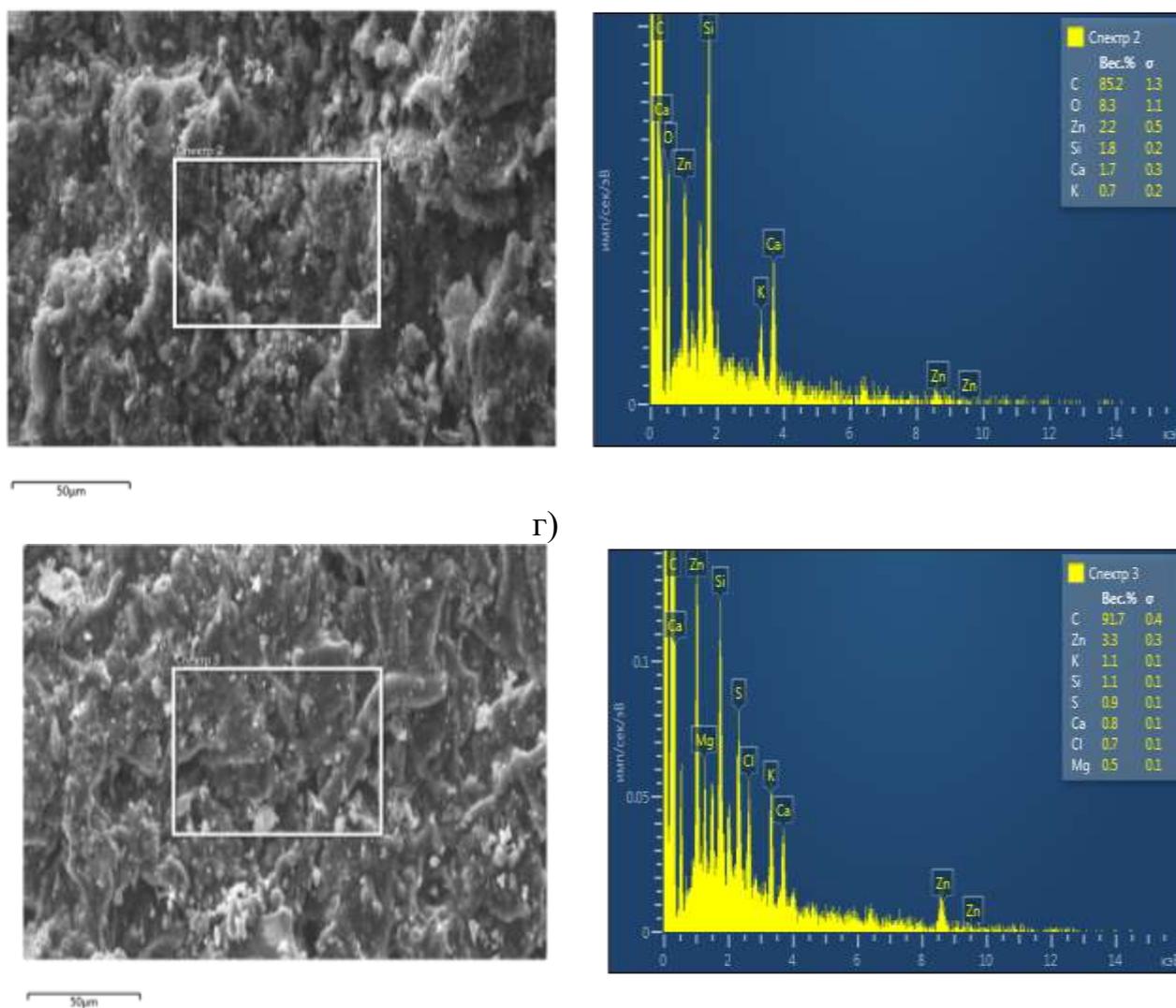
б)



50µm



B)



г)

д)

Рисунок 1. Фотографии адсорбентов, сделанные с помощью электронного микроскопа.

а) АУП-74,5; б) АУП-136; в) АУП-Аг-74,5; г) АУП-Аг-136;
д) АЖУ-136

Также при активации угольных адсорбентов в порядке возрастания температуры термоактивации (в диапазоне 300-800оС) образуются дополнительные поры и трещины в результате выделения некоторого количества смол, закрывающих вход его можно увидеть при парогазовой активации (800оС) в результате воздействия аморфного угля водяным паром.

Количественный и качественный состав функциональных групп в адсорбенте, полученном на основе отходов плодового зерна, изучали методом ИК-спектроскопического анализа (Shimadzu IRTracer100, Япония) (рис. 2). По его данным, путем изучения ИК-спектров активированного угля, полученного из косточек персика, при 800-900°С было показано наличие нескольких функциональных групп в его молекулярной структуре, а также установлено, что некоторые легкие углеводородные группы в составе сорбента разлагаются и выделяются в воздух под воздействием повышения температуры. Из этого процесса мы видим, что связи углерод-кислород в

углеводородах типа C-O-C (1234,44 см⁻¹), C=O (1739,79 см⁻¹) легко разрушаются под воздействием высокой температуры.

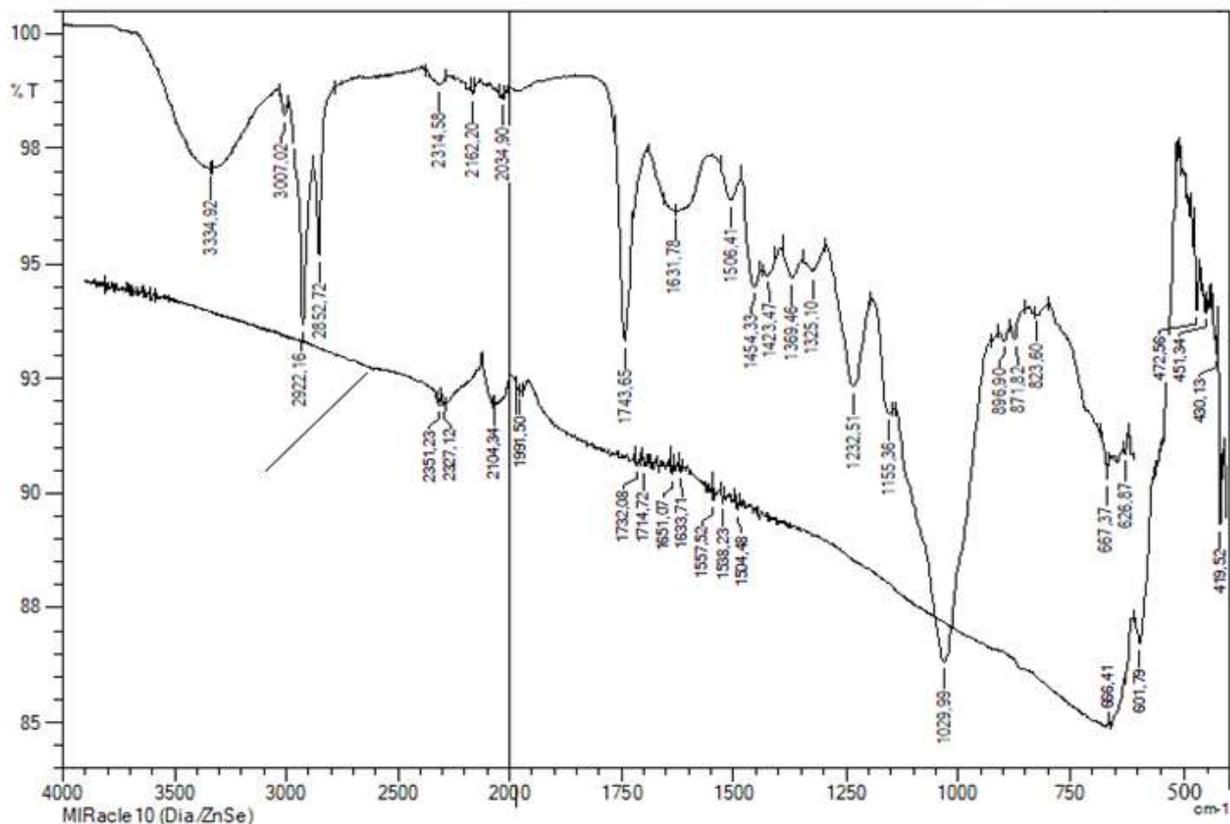


Рисунок 2. ИК-спектральный анализ отходов косточек фруктовых плодов

Такие процессы приводят к образованию макро- и микропор между угольными сорбентами, полученными под воздействием высокой температуры.

В третьей главе диссертации «Исследование физико-химических, механических и адсорбционных свойств активированного угля, полученного на основе плодового зерна» представлены результаты изучения адсорбции паров бензола на термических и термохимических активированных угольных адсорбентах одновременно при температуре 800°C, структурно-сорбционных показателей адсорбентов, теплоте и энтропии адсорбции.

Величина сорбции бензола на угольном адсорбенте, активированном термической активацией косточек плодов при 800-900°C в 10% растворе H₂SO₄, составляет: 1,32 раза у АУО-74.5, 1,25 раза у АУО-136, 1,36 раз у АЖУ-136 меньше. Установлено, что в интервале температур 800-900°C происходит увеличение количества сорбции, изменение термически и термохимически активированного сорбента и его структурной структуры.

При температуре 800-900°C по сравнению с сорбентами, активированными термическим методом водяным паром, наблюдалось поглощение большого количества молекул бензола при P/Ps=0,1-0,2 при

температуре, равной относительному давлению. Изучены изотермы адсорбции этих образцов с парами бензола АУО-74,5, АУО-136, АУО-111, АУП-78, АУП-98.

Таблица 2

Структурно - сорбционные показатели по адсорбции паров бензола активированным углем

Сорбент	Температура, 800-900° С	вместимость пола, a_m , моль/кг	поверхность сорбента, $S \cdot 10^{-3}$, м ² /кг	Скорость сорбции a_s , моль/кг
АУУ-136	-	1,07	260	2,64
	водяной пар	2,4	482	3,86
АУУ-74,5	-	1,05	243	2,52
	водяной пар	1,85	438	3,8
АУУ-111	-	0,9	169	2,1
	водяной пар	1,57	379	3,4
АУП-78	-	0,66	178	2,2
	водяной пар	1,46	364	3,2
АУП-98	-	0,73	182	2,3
	водяной пар	1,44	365	3,1

Таблица 3

Объемы пор активированного угля для адсорбции паров бензола

Сорбент	Температура, 800-900°С	$W_0 \cdot 10^3$	$V_s \cdot 10^3$	$W_{me} \cdot 10^3$	Средний радиус пор $r_{\text{ср}}$, Å
АУУ-136	-	0,208	0,245	0,023	17,9
	водяной пар	0,275	0,345	0,047	13,8
АУУ-74,5	-	0,210	0,225	0,022	18,1
	водяной пар	0,283	0,334	0,041	14,9
АУУ-111	-	0,145	0,186	0,032	21,2
	водяной пар	0,258	0,302	0,033	15,4
АУП-78	-	0,165	0,195	0,024	22,5
	водяной пар	0,235	0,284	0,026	15,1
АУП-98	-	0,161	0,207	0,034	22,8
	водяной пар	0,259	0,274	0,021	15,6

По изотермам адсорбции исследованных систем установлено, что после сжигания отходов абрикосовых косточек АУО-136 800°С термически активированного угля увеличивается в 2 раза, а при термохимической активации при 800-900°С - в 3-3,5 раза. Объем мезопор по отношению к объему адсорбции АУО-136-800 - 22,5%, АУО-74,5-800 - 10%, АУО-111-800 9,8%, АУП-78-800-18,6 % и АУП-98-800-21,5%.

Каждый металл расходуется в различной совместной концентрации (SCN-) при образовании металлокомплекса для адсорбции на активированном угле. Концентрация металлов в исходном растворе не

превышает 0,30 ммоль/л. В технологии абсорбции в металлокомплексном состоянии в растворах очень важную роль играет концентрация роданида в растворе. Экспериментальные точки описываются силовыми уравнениями Фрейндлиха. Ряд селективности адсорбции на активированном угле в виде металлокомплексов представлен ниже в таблице 4.

Таблица 4

Ряд селективности сорбции металлов

Ряд	Металл	SCN	Количество комплекса координационный
1	Au	7	2,0
2	Ag	3,2	2,2
3	Hg	5,6	2,2
4	Hg	3,9	2,4
5	Ag	0,5	2,4
6	Hg	3,6	3,2
7	Hg	3,9	3,6
8	Cu	6,8	2,3
9	Ni	2,6	4,1
10	Hg	1,5	4,1
11	Cu	3,4	3,2
12	Cd	3,2	3,4
13	Cu	0,6	4,5
14	Fe (II)	3,0	6,1
	Fe (III)	3,0	6,0
	Co	3,0	6,0

Для золота увеличение количества свободных комплексов роданида существенно не влияет на изотерму адсорбции. Наблюдалось небольшое уменьшение изотермы адсорбции серебра. С увеличением концентрации свободного роданида в растворе сорбция меди, цинка, кадмия и Hg активированным углем существенно снижается. Cu, Zn, Cd, Au, Ag и Hg поглощаются меньше. В таблице металлроданидные комплексы в ряду по селективности сорбции на активированном угле расположены в порядке возрастания координационного числа. Уменьшение сорбции с увеличением концентрации свободного роданида происходило в изменении координационного числа в определенном диапазоне концентраций роданида.

В технологии абсорбции роданидов металлов активированным углем большое значение следует уделять концентрации роданида в растворе, количество роданида останется в перерабатываемой руде. При этом максимальная концентрация руд (металлов) в роданидных растворах (пульпах), переработанных по технологии сорбции металлов углем, определена на основе роданирования золота и серебра 45; медь 350; цинк 550; железо 250; ртуть 150; израсходуется роданид кадмия 25 мг/л.

Исследования проводились в растворах NaOH 14 ммоль/л, NaCN 41 ммоль/л. Полученный результат рассчитывали по уравнению изотермы Фрейндлиха:

$$E = K \cdot C^{1/n}$$

E - вместимость угля, мг/г

C - равновесная концентрация в растворе, мг/л

$K_{\text{фн}}$ - Константы уравнения Фрейндлиха.

$K_{\text{ад}}$ – константа адсорбентов приведена в таблице 3.5.2.

Увеличение концентрации NaCN не влияет на сорбцию Au, слабо влияет на сорбцию Ag и существенно снижает сорбцию Cu, Hg, Zn и Cd.

Целью исследования сорбционных процессов технологии является оптимизация извлечения Au как основного продукта, в связи с чем целесообразно изучение сорбции других металлов в процессе сорбции золота. Полученные данные позволили определить максимальную мощность угля, теоретически достижимую в реальном технологическом процессе, для каждого исследуемого металла (табл. 5).

Таблица 5

Константы изотермы Фрейндлиха для комплексов цианидов металлов с различной концентрацией свободных цианидов

Металлы	Концентрация NaSCN, ммоль/л	K	N
Au	4-41	8,9	1,9
Ag	4,1	3,7	2,5
	41	2,2	1,9
Hg	4,1	3,5	2,8
	14	1,8	2,4
	41	0,86	2,1
Ni	4,1	0,31	1,2
	14	0,52	2,5
	41	0,34	1,4
Zn	4,1	0,094	1,7
	14	0,047	1,5
	41	0,036	1,6
Cd	4,1	0,057	1,3
	14	0,054	1,5
	41	0,044	1,7
Cu	4,1	0,11	2,2
	14	0,036	1,7
	41	0,033	2,3

Для определения селективности сорбции одного металла с другим сравнивали их изотермы сорбции, приведенные в координатах ммоль/л - ммоль/г. Например, на рисунке 3. приведены изотермы, полученные при концентрации NaCN 14 ммоль/л.

По результатам экспериментальных испытаний концентрация раствора NaSCN (4,1; 14,0; 41,0 ммоль/л) для активированного угольного сорбента АУП-158 составляет:

$Au > Ag > Hg > Ni > Zn \sim Cd \sim Cu$

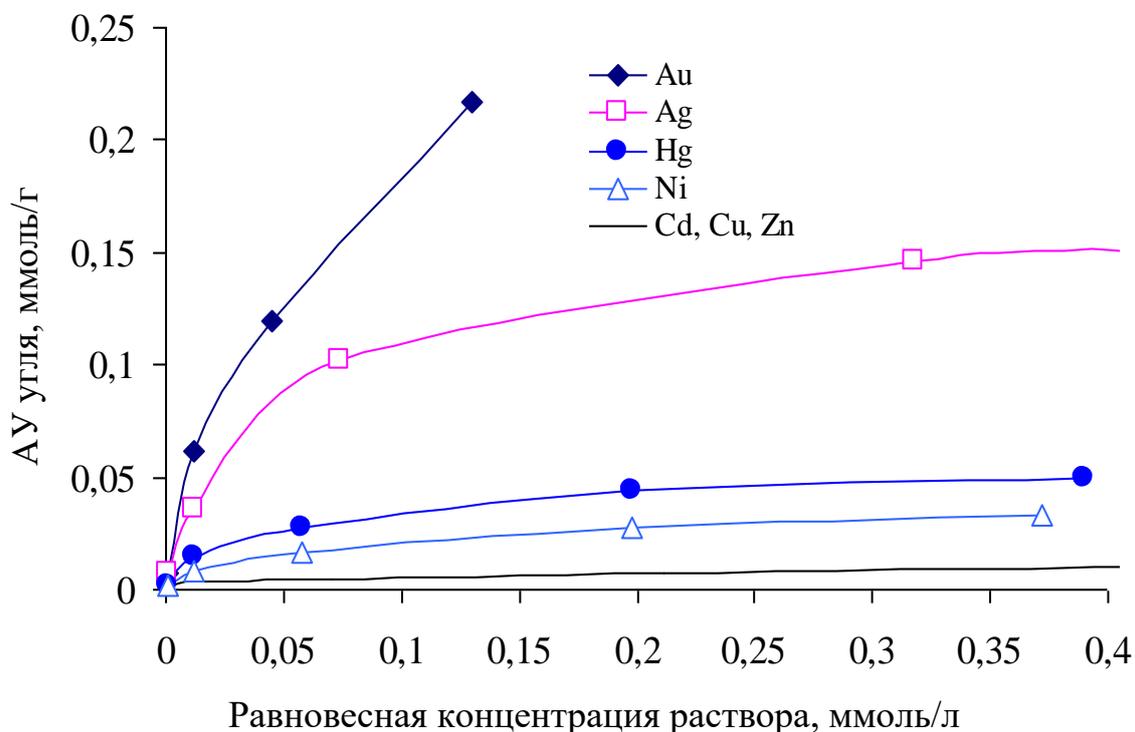


Рисунок 3. Изотермы сорбции металлов из монокомпонентных растворов с концентрацией NaSCN 14 ммоль/л.

Коэффициент уравнения изотермы Фрейндлиха для полученных кривых равен 2,30; коэффициенты К - 8,9 и 9,7 получены для исходных и молотых углей соответственно. Так, при уменьшении среднего размера частиц угля более чем в 30 раз его равновесные сорбционные свойства повышаются на 9%. Видно, что изотермы сорбции золота для менее рафинированных фракций угля отличаются менее чем на 9% от изотермы для исходного угля. На основе этого разработан усовершенствованный метод определения изотерм сорбции, отличающийся предварительным измельчением активированного угля и разделением класса крупности $-0,5+0,2$ мм, а затем проводятся сорбционные эксперименты. Еще одним важным условием является удаление угольной пыли, налипшей на гранулы активированного угля: это достигается продувкой угля воздухом или промывкой его дистиллированной водой с последующей сушкой. Методика позволяет сократить продолжительность экспериментов с нескольких дней до нескольких часов.

По полученным значениям изотерм можно определить ряд селективности сорбции из поликомпонентного раствора:

$Au > Ag > Hg > Ni > (Zn, Cu, Cd)$ 4,1 ммоль/л (0,2 г/л) в NaCN

$Au > Ag > Ni > Hg > (Zn, Cu, Cd)$ 41 ммоль/л (2,0 г/л) в NaCN

В целом они соответствуют диапазону селективности, полученному для индивидуальных растворов. Таким образом, качественные законы сорбции, полученные для индивидуальных растворов, можно использовать для описания сорбции из многокомпонентных растворов.

Сорбент из активированного угля сравнительно лучше других металлов поглощает золото от примесей. Изотерма сорбции многокомпонентного раствора сорбируется меньше, чем индивидуальных растворов (рис. 4).

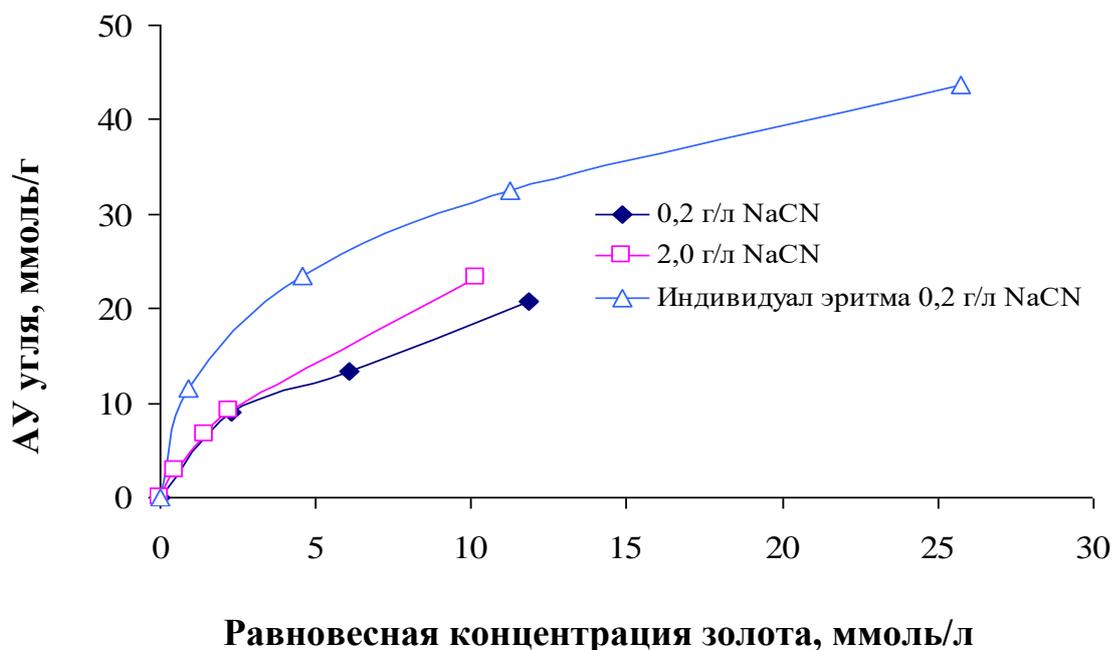


Рисунок 4. Изотермы сорбции золота из индивидуальных и многокомпонентных растворов

На основании полученных результатов был разработан способ переработки золотомедных руд, что позволяет отбирать золото из рудной продукции с содержанием золота в 2-3 раза ниже содержания меди.

В четвертой главе диссертации «Изучение свойств образцов активированного угля по поглощению цветных и редких металлов из растворов и методы практического применения» представлено производство и применение адсорбента на основе плодовых косточек и отходов. Получены активированные адсорбенты в 10% растворе H_2SO_4 при $800\text{ }^{\circ}C$.

Образующиеся газы содержат насыщенные и ненасыщенные углеводороды (CH_4 , C_2H_6 , C_2H_2 и др.), которые могут быть использованы в качестве топлива для многих процессов органического синтеза или пиролиза. Полученные адсорбенты измельчают с помощью измельчителя, а затем с помощью сит разделяют на фракции до определенного размера.

Навоийский рудник использовался в составе металлургического комбината для извлечения редких металлов из технологических смесей, очистки нефтепродуктов от сернистых соединений, очистки сточных вод. На сегодняшний день на «Навоийском горно-металлургическом комбинате» по

извлечению редких металлов из технологических смесей, а затем на Бухарском нефтеперерабатывающем заводе сера и серосодержащие соединения в авиационном керосине очищаются адсорбционным методом.

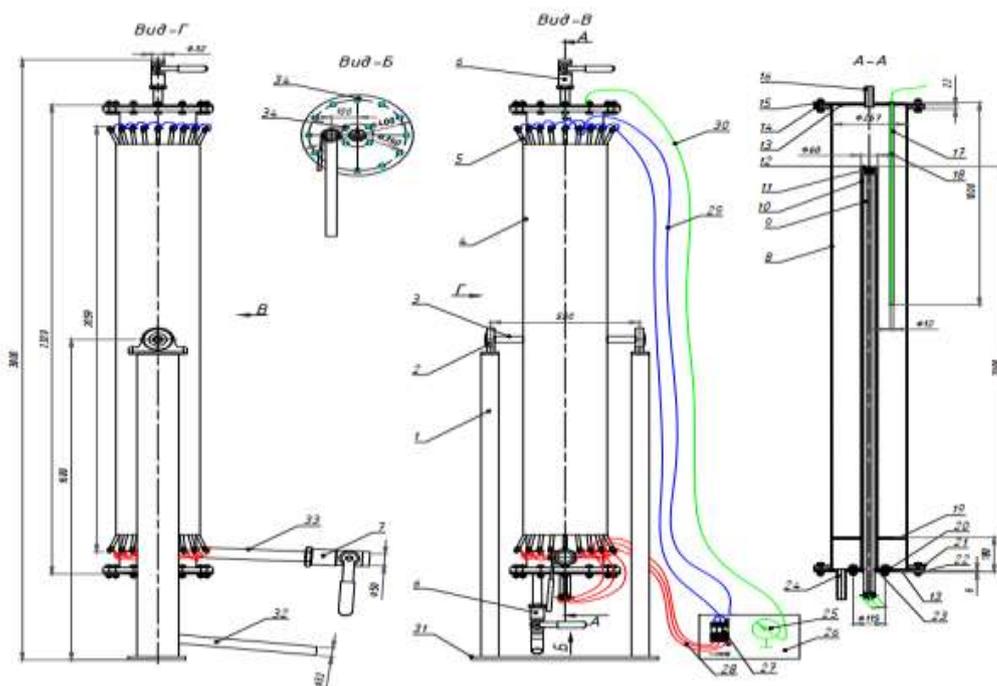


Рисунок 5. Устройство для извлечения адсорбента из отходов плодовых косточек.

В лабораторных условиях проведено извлечение золота из технологических смесей НКМК с угольными адсорбентами различной крупности, полученных на основе местных плодовых косточек и отходов. Полученные результаты представлены в таблице 6.

**Таблица 6
Адсорбция золота из технологической смеси «НКМК» на адсорбентах**

Название	NaCN показатель			Результаты цианирования							
	Час поглощения	Концентрация NaCN мг/л	рН	Количество г/т				Поглощён Au %	Расход реагента мг/т (100%)		
				Растворитель Au	Растворитель, мг/т	ФК Ю мг/т	Количество растворителя Au				
АУК	24,0	1000	1000	10,6	8,1	<0,2	0,06	0,67	91,7	4,1	1,45
АУУ-136	24,0	1000	1000	10,7		<0,2	0,05	0,68	91,6	4,0	1,5
АУО	24,0	1000	1000	10,6		<0,2	0,06	0,67	91,7	4,0	1,45
АУУ-98	24,0	1000	950	10,5		<0,2	0,06	0,68	91,6	4,2	1,45
Jacob i	24,0	1000	970	10,6		<0,2	0,06	0,67	91,7	4,1	1,6

Из полученных результатов видно, что поглощение золота в активированных угольных адсорбентах размером 2-3 мм, термически и термохимически активированных при 800°C АУУ-74,5, АУУ-136, составляет 91,7%, а в АУЖ-136, АУО-Аг-136 91,6%, адсорбент **Jacobi**, полученный для сравнения, составил 91,7%.

Углеродные адсорбенты, термохимически активированные при температуре 800°C, на основе стручков плодовых зерен применены в процессах абсорбции цветных металлов в промышленных масштабах струйной очистки керосина. С этой целью были проведены лабораторные испытания по очистке данных углеродных адсорбентов от сернистых соединений реактивного керосина, производимого на Бухарском нефтеперерабатывающем заводе. Полученные результаты экспериментальных испытаний представлены в таблице 3.

ВЫВОДЫ

По результатам исследований, проведенных по теме диссертации «Разработка технологии использования активированного угольного сорбента для извлечения цветных металлов из гидрометаллургических растворов», представлены следующие выводы:

1. Определены оптимальные условия получения активированного угольного сорбента путем активации отходов косточек плодов при различных температурах: использовались растворы кислот и солей различного процентного содержания.

2. Изучена физико-химическая, механическая сорбция паров ацетона и бензола сорбентами. Установлено, что АУУ-74.5, АУУ-136, АУУ-Аг-74.5, АУУ-Аг-136, АЖУ-136, АУП-158 увеличивают площадь поверхности по следующему ряду.

3. Изучена сорбция монокомпонентных и поликомпонентных растворов активированного угля АУП-158. Определено влияние температуры, состава гранул, концентрации раствора на процесс сорбции. Установлено, что степень поглощения металлов из раствора активированным углем АУУ-158 зависит от количества цианидов в растворе и количества образуемых ими комплексных соединений с цианидами.

4. Установлено, что увеличение количества цианида в растворе отрицательно влияет на абсорбцию цветных металлов, не влияет на сорбцию металлического золота и проявляет селективное свойство по отношению к нему.

5. Механическая прочность полученного активированного угля была проверена по требованиям ГОСТа и составила 99,0% и 98,2%.

6. Ожидаемый экономический эффект от производства активированного угля составил 178861735 тыс.сум.

7. Разработан технологический регламент и технологические условия получения активированного угольного сорбента.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING OF SCIENTIFIC DEGREES
DSc 02/30.14.2019.K/T.35.01 AT INSTITUTE OF GENERAL AND
INORGANIC CHEMISTRY**

INSTITUTE OF GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY

ISOKOV YUSUF KHORIDDINOVICH

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR USING ACTIVATED COAL
IN THE PROCESS OF SEPARATING NON-FERROUS METALS FROM
HYDROMETALLURGICAL SOLUTIONS**

02.00.11 -Colloidal and Membrane Chemistry

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

Tashkent - 2024

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 the number B2023.1.PhD/K3435

Dissertation was carried out at the Institute of General and Inorganic Chemistry.

The abstract of the dissertation in three languages (Uzbek, Russian and English) is posted on the web page of Scientific council at the address of www.inp.uz and Information-educational portal «Ziyonet» (www.ziyonet.uz).

Research supervisor:	Yodgarov Normaxmat Doctor of chemistr sciences, Professor
Official opponents:	Xurmamatov Abdug'offor Mirzabdullayevich Doctor of Technical sciences, Professor
	Eshmetov Rasulbek Jumyazovich Doctor of Technical sciences.
Leading organization:	Fergana Polytechnic Institute

The defense will take place on the «04» iyun 2024 at 14⁰⁰ at the meeting of Scientific council DSc 02/30.14.2019.K/T.35.01 at Institute of General and Inorganic Chemistry, Tashkent Chemical-technological Institute, (Address: 100170, Tashkent, Mirzo Ulugbek Str., 77-a, ph: (+99871) 262-56-60; fax: (+99871) 262-79-90; e-mail: ionx@academy.uz).

The dissertation can be reviewed at the Information Resource center of Institute of General and Inorganic Chemistry, (is registered number No 13). Address:100170, Tashkent, Mirzo Ulugbek Str., 77-a, ph: (+99871) 262-56-60; fax: (+99871) 262-79-90).

Abstract of dissertation sent out on «16» may 2024 year
(mailing report №13 from «16» may 2024 year.).



B.S. Zakirov

Chairman of the on-time scientific Council
awarding scientific degrees,
of doctor chemical sciences, professor

D.S. Salikhanova

Chairman of the on-time scientific Council
awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor

I.D. Eshmetov

Chairman of the Scientific Seminar
at the scientific council for the award
sciences degrees, doctor of technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of the dissertation of Doctor of Philosophy (PhD))

Purpose of the study. It consists of the development and practical testing of technology for the production of carbon-selective adsorbents based on local raw materials for the extraction of rare metals from hydrometallurgical solutions.

Subject of research. The subject of research is the development of pods of fruit trees, walnuts, apricots, chestnuts, bitter almonds and the technology of separating non-ferrous and rare metals from hydrometallurgical solutions.

The scientific novelty of the study is as follows:

for the first time, products of pyrolysis of waste tree seeds, such as walnuts, apricots, peaches, bitter almonds, were obtained by steam method and thermochemical treatment at a temperature of 800-900⁰C, activated carbon adsorbents were obtained (FOK, FOK-136, FOK-111, FShK-78, FShK-98, FShK-158, FShK-74.5, FOK-Ar-74.5, FOK-Ar-136), optimal conditions have been developed and the technological process system has been created; using modern physical and chemical methods IR, SEM. EA, DTA determined the composition, structure, ash content, porosity, surface properties and thermal stability of activated adsorbents; in a systematic study of the temperature-concentration dependence of cyanide complexes of rare and non-ferrous metals, the selectivity of activated carbon adsorbents and the equilibrium parameters of the sorption process were determined based on the coordination number of the complex and the selectivity sequence (0.014 -0.024 mmol/l NaCN) Au > Ag > Hg > Ni > Zn ~ Cd ~ Cu;

The main patterns of absorption of iodine, benzene, ethanol and water vapor by activated carbon obtained from peach and apricot seeds were studied, on their basis the number of meso- and macropores on the surface of the sorbents was determined and the laws of adsorption were established, their activity for benzene was 22.5% or 115 .2 m²/g; compared to iodine, it was determined that it increased by 75% and the surface area by 1025.8 m²/g;

the influence of thermal and steam-water activation methods on the adsorption characteristics of adsorbents, their structural pore size based on the equations of the theory of volumetric saturation of micropores;

Carbon adsorbents obtained on the basis of fruit grains (peaches) at the Navoi Mining and Metallurgical Plant determined the optimal conditions for the absorption of precious and non-ferrous metals.

The practical result of the research is as follows:

the optimal conditions of activation of the adsorbent obtained on the basis of local fruit tree nuts, apricots, chestnuts, bitter almond pods were determined and it was based on obtaining activated selective carbon sorbent through its chemical processing; activated carbon production technology based on local fruit seeds has been developed; energy-efficient technology used in the process of obtaining activated carbon sorbent was created.

The structure and scope of the thesis:

The content of the thesis consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a bibliography and annexes. The volume of the thesis is 124 pages.

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

I bo'lim (I часть; I part)

1. Ф М Юсупов., Н. Ёдгаров., С К Юсупов., Ю.Х.Исоков., А.А Кучаров
Уголь: активирование, обогащение, переработка и применение - Т. Изд.
«Бизнес полиграф», 2022 г. – 250 с
2. Исоков Ю.Х., Ёдгаров Н., Султонов С.Б., Development of thermochemical
carbon adsorbents based on fruit seeds and application in sorption of rare
metals UNIVERSUM ТЕХНИЕСКИЕ НАУКИ Выпуск: 10(103) октябрь
2022 Часть 7 5-8 (02.00.00 №1)
3. Исоков Ю.Х., Ёдгаров Н., Юлдашев Н.Х. Фаоллаштирилган кўмирни
рангли металлар сорбцияси селективлигини ўрганиш // O`zbekiston neft
va gaz ilmiy-texnika jurnali №1 2023 44-47 б (02.00.00 №1)
4. Isokov Y.X., Yodgorov N., Sultonov S.B. Adsorption of organic compounds
to modified active carbons // Scientific and technical journal of Namangan
institute of engineering and technology №3 2019 141-146 pp (05.00.00.,
№33)
5. Исоков Ю.Х., Ёдгаров Н., Зиёев Б.Т. Очистка соединений серы,
содержащихся в аэроперозине, активированным углем // Фан ва
технологиялар тараққиёти №3 2023 125-129 б (05.00.00 №239/5)

II бўлим (II часть; II part)

6. Yusuf Isokov., Normaxmat Yodgarov., Sadulla Sultonov and Sanjar Khalilov
Effects of aviation kerosene contents on the environment and method of its
cleansing. // E3S Web of Conferences **264**, 01050 (2021)
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126401050> CONMECHYDRO – 2021
7. Исоков Ю.Х., Курбонов А.Р. Керосинни тозалашда махаллий
хомашёлардан олинган сорбентдан фойдаланиш.// Актуальные
проблемы внедрения инновационной техники и технологий на
предприятиях по производству строительных материалов, химической
промышленности и в смежных отраслях ФарПИ 24-25 май Фаргона 2019.
Б 300-303.
8. Исоков Ю.Х., Ёдгаров Н., Юсупов Ф.М. Султонов С.Б. Очистка
отработанных растворов МДЭА активированных углем АУ-КП.//
интеграция науки образования и производства-важнейший фактор в
реализации инвестиционных проектов нефтегазовой отрасли материалы
республиканской научно-технической конференции 1ноября Ташкент
2019– С 315-318.
9. Исоков Ю.Х., Ёдгаров Н. Очистка отработанных растворов ДЭА
активированных углем АУ-КО.// Актуальные вопросы современной
науки Материалы II международной научно-практической конференции
12 декабря США 2019. – С 89-93

10. Исоков Ю.Х., Ёдгаров Н. Спосиба получения активированого угля.// Технология оргпических веўеств Материалы докладов 84-й научно-технической конференции, посвященной 90-лєтному юбилею БГТУ и Дню белорусской науки (с международным участием) 3-14 февраля Минск 2020. – С 218-221.
11. Исоков Ю.Х., Ёдгаров Н. Адсорбция органических соединений модифицированным активным углям.// Material XVI mezinarnodni vedecko- prakticka konference Praha Publishing House Education and Science 2019. – С 22-26.
12. Исоков Ю.Х., Ёдгаров Н., Юсупов Ф.М. Разработка и исследования сорбционного способа очистки воды.// Инновационные подходы в современной науке международной научно-практической конференции № 24 (60) Декабр Москва 2019. – С 130-133.
13. Исоков Ю.Х., Ёдгаров Н., Султонов С.Б., Кучаров. А. А. Фаоллантирилган кўмир билан углеводородларни олтингугуртли бирикмалардан тозалаш.// Кимёнинг долзарб муоммолари Профессор-ўқитувчилар ва ёш олимларнинг илмий-амалий анжумани материаллари 4-5 февраль Тошкент 2021. – Б 41.
14. Исоков Ю.Х., Ёдгаров Н., Юсупов Ф.М., Курбонов А.Р., Халилов С.У. Дарахт поялари асосида фаоллантирилган кўмир олиш.// Ilim fan taraqqiyotida zamonaviy metodlarning qo`llanilishi mavzusidagi ilmiy onlayn konferensiya to`plami. 3-son 27.09.2020. – Б 62-65.
15. Исоков Ю.Х., Ёдгаров Н., Кенжаев А.Қ. Фаоллаштирилган кўмир ёрдамида чўлларда шўрланган сувларни тозалаш.// Материалы международной конференции Инновационное развитие нефтегазовой отрасли, современная энергетика и их актуальные проблемы 26 май Ташкент 2020 – Б 692-693.
16. Исоков Ю.Х., Ёдгаров Н., Бектурдиев Ф.М. Махаллий хом-ашёлардан активланган кўмир олиш ҳамда уни нефтни қайта ишлашда чиқинди оқова сувларни тозалашда қўллаш.// Инновационные разработки в сфере химии и технологии топлив и смазывающих материалов. III Международная научно-техническая конференция 19-20 сентябрь Ташкент 2019-г – Б 176-179.
17. Исоков Ю.Х., Ёдгаров Н. Нефт ва газни қайта ишлашда махаллий хомашёдан олинган сорбентдан фойдаланиш.// «XXI асрда илм-фан тараққиётининг ривожланиш истиқболлари ва уларда инновацияларнинг тутган ўрни» мавзусидаги республика илмий 10-онлайн конференцияси материаллари. Тошкент 2019 – Б 79-81.
18. Исоков Ю.Х., Ёдгаров Н., Юсупов Ф.М. Махаллий хом-ашёлардан активланган кўмир олиш ҳамда уни нефть газни қайта ишлашдаги чиқинди оқова сувларни тозалашда қўллаш.// кимё фани ва таълимнинг долзарб муоммолари мавзусидаги республика илмий- амалий анжумани материаллари 29 октябрь Фарғона-2019 – Б 93-95.

19. Исоков Ю.Х., Ёдгаров Н., Курбонов А.Р. Application of activated coal for the extraction of Cu^{2+} and Ag^{2+} from hydrometallurgy c solutions.// Materily XXI miedzynarodowej naukow-icznej konferencji kluczowe aspekty naukowej dzialanosci Przemysl Nauka i studia 2020. – P 43-46.
20. Исоков Ю.Х., Ёдгаров Н., Юсупов Ф.М., Бектурдиев Г.М. Получение, физико-химические свойства и испытание активированных углей из скорлупы ореха.// интеграция науки образования и производства-важнейший фактор в реализации инвестиционных проектов нефтегазовой отрасли материалы республиканской научно-технической конференции 1 ноября Ташкент 2019– С 319-321.

Автореферат « _____ » журналі
тахририятида тахрирдан ўтказилиб, ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги
матнлар ўзаро мувофиқлаштирилди.

Босмахона лицензияси:



9338

Бичими: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» гарнитураси.
Рақамли босма усулда босилди.
Шартли босма табағи: 3,5. Адади 100 дона. Буюртма № 1/24.

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