

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ ХУЗУРИДАГИ  
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.03/30.12.2019.К/Т.04.02  
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШИ**

---

**НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ**

**НАБИЕВ АБДИСАМАТ НАБИЕВИЧ**

**ПОЛИАНИЛИНЛИ КОМПЛЕКС СОРБЕНТЛАР АСОСИДА САНОАТ  
КОРХОНАЛАРИНИНГ ОҚАВА СУВЛАРИ ВА ЧИҚИНДИ  
ГАЗЛАРИНИ ТОЗАЛАШ**

**11.00.05-Атроф-мухитни муҳофаза қилиш ва табиий ресурслардан оқилона  
фойдаланиш**

**КИМЁ ФАНЛАРИ ДОКТОРИ (DSc)  
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

**Тошкент – 2020**

**Фан доктори (DSc) диссертацияси автореферати мундарижаси**

**Оглавление автореферата диссертации доктора наук (DSc)**

**Contents of the dissertation of doctor of science (DSc)**

**Набиев Абдисамат Набиевич**

Полианилинли комплекс сорбентлар асосида саноат корхоналарининг оқава сувлари ва чиқинди газларини тозалаш..... 3

**Набиев Абдисамат Набиевич**

Очистка выхлопных газов и сточных вод промышленных предприятий на основе полианилиновых комплексных сорбентов..... 25

**Nabiyev Abdisamat**

Cleaning of exhaust gases and waste water of industrial enterprises name basis of polyanilinum complex sorbents..... 45

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ  
List of published works..... 49

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.03/30.12.2019.К/Т.04.02  
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШИ**

---

**НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ**

**НАБИЕВ АБДИСАМАТ НАБИЕВИЧ**

**ПОЛИАНИЛИНЛИ КОМПЛЕКС СОРБЕНТЛАР АСОСИДА САНОАТ  
КОРХОНАЛАРИНИНГ ОҚАВА СУВЛАРИ ВА ЧИҚИНДИ  
ГАЗЛАРИНИ ТОЗАЛАШ**

**11.00.05-Атроф-мухитни муҳофаза қилиш ва табиий ресурслардан оқилона  
фойдаланиш**

**КИМЁ ФАНЛАРИ ДОКТОРИ (DSc)  
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

**Тошкент – 2020**

Докторлик диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2019.2.DSc/K67 рақам билан рўйхатга олинган.

Докторлик диссертацияси Навоий давлат кончилик институтида бажарилган

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб саҳифаси (tkti.uz) ҳамда "Ziynet" Ахборот таълим порталида (www.ziynet.uz)

Илмий маслаҳатчи : **Муҳиддинов Баҳодир Фахриддинович**  
кимё фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар: **Муталлов Шухрат Аҳмаджонович**  
кимё фанлари доктори, профессор

**Муҳамедов Кабилджан Гафурович**  
техника фанлари доктори, доцент

**Сидиков Абдужалол Сидикович**  
кимё фанлари доктори, профессор

Етакчи ташкилот: **Умумий ва неорганик кимё институти**


Диссертация ҳимояси Тошкент кимё-технология институти ҳузуридаги DSc.03/30.12.2019.K/T.04.02 рақамли Илмий кенашнинг 2020 йил 20 июнь соат 11<sup>00</sup> даги мажлисида бўлиб ўтди (Манзил: 100011, Тошкент шаҳар Шайхонтоҳур тумани, А.Навоий кўч., 32. тел: (99871) 244-79-20, факс: (99871)244-79-17, e-mail: info@tkti.uz ).


Докторлик диссертацияси билан Тошкент кимё-технология институти Ахборот ресурс марказида танишиш мумкин 101 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100011, Тошкент шаҳар Шайхонтоҳур тумани, А.Навоий кўч.32, тел: (99871) 244-79-20).

Диссертация автореферати 2020 йил «15» 06 кунин тарқатилган  
(2020 йил «15» 06 даги №5 рақамли реестр баённомаси )



  
**Х.Л.Пулатов**  
Илмий даражалар берувчи илмий кенаш  
раиси, к.ф.д, доцент

  
**Ф.Б. Игитов**  
Илмий даражалар берувчи илмий  
кенгаш котиби, кимё фанлари  
бўйича фалсафа доктори

  
**Р.С.Сайфуддинов**  
Илмий кенгаш ҳузуридаги илмий  
семинар раиси, техника фанлари доктори,  
профессор

## Кириш (фан доктори (DSc) диссертацияси аннотацияси)

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Бугунги кунда дунёдаги илмий изланувчиларнинг асосий диққат эътиборини атроф мухитни химоя қилиш ва табиат ресурсларидан оқилона фойдалинишдек долзарб масалалар жалб этмоқда. Ҳозирги куннинг глобал муаммоларидан бири бу табиатни муҳофаза қилиш ва саноат корхоналарини чиқинди газларини тозалаш ҳамда оқова сувларини тозалашдир. Сорбцион хусусиятга эга бўлган ион-алмашувчи полимерлардан кенг кўламда фойдаланиб келинмоқда. Хусусан, арзон маҳаллий хом-ашёлар ва осон топиладиган иккинчи даражали материаллар асосида олиниши мумкин бўлган полимерли сорбентларни саноат корхоналарининг оқова сувларни тозалашда кўп жиҳатдан ишлатилиши фан ва техниканинг замонавий ютуқларидан қўллаб фойдаланиш муҳим аҳамиятга эга.

Жаҳонда янги экологик хавфсиз, мақсадга йўналтирилган полианилинли комплекс сорбцион материалларни яратиш соҳасидаги тадқиқотларнинг истиқболи кўплаб техник муаммоларни ҳал қилиш, шунингдек, улар учун хом-ашё базасини кенгайтириш бўйича тегишли ечимларни илмий асослаш, хусусан, полианилин билан поликислоталарни фрактал усулларида ўзаро реакцияга киришиши натижасида янги полимер сорбцион материаллар олиш; электро-фрактал усулда полианилинли комплекс сорбентларни синтез қилишнинг оптимал шароитларини аниқлаш; таркибида оғир металл ионлари бўлган оқова сувларни тозалашни ва саноат корхоналари чиқинди газларни тозалаш технологиясини ишлаб чиқиш муҳим аҳамият касб этади.

Республикада маҳаллий хом-ашёлар асосида янги фрактал структурали полианилинли комплекс сорбентлар олиш ва улар асосида саноат корхоналарнинг чиқинди газларини ва оқова сувларини тозалаш, борасида кўплаб илмий ва амалий натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегиясида «юқори технологияли қайта ишлаш тармоқларини, энг аввало, маҳаллий хом-ашё ресурсларини чуқур қайта ишлаш асосида юқори қўшимча қийматли тайёр маҳсулот ишлаб чиқаришни жадал ривожлантиришга қаратилган сифат жиҳатидан янги босқичга ўтказиш орқали саноатни янада модернизация ва диверсификация қилиш»<sup>1</sup> вазифалари белгилаб берилган. Бу борада, полианилинли комплекс сорбентларни янги усулларда ҳосил қилиш ва шу сорбентлар асосида чиқинди газларини ва оқова сувларини тозалашга, йўналтирилган илмий тадқиқотлар муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини

---

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

ривожлантиришининг бешта устувор йўналиши бўйича «Харакатлар стратегияси» тўғрисидаги Фармони ва 2018 йил 25 октябрдаги ПҚ-3983-сон «Ўзбекистон Республикасида кимё саноатини жадал ривожлантириш чоратабирлари тўғрисида»ги Қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг республика фан ва технологияларини ривожланишининг устувор йўналишларига боғлиқлиги.** Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг IV. «Атроф-муҳитни муҳофаза қилиш ва табиий ресурслардан оқилона фойдаланиш» устувор йўналишларига мувофиқ бажарилган.

**Диссертациянинг мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотлар шарҳи<sup>2</sup>.** Полианилин ва поликислоталар асосида полианилинли комплекслар ва улар асосида полианилинли комплекс сорбентларни олиш ва уларнинг хоссаларини тадқиқ қилишга йўналтирилган илмий изланишлар жаҳоннинг етакчи илмий марказлари ва олий таълим муассасалари, жумладан, Institute for Global Environment Strategies (IGES) (Japan), Nanyang Technological University (NTU) (Singapore), Environment Canada's National Water Research Institute (NWRI) (Canada), National Research Council (USA), Safe Drinking Water Committee, Belhim (Белорус Республикаси), Technical Adviser (Chemical) Government of Gujrat Industries commissioner (India), VVP Engineering College (India), United States Environment Protection Agency (USA), Institute of Chemical Engineering, Bulgarian Academy of Science (Bulgaria), Санкт-Петербург давлат технология институти (Россия Федерацияси), Ўзбекистон Миллий университети, Тошкент кимё-технология институти, Умумий ва ноорганик кимё институтида, Навоий давлат кончилик институтларида (Ўзбекистон) олиб борилмоқда.

Полианилинли комплекс сорбентлар асосида саноат сувларини тозалаш ва чиқинди газларни тозалашга оид жаҳонда олиб борилган тадқиқотлар натижасида қатор, жумладан, қуйидаги илмий натижалар олинган: эритмалардан мис ва бошқа металл ионларини гелполианилинли сорбентлар асосида ажратиб олиш технологиялари ишлаб чиқилгани (National Research Council, АҚШ; Safe Drinking Water Committee, NTU, Сингапур); саноат ва ичимлик сувларини юмшатишнинг янги усули ишлаб чиқилгани (Россия кимё-технология университети, Россия); саноат ва ичимлик сувларини юмшатишда сорбентлардан фойдаланиш технологияси яратилган (VVP Engineering College, Бельгия); катта захирага эга ва арзон маҳаллий хомашёлар асосида термик ва кимёвий барқарор сорбентларни олиш усуллари,

---

<sup>2</sup> Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотлар шарҳи: [www.elsevier.com](http://www.elsevier.com), [www.fundamental-research.com](http://www.fundamental-research.com), [www.elibrary.com](http://www.elibrary.com), [www.edunews.ru](http://www.edunews.ru), [www.dissercat.net](http://www.dissercat.net), Boena N. Kolarz, Piotr P. Wiczorek. Porosity variation and swelling of cation exchangers// *Angewandte Makromolekulare Chemie*, 2003, Erol Pehlivan, Turkan Altun. Ion-exchange of Pb(II), Cu(II), Zn(II), Cd(II) and Ni(II) ions from aqueous solution by Lewatit CNP 80 // *Journal of Hazardous Materials*, 2007 ва бошқа манбалар асосида ишлаб чиқилган.

сувларни органик ва ноорганик бирикмалардан тозалаш технологиялари ишлаб чиқилган (Environment Canada's National Water Research Institute, Канада; Bulgarian Academy of Science, Болгария); сорбцион хусусияти юқори бўлган ионитлар олиш технологиялари ишлаб чиқилган (Хитой); саноат сувларини тайёрлаш учун поливинилхлорид асосида ионитлар олиш технологияси ишлаб чиқилган (Ўзбекистон Миллий университети, Ўзбекистон).

Дунёда саноат корхоналарини оқава сувларини полианилинли комплекс сорбентлар асосида тозалаш бўйича бир катор, жумладан, куйидаги устувор йўналишларда тадқиқотлар олиб борилмоқда: саноат корхоналарини чиқинди газларини ва оқава сувларини тозалашда техник шароитларини яратиш; ва технологик эритмалардан металл ионларини ва кимёвий бирикмаларни ажратиб олиш; юқори сорбцион хусусиятли полианилинли комплекс сорбентлардан самарали фойдаланиш.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Полианилинли комплексларнинг намуналарини янги усулларида синтез қилиш, уларнинг физик-кимёвий хоссаларини ўрганиш ва қўлланиш соҳаларини излаш бўйича тадқиқотлар Y.Shirakava, S.K.Manohar, J.G.Masters, C.E.Asturias, A.G.Mac. Diarmid, Y.Iemuro, S.Nonako, K.Sugino, K.Cirai, R.Kitavaki, R.Heping, G.Bayd, A.Lurre, G.Maneske, H.Heller, G. Yander, V.Slater, C.Harland, А.Б Зезин, В.Б Рогачева, М.Г Томилин, В.Ф Иванов, К.В Чеберяко, А.В Ванников, В.В.Коршак, Тевлинова А.С., Тростянска Е.Б., Даванков А.Б., Лейкин Ю.А., В.А Кабанов, Д.В Пергушов, В.А Изумрудов, Е.Е. Ергожин, Е.А.Бектуров ва бошқаларнинг илмий мактаблари томонидан фаол илмий тадқиқотлар олиб борилган. Ўзбекистонда полианилинли комплекслар ва улар асосида полианилинли комплексли сорбцион материалларни синтез қилиш, олинган намуналарнинг физик-кимёвий ва эксплуатацион хоссаларини тадқиқ қилиш бўйича тадқиқотлар Х.У.Усманов, М.А.Аскарлов, К.С Негматов, С.М Туробжонов, Ш.А Муталов, Б.Ф.Мухиддинов, Ж.К.Авлонов, О.М.Ёриев, А.Ю.Супбеков, К.Х.Разиков, Р.А. Назирова ва бошқа олимлар томонидан полимерлар кимёсининг ҳозирги замон йўналишларининг ривожланишига ўзларининг салмоқли ҳиссаларини қўшишган, айниқса полианилинли комплексларнинг қатор саноат корхоналарининг чиқинди газларини ва оқава сувларини тозаловчи янги сорбцион материалларининг олинишнинг кимёвий – технологик асосларини яратишди.

Юқорида қайд этиб ўтилганлар асосида ва мамлакатимизнинг ҳозирги ҳолатида полианилинларни комплекслари ва улар асосидаги сорбцион материалларини ҳосил қилиш усуллари янада такомиллаштирилди; Полианилинли сорбцион материалларидан янада унумдор фойдаланиш ва улар асосида саноат корхоналарини оқава сувларини ва чиқинди газларини тозалаш жараёнларини илмий равишда ўрганилди. Аниқланишларга кўра электрофракта́л шароитнинг муайян ҳароратларида полианилин билан

поликислоталар орасида ўзаро таъсирланишлар ҳозирга қадар деярлик асосли равишда ўрганилмаган.

Республикамиздаги саноат корхоналари чиқинди газларини ва оқава сувларини полианилинли комплекс сорбентлар асосида тозалаш жараёнларининг техник шароитлари илмий ўрганилди. Юқорида баён этилган илмий ютуқлар ва бугунги мавжуд ҳолатдан келиб чиқиб, республикамиздаги саноат корхоналарини оқава сувлари ва чиқинди газларини полианилинли комплекс сорбентлари асосида тозалаш усулларини такомиллаштириш; оқава сувларни тозалаш учун фрактал структурали полианилин комплексли сорбентларни олиш технологиясини ишлаб чиқиш; технологик эритмалардан металл ионларини ва кимёвий бирикмаларни ажратиб олиш технологияларини яратиш; юқори сорбцион хусусиятларга эга полианилин комплекс сорбентлардан самарали фойдаланиш; қатор саноат корхоналарининг чиқинди газларини тозалаш ва оқава сувларини зарасизлантиришдаги имкониятларни кенгайтириш, атроф-муҳитни муҳофаза қилиш билан инсонлар ҳаёти хавфсизлигини таъминлаш ўз ечимини кутаётган долзарб муаммо ҳисобланиб, ушбу йўналишдаги изланишлар илмий ва амалий аҳамиятга эгадир.

**Тадқиқотнинг диссертация бажарилган олий таълим муассасининг илмий-тадқиқот режалари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Навоий давлат кончилиқ институти илмий-тадқиқот ишлари режасининг ИОТ-2017-7-31 « Саноат корхоналарининг технологик эритмаларидан оғир ва рангдор металл ионларини ажратиб олишнинг самарали усулларини ишлаб чиқишда, полианилин сорбентларини оптимал таркибини ва олиниш технологиясини ишлаб чиқиш» (2017-2018 йй.) мавзусидаги амалий лойиҳа доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** полимер-полимерли фрактал структурали комплексларнинг синтези ва улар асосида олинган сорбентлар асосида ишлаб чиқарувчи саноат корхоналари оқава сувларини ва заҳарли газларини тозалашдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

Фрактал структурали полианилинли комплекслар ва улар асосидаги сорбцион материаллар олишнинг янги усулларини яратиш;

полианилинни чизикли ва тикилган поликислоталар билан сувли – органик эритмалардаги борадиган ўзаро таъсирланишларининг кинетик қонуниятларини ҳамда таъсир этувчи факторларни илмий ўрганиш;

янги олинган полианилинли комплекслар ва улар асосидаги полианилинли сорбцион материалларни физик – кимёвий ва механик хоссаларини илмий ўрганиш;

полианилинли сорбцион материалларнинг техник шароитларини ва полианилинли сорбентлар олиш технологик экспериментал модули қурилмасини ишлаб чиқиш;



саноат корхоналарини чиқинди газларини тозалаш ва оқава сувларини зарасизлантиришда қўлланиладиган полианилинли сорбцион материалларнинг келажакда қўлланилиши натижасида кутиладиган иқтисодий самародорликни ҳисоблаш ва қўлланилиш сохалари имкониятларини илмий ўрганишдир;

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида полианилин, полианилин комплекслари, бентонитли минераллар, ҳамда Навоий ва Бухоро вилоятлари корхоналаридан “Навоиазот” АЖ нинг “Сулфат аммоний” ишлаб чиқариш цехи ва чиқинди сувларининг таркибида “сульфат анилин” тутган “Бухоро - Қоракўл” АЖ корхоналарини чиқиндилари олинди.

**Тадқиқотнинг предмети** термо-, кимёвий барқарор, сорбционлик хоссалари юқори бўлган янги усулларда полианилинли комплекслар ва улар асосидаги полианилинли комплекс сорбентларини синтез қилиш; Юкорида кўрсатилган асосий жараёнларнинг муҳим илмий қонуниятларини аниқлаш, ўрганиш; табиатни муҳофаза қилиш ва табиий ресурсларидан оқилона фойдаланишларда қўлланиладиган юқори иқтисодий самародорликга эга бўлган полианилинли комплекс сорбентларни олишни ишлаб чиқаришни ҳамда уларни саноат корхоналарнинг оқава сувларни ва чиқинди газларини тозалашда қўллаш ҳисобланади.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Диссертацияда кимёвий таҳлил усуллари – УБ, ЯМР, ЭПР спектроскопия, электронли – сканерлаш микроскопияси, потенциометрик титрлаш, Гель-ўтказувчан хроматография, вискозиметрия, ДТА, вольтамперметрия ва бошқа таҳлил усуллари ҳамда жараёнларни моделлаштириш ва математик программалаштириш усулида олинган илмий кўрсаткичлар мукамал ўрганилди.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

илк бор янги усулда фрактал структурали полианилинли комплекслари ва улар асосидаги полианилинли сорбцион материаллар олинган;

полианилинни поликислоталар билан фрактал шароитларда ўзаро таъсирланиш кинетик қонуниятлари илмий ўрганилди ҳамда полианилинли комплекслар ва улар асосидаги сорбцион материалларни оптимал таркиби ва олиш техник шароитлари ишлаб чиқилган;

полианилинли фрактал структурали сорбентлари замонавий физик-кимёвий усулларда таҳлил қилиниб, уларнинг физик-кимёвий механик, сорбционлик ва ишлатилиш хоссалари аниқланган;

олинган фрактал полианилинли комплекслар ва улар асосидаги сорбцион материалларнинг энг муҳим хусусиятлари, шунингдек электр ўтказувчанлиги, термик барқарорлиги, сорбционлик хоссалари ва деструкцияланиш сохалари аниқланган.

полианилинларни поликислоталар билан электрофрактал шароитларда ўзаро таъсирланишини интерполиэлектродит жараёнлардек қарашликни ҳамда олинган фрактал полианилинли комплекслар ва улар асосидаги

сорбцион материаллар ҳарорат ва рН мухитининг кенг интервал қийматлардаги барқарорлиги исботланган;

қатор саноат корхоналари чиқинди газларини ва оқава сувларини тозалаш учун фрактал полианилинли комплекслар ва улар асосидаги сорбцион материалларни олиш жараёнларини экспреминтал модули ишлаб чиқилган;

оқава сувларини ва чиқинди газларини тозалаш технологияси мукамаллаштирилган ва полимер сорбентларни динамик шароитларда регенирация қилиш услублари яратилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

фрактал полианилинли комплекслар ва улар асосидаги сорбцион материалларни янги усулда олиниши ишлаб чиқилган;

саноат корхоналарини чиқиндилари ва иккиламчи хом ашё ресурслари асосида юқори самарали фрактал полианилинли сорбцион материалларни технологик регламент асосида олинадиган лаборатория модули қурилмаси ишлаб чиқилган;

қатор саноат корхоналари чиқинди газларини ва оқава сувларини самарали тозаловчи полианилинли сорбцион материалларни олиш технологик шароити принципиал техник схемалари ишлаб чиқилган;

Фундаментал илмий - тадқиқот ишлари натижалари янги полианилинли сорбцион материалларини чиқиндилар ва иккиламчи саноат хом ашё ресурсларидан олиниши учун муҳим омил сифатида хизмат қилади.

**Тадқиқот натижаларнинг ишончлилиги** тадқиқотнинг хулосалари ва тавсияларнинг асосланганлиги замонавий кимёвий, физик-кимёвий усуллар ва кимёвий тадқиқотлар қўлланилганлиги, ишлаб чиқилган фрактал структурали полианилинли комплекс сорбентларни олиш технологияси, уларнинг қўлланиши тажриба-саноат синовларида апробация қилинганлиги, актлар билан тасдиқланганлиги ҳамда ишлаб чиқаришга қўлланилганлиги билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.**

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти полианилинли комплекслар ва улар асосидаги полианилинли сорбент материалларини асосий кимёвий ва физик-кимёвий хоссаларини ( $\text{HCl}$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ , сорбцияси, сорбцион сиғими, монофункционаллиги ва ғоваклиги) уларни олиш учун яроқли бўлган бошланғич хом-ашёларнинг кимёвий таркиби, физик-кимёвий ва сорбцион хоссаларига корреляцион боғлиқлигининг аниқланганлиги ҳамда полианилинли комплекс сорбентларни ҳар хил турдаги ассортиментларини кенгайтиришга имкон яратиши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти шундан иборатки, полианилинли комплекслар асосида янги сорбентлар олиниб, саноатнинг чиқинди газларини ва оқава сувларини тозалаш учун ҳавола қилинди. Бундай қонуниятларнинг аниқланиши ишлаб чиқаришнинг оқава сувларини

полианилинли сорбентлар асосида тозалаш технологиясини мукамаллаштиришда муҳим аҳамиятга эга.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Ишлаб чиқариш корхоналарнинг оқова сувларини ва чиқинди газларини янги фрактал полианилинли комплекслар ва сорбцион материаллар асосида тозалаш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

фрактал интерполимер комплексларини синтез қилиш усулига Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлигининг ихтирога патенти олинган (№ІАР04297, 2011 й.). Натижада чиқинди газлар ва оқова сувларини тозалашда ишлатиладиган фрактал структурали сорбентлар олиш имконини берган;

чиқинди газларни тозалаш учун сорбентни олиш усулига Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлигининг ихтирога патенти олинган (№ІАР04294, 2011 й.). Натижада полианилин асосдаги фрактал комплексларнинг янада самарадор сорбентлар олиш имконияти яратилган;

полианилин сорбентини ишлаб чиқаришнинг техник шарти «Ўзстандарт» агентлиги томонидан тасдиқланган (Ts 04973254-01:2019й). Натижада полианилинли комплекслар асосида олинган сорбентларни импорт қилинган сорбентлар ўрнига полианилин асосида олинган сорбентини ишлатиш имконини берган;

синтез қилинган полианилинли комплекс сорбентлари “Навоиазот” АЖда нитроза газларини тозалаш жарёнига жорий этилган («Навоиазот» АЖнинг 2019 йил 11 июлдаги 54-сон маълумотномаси). Натижада атроф-муҳитни нитроза газларидан тозалаш имконини берган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Мазкур тадқиқот натижалари 8 та халқаро ва 16 та республика илмий-амалий анжуманларида маъруза қилинган ва муҳокамадан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларнинг эълон қилиниши.** Диссертация мавзуси бўйича жами 40 та илмий иш чоп этилган, шулардан, 3 та патент, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 27 та мақола, жумладан, 21 таси республика ва 6 таси хорижий илмий журналларда нашр этилган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация таркиби кириш, бешта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 178 бетни ташкил этган.

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

**Кириш** қисмида диссертация ишининг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва асосий вазифалари тавсифланган, Ўзбекистон Республикаси фан ва технологияси тараққиётининг устувор йўналишларига мослиги, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий

натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий этиш, чоп этилган илмий ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **“Полианилинли комплекслар ва улар асосидаги сорбцион материалларининг ҳозирги замон ҳолати”** деб номланган биринчи бобида полианилинли комплекслар ва улар асосидаги сорбцион материалларнинг хоссалари, структуралари, синтезларини илмий ўрганиш ишларига таълуқли замонавий адабиётлар натижалари танқидий кўриб чиқиб ўрганилган.

Полианилинли комплекслар асосида саноат корхоналарини оқава сувларини ва чиқинди газларини тозалашда полианилинли комплекс сорбентларидан фойдаланишнинг самарадорлиги аниқланган ва ўтказиладиган илмий тадқиқот ишларининг мақсад ва вазифалари белгилаб олинган.

Диссертациянинг **“Бошланғич моддалар ва ўтказиладиган эксперементлар методикаси”** деб номланган иккинчи бобда бошланғич моддалар тавсифи, полианилинли сорбцион материаллар, полианилинли комплекслар, поли-орто-толуидин, полианилинларнинг синтез қилиш методикаси, полианилинли комплекслар ва улар асосидаги полианилинли сорбцион материалларни ҳосил бўлиш жараёнларининг кинетикасига ҳамда олинган полианилинли комплекс сорбентларининг сорбцион ва физик-кимёвий ва механик хоссаларини тадқиқ қилиш усулларига бағишланган.

Диссертациянинг **“Полианилинли комплексларнинг олиниши”** деб номланган учинчи бобида эса полианилин, полианилинли комплексларини синтези қилиш жараёнлари қонуниятларини тадқиқ қилиш, ҳамда полианилинли комплексларнинг чизиқли поликислоталар билан ўзаро таъсирланишидаги янги усулларда олинган фрактал полианилинли комплексларнинг синтез қилишнинг кинетик қонуниятлари ўрганилишига ва структуралари замонавий физик – кимёвий таҳлилларига бағишланган.

**Полианилин комплексларини кимёвий, электрокимёвий ва электрофрактал усулларда олиниши.** Полианилинли комплексларни ҳосил бўлиш кинетикаси кимёвий шароитларда ҳам чизиқли ҳам тикилган поликислотлари билан ўрганилди.

Калий бихромат, натрий хлорат, аммоний персульфат ва бошқа катализаторлар иштирокида полианилинни поликислоталар билан поликомплексларини ҳосил бўлиш жараёнлар амалга оширилди. Шунини таъкидлаш зарурки биз ўз илмий тадқиқотларимизда полианилин билан поликислоталарнинг ўзаро таъсирланишларини полиасос-поликислота таъсиридек қараб, хароратни, рН муҳитини ва концентрациянинг кенг интервал қийматларида барқарор эканлиги кўринди.

Полианилиннинг структураси ҳамда кимёвий таркиби оксидланиш

даражаси ва протонланиш кўрсаткичи билан аниқланади. Полианилинни макромолекулалари сувли органик эритмаларда кимёвий шароитда гидрофил ҳолдаги полакрил кислотаси билан реакцияга киришиб, полианилинли комплексларини ҳосил қилади, баъзи ҳолатларда ушбу жараён полианилинни легирланиши деб аталади. Малумки, полианилин қисман чумоли кислотасида эрийди ва бошқа томондан поликапрамид юқори физик-механик хоссаларига эга бўлиб, чумоли кислотасида яхши эрийди. Шундан келиб чиқиб, умумий эритувчи шароитида полианилин ва поликапрамид асосида физик-кимёвий хоссалари яхшиланган полианилинли комплексларни олиш жуда қулай.

Электр ўтказувчан полианилинлар ва боғловчи полимерларни умумий эритувчиларда ўзаро аралаштириш усулида, физик-кимёвий хоссалари етарли даражада яхшиланган полианилинли комплексларни ҳосил қилиш мумкин. Бу жараёнлар ўрганиш ҳам амалий жихатдан, ҳам илмий назарий жихатидан алоҳида ахамиятга эгадир.

Анилинни электрополимерланишини дастлабки босқичида айниқса кислотали муҳитни рН паст қийматларида, автокатализ содир бўлмайди ва бу ҳолат полианилинни физик-кимёвий хоссаларига етарли даражада таъсир этади.

Ҳар хил электр ток потенциалларида фрактал шароитларида полианилин билан чизиқли поликислоталарнинг поликомплекслар ҳосил бўлиш жараёнлари ўрганилганда олинган циклик вольтамперограммалари (1- расм) берилган.

Электрофрактал шароитларда ҳосил бўлган полианилинли комплекслар бир - бирдан циклик вольтамперограммаларининг чўққилар сони билан фарқ қилади ва ҳар бир чўққига (NH, N) азот бирикмаларини оксидланиш-қайтарилиш шакллари тўғри келади. Анилинни сувли ва бошқа протонли эритмаларда оксидланиш ва қайтарилиш жараёнларни характерли чўққилари эритма муҳитига ва ишлатилаётган электролит эритмасининг табиатига боғлиқ бўлиб, рН муҳитининг 0,1дан 4гача бўлган диапазондаги циклик вольтампераметриянинг эгри чизиқларининг ўзгаришига боғлиқ эмас.

Бу ўз навбатида шу рН муҳитидаги оксидланиш реакциясида протон иштирок этмаслигини билдиради. Биринчи оксидланиш босқичида протон радикалларнинг ҳосил бўлиши, электронпараспектрларининг ютилиш кўрсаткичи билан исботланади.

Биринчи чўққини дастлабги босқичида оқ сарғиш лейкоэмаралдин асоси протоэмарилдинни протонлашган шаклини билдиради. Иккинчи қисмида эса эмаральдин шаклини кейинги оксидланиши шаклига ўтиб, тўқ яшил ҳолат рангини ҳосил қилади.

**Фрактал усулида олинган полианилинли комплексларни ўзига хос структуралари.** Фрактал шароитида макромолекулаларнинг ўзаро таъсирида янада янги қулай имкониятлар ҳосил бўлади. Шу сабабли полианилин

макроталекулалари ҳам поли-орто- толуидин макроталекулалари ҳам полиакрил кислотасининг макроталекулалари билан худди шу ҳолатда реакцияга киришиб олинган намуналарнинг электрўтказувчанлиги, қаттиқлиги ва адгезиясини юқори кўрсаткичлари кимёвий ва электрокимёвий усулларда олинган полианилин комплекслари намуналардан тубдан фарқ қилади.

Полианилинларни поликислоталар билан ҳосил қилган поликомплекс бирикмаларининг заррачалари диффузия бошқарувли агрегацияси (ДБА) математик модули асосида оддий скейлинг нисбатларидан фойдаланиб ўрганилди. ДБА модули электрофрактап жараёнида полианилинли комплексларни ҳосил қилишда экспериментал усулларда амалга оширилди. 2-3 расмларда электрокимёвий усулда олинган полианилинли комплексларнинг фрактап структурали заррачалари кўрсатилган. Оддий электрокимёвий усулда олинган поли-орто- толуидин билан ПАК комплекси электрўтказувчанлиги ( $2,2 \cdot 10^2 \text{ ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ ).

Полианилинли фрактап комплекслари 0,7мВ- потенциалда юқори кўрсаткичли полианилинли комплекс заррачалари ҳосил бўлганлиги кузатилди. Олинган намуналарнинг бир неча макроскопик хоссаларини куйидаги электрўтказувчанлик тенгламаси орқали аниқлаш мумкин:

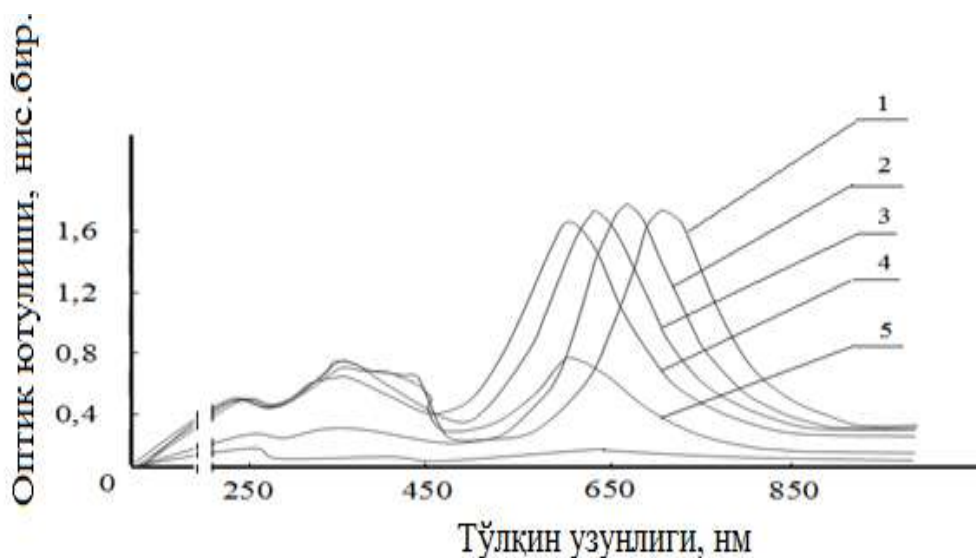
$$\delta = \delta_0 (\Phi - \Phi_c)^t, \quad \delta = \delta_0 (\Phi_c - \Phi)^s,$$

t ва S универсал кўрсаткичлар – (уларнинг уч ўлчамли ҳолати учун сонли кўрсаткичлари) t=1,6, S=0,7 уч ўлчамли ҳолатини сонли кўрсаткичлари.

Полианилинли комплексларни юпқа қопламаларини умумий эритувчиларда полимерларни аралаштириб ҳосил қилиш ёки анилинни HCl эритмасида полиакрил кислотаси (ПАК) ёки поликапрамид (ПКА) билан электракимёвий усулларда ҳосил қилиш мумкин. Олинган натижаларнинг таҳлили (1-жадвал) шуни кўрсатдики, полианилинли ва поли-орто-толуидинли поликомплексларнинг электр ўтказувчанлиги олиниш усулига боғлиқ экан. Электрофрактап усулида олинган полианилинли ва поли-орто-толуидинли поликомплексларнинг электр ўтказувчанлик эса кимёвий усулда олинган поликомплексларнинг электр ўтказувчанлигидан анчагина юқори қийматга эга экан.

Олинган натижаларнинг таҳлили шуни кўрсатадики, полианилин ва поли-орто-толуидинли электр ўтказувчанлиги полимерларнинг олиниши усулига боғлиқ экан. Электрофрактап усулда олинган полианилинли ва п-орто-толуидинли полимер комплексларининг электр ўтказувчанлик қийматлари оддий кимёвий усулларда олинганлигига нисбатан анча юқори қийматларга эга бўлишлиги аниқланди. Поликапрамидни ва полианилин полимер комплексларини физик – механик ва электрофизик хоссалари илмий ўрганилганда полианилин асосидаги полимер комплексларнинг физик механик хоссаларини ижобий ўзгариши полимер комплекс таркибидаги поликапрамиднинг ҳажм миқдорида боғлиқ эканлиги тўла аниқланди.

Олинган натижаларнинг таҳлили шуни кўрсатадики, эритмада поликапрамидни миқдори ортиши билан ПАНИ/ПАК поликомплексини электр ўтказувчанлиги камайиб боради. Бу полианилин комплекси таркибидаги ПАНИ нинг миқдори камайиши билан изоҳланади. Полианилиннинг оптик ютилиш қийматларининг ўзгариши тўлқин узунликларига боғлиқлиги ҳамда тўлқин узунликларига мос келувчи аминли ва иминли шакллари ўрганилди. Олинган натижалар 4-расмда келтирилган.  $\Phi C \approx 10\%$  перколяцияланиш чегарасининг қиймати келтирилган. Айнан шунга ўхшаш аналогик перколяция характеристикаси полианилинни поликапрамид билан ҳосил қилган комплекда ҳам кузатилди. 4-расмда полианилинни ютилиш сохаларидаги характерли ўсиш кузатилди.



Персульфат аммоний инциаторининг концентрациялари: 1- 1,75 моль/л; 2- 1,50 моль/л; 3- 1,25 моль/л; 4- 1,04 моль/л; 5- 0,75 моль/л

**1-расм. Полианилин комплексларини (ПАНИ/ПКА) олиниш жараёнида, полианилинни аминли ва иминли шаклларини тўлқин узунликларида ўзгаришини оптик ютилиши ўзгаришига боғлиқлиги**

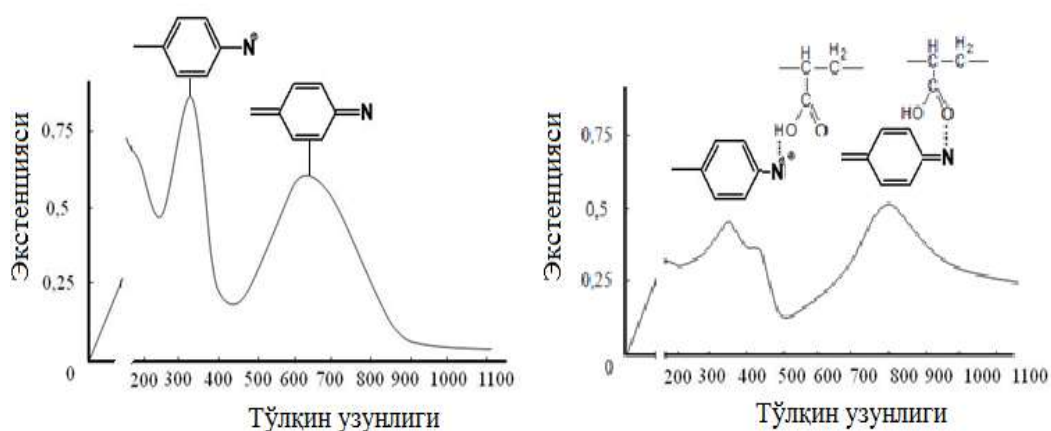
Олинган натижалар 4-расмда келтирилган.  $\Phi C \approx 10\%$  перколяцияланиш чегарасининг қиймати келтирилган. Айнан шунга ўхшаш аналогик перколяция характеристикаси полианилинни поликапрамид билан ҳосил қилган комплекда ҳам кузатилди. Олинган натижалар полианилинли комплексларининг турли структурали компонентларига:  $\sim 320$  нм – амин шакли,  $\sim 430$  нм – катион-радикалар,  $\sim 600$  нм – хинон иминн шакли,  $\sim 780$  нм – локализацияланган поляронлар тўғри келади.

**Полианилинли комплексларини физик – кимёвий усулларда тадқиқи.** Полианилинли комплексларни физик кимёвий хоссалари ЭПР, - УБ, - ИҚ, ЯМР- спектроскопия усулларида, электрон сканерлаш микроскопия, гелъ - хроматаграфия, вискозиметрия, дериватография, потенциалметрия ва бошқа методларда ўрганилди.

Полианилинли комплексларнинг сифатини характерловчи критериялардан бири полимер комплекс таркибидаги полианилиннинг молекуляр оғирлигидир.

Полианилинни ўртача молекуляр массасини гел ўтказувчан хроматография усулида аниқланди.

Олиб борилган илмий изланишлардан олинган натижалар литий хлорид концентрацияси ортиши билан характеристик қовушқоқлик қийматлари ортади. Полианилин макромалекулаларнинг калавали ўралиши унинг занжиридаги электростатик итарилишига ва эритмадаги ионларига боғлиқ. Полианилин ва полианилинли комплексларининг 5-расмда ультрабинафша спектрларида макромалекулаларнинг ўзига хос структураларни ҳосил бўлишлиги кўрсатилган.



**2-расм. Полиэмаралдин кўк рангли (а) ва полианилинли комплекс эмаральдин яшил рангли (б) ПАНИ/ПАК нинг УБ – спектрлари**

Олинган ультрабинафша спектрларида (5-расм) кўриниб турибдики, полианилиннинг оксидланган шакли 0,8 экстенция кўринишида 350 нм соҳа ютилишларига фаоллашган амин шакли ва 0,6 экстенция кўринишида 650 нм ютилиш соҳаларида қайтарилган имин шаклига тўғри келади. Протонли шароитда полианилинни полиакрил кислотаси билан таъсири вужудга келиб полианилинни оксидланган шакли 0,4 экстенция кўринишида ютилиш соҳасининг 375 нмга тўғри келади. Полианилинни қайтарилиш шакли эса 0,5 экстенцияда ютилиш соҳасини 835 нм тўғри келади. Олинган полианилинли комплексларда ультрабинафша спектрларининг интинсивлигини камайиши экстенцияси ва ютилиш соҳаларини ўзгариши водородли боғларни ҳосил бўлиши билан боғлиқ (5-расм). Бу яна бир маротоба полианилин билан полиакрил кислотаси орасида комплекс боғларнинг вужудга келишини исботлайди. Полианилин ва полиакрил кислотасининг бир неча комплекс намуналарида полимерларнинг макромалекулалар орасида структуравий боғлари вужудга келишлиги инфракизил спектрларида яққол намоён бўлади.



Полианилинли полимер комплексларнинг ИҚ-спектрлари илмий ўрганилганда ютулиш соҳаларининг:  $1581,63 \text{ см}^{-1}$ ,  $1400,32 \text{ см}^{-1}$ ,  $1300,02 \text{ см}^{-1}$ ,  $1168(\text{см})$ ,  $891,11 \text{ см}^{-1}$ ,  $840,96-825,53 \text{ см}^{-1}$  и  $752,24 \text{ см}^{-1}$ ,  $1581 \text{ см}^{-1}$ , қийматида ароматик бирикмаларнинг пара ўриналмашинувидаги ютилиш соҳасидаги  $1300 \text{ см}$ , ўртача интинсивликга эга  $\text{C}_6\text{H}_5\text{-NH}$  группаси, имин группаларини деформацион тебранишларига хос имин группаларини соҳалари  $891 \text{ см}^{-1}$  ва  $840-825\text{см}^{-1}$  соҳаларида кузатилди.

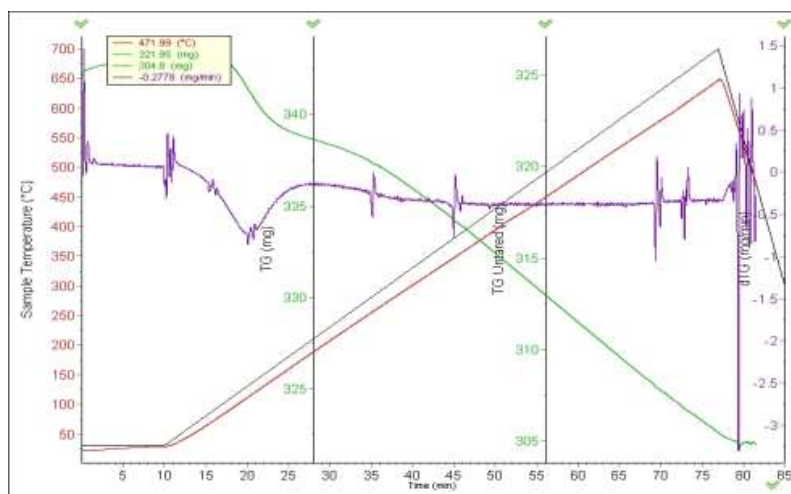
Бензол ҳалқаларини ютилиш соҳаларини баъзи ўлчовдаги  $\text{N=N}$  жуда кучсиз ( $1400 \text{ см}^{-1}$ ), спектр соҳаларини баъзи  $\text{C=C}$  боғ шаклларини ютилиш соҳаларини ниқобланган ҳолат соҳаларига тўғри келишлиги аниқланди.

Тикилган полиакрил кислотасининг полианилин билан олинган поликомплексларида молекуляр усти структура ҳосил бўлишлари кузатилмади.

Шуни алоҳида таъкидлаш зарурки полианилинни чизикли поликислоталар билан электрофрактап жараёнларида ҳосил қилган полианилин комплексларида фибрилляр микроструктура ҳосил бўлиши кузатилди. Олинган электрон-сканерланган суратлар полианилинли комплексларнинг молекуляр усти ҳосил бўлиши микроструктура ва шакллари олинган суратларда яққол намоён бўлган.

Полиакрил кислотаси асосида олинган полианилинли комплекслар кукун ва гел ҳолатидагилари дериватограмма таҳлиллари бир қанча ўзгаришларни маълум қилди, буларни ДТА, ДТГА ва ТГП эгри чизиклари тасдиқлайди, ҳамда бу кўрсаткичлар 8-расмда берилган.

Полианилинли комплекслар ПАНИ/ПАК Se TARAM TODTA DSC +1600 асбобида термик таҳлил қилинди. Харорат интервали  $30-800 \text{ }^\circ\text{C}$ , қиздириш тезлиги  $5 \text{ град/мин}$ . Кейинчалик ҳароратни  $75 \text{ }^\circ\text{C}$  дан  $200 \text{ }^\circ\text{C}$  гача кўтарилганда эндотермик жараён ҳосил бўлиб, масса камайиши  $\Delta m = 4,25 \text{ мг}$  ( $19\%$  атрофида) кузатилди, бу ўз навбатида полианилин ва полиакрил кислотасининг  $-\text{COOH}$  ва  $-\text{HN}_2$  груҳларининг парчаланишига тўғри келади.

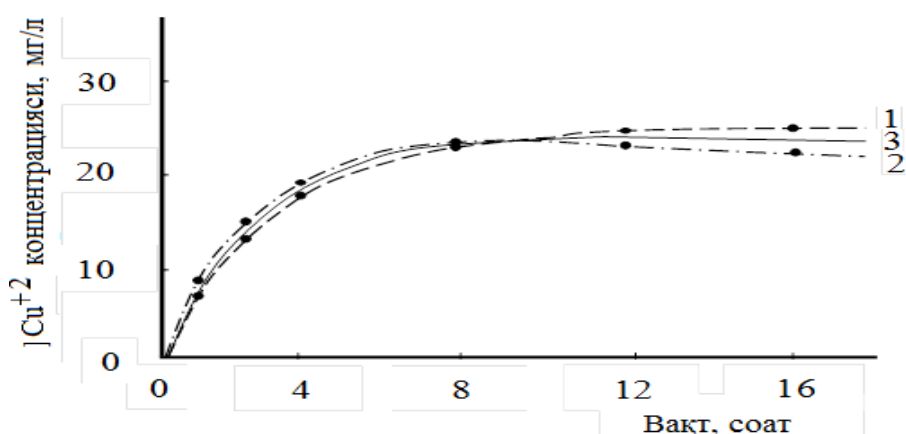


3-расм. Полианилин комплекси ПАНИ/ПАКнинг дериватограммаси.

200-600 °С эндоэффeкт ҳодисаси рўй бeриб, полианилинли комплекснинг тўлиқ парчаланиши ҳосил бўлади. Бу ўз навбатида полианилинли комплексдан CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O ва N<sub>2</sub> ҳосил бўлишини ва органик қисмини тўлиқ ёнганлигидан далолат бeради. Юқоридаги дермотограммаларда экзо ва эндоэффeкти сохаларида кўрсатилган юқори ҳароратларга полианилинли комплексларнинг термик парчаланиши ва полианилин комплексини бошқа ҳолатга ўтишини кўрсатади.

“Полианилинли сорбцион материалларни физик-кимёвий хоссаларини ўрганиш” деб номланган диссертациянинг тўртинчи бoбида полианилинли сорбцион материалларни механик, физик-кимёвий хоссалари ўрганилган. Полианилинли комплекслар асосида сорбцион материалларнинг ҳосил бўлиш қонуниятлари асосли равишда таҳлил этилган.

Полианилинли сорбционли материалларни ҳосил бўлиш жараёнларига таъсир этувчи факторлани ўрганиш усуллари. Полианилинли сорбентлар асосида оқава сувларини тозалаш оптимал тезликларда амалга ошади. Бу жараёнларни амалга ошириш учун гидродинамик режимини қўллаш мақсадга мувофиқдир, чунки ички диффузия соҳасини қаршилигини камайтириб полианилин сорбент заррасини ўлчамини камайтириш ва структура тузилиши орқали вужудга келиши керак. Полианилинли сорбентни характеристик хоссаларини ҳисоблашда қуйидаги кўрсаткичларини қабул қилдик. Сорбция тезлиги 1,8 м/с, заррача ўлчами 2,5 мм, агар сорбция тезлиги 1,8 м/с ва заррача ўлчами 2,5 мм паст миқдорга эга бўлса жараён ташқи диффузия соҳаси бўйича лимитланади, агар сорбция тезлиги 1,8 м/с ва заррача ўлчами 2,5 мм катта кўрсаткичга эга бўлса, унда жараён ички диффузия ҳолатига эга бўлади. 4-расмда сувни тозалаш учун сорбция жараёнини вақтга таъсири ҳисобланган оқимларнинг колоннага кириш ва чиқиш тезликларига боғлиқлиги келтирилган.



1-ПАНИ/ПАК бентонит қушимчали; 2-ПАНИ/ПАК бентонит қушимчасиз; 3-ПАНИ/ПАК бентонитли комплекси назорат учун.

4-расм. (Cu<sup>2+</sup>) ион метал концентрациясини ўзгаришини сорбция вақтига боғлиқлиги.

(Cu) метал ионини сорбцияси полианилин сорбентининг кинетик эгри чизикларидан олинган таҳлил натижалари асосида ҳосил қилинган бўлиб, полианилинли сорбентларни кинетик характеристикаларни асосий аниқловчиларини топишда муҳим ҳисобланди. Мувозанат вақти, мувозанат ҳолатини бошланишидаги полианилин сорбентининг ҳажми, мувозанат коэффиценти, пунктирли чизикли белгилар билан экспериментлар натижаси берилган. Бу сорбция жараёнидаги экспериментларни идеал реактордаги масса алмашинув жараёнига ўхшатиш мумкин. Полианилинли сорбентни тозалаш даражасини самарадорлигини аниқлаш учун, колонна бўйлаб сорбцияланган металлнинг полианилиннинг умумий массасига нисбати билан ўлчанади. Натижада максимал мумкин бўлган сорбцияланган металл массасини шу колонна баландлигидаги сорбент массасига нисбатан билан ўлчанади. Паст ҳароратдаги адсорбция усулидан фойдаланиб водород хлоридни полианилин сорбентининг юзаси ва ғоваклиги, уй ҳароратидаги солиштира юзаси ва ғоваклик ўлчамлари билан аниқланди. 6-жадвалда полианилинли сорбцион материалларини текустура характеристикалари келтирилган. Солиштира юза ўлчамининг ошишини, қуйидагича тушунтириш мумкин, ўрганилган полианилин кўрсаткичини ошиши ўрганиладиган полианилинли сорбентлар майда системалар таркибида фаоллашган компонент функционал гуруҳларига боғлиқ (1-жадвал).

1-жадвал

Полианилинли сорбент материалларининг текстур хоссалари

т/р	Полианилин сор- бенти намуналари	Солиштира юзаси $M^2/г$	Порани умумий ҳажми, $см^3/г$	Ҳаққоний зичлик, $г/см^{-3}$
1.	Полианилин сор- бенти қўшимчасиз	53,56	0,06	0,79
2.	Полианилинли сор- бент 2% - бентонит	66,08	0,08	0,82
3.	Полианилинли сор- бент 6% -бентонит	166,55	0,18	0,88
4.	Полианилинли сор- бент 10%- бентонит	168,47	0,09	0,92
5.	Полианилин сор- бент 12% - бентонит	126,78	0,14	0,85

Полианилинли сорбентларнинг таркибида бентонитли қўшимчаларнинг миқдорини ошиши натижасида сорбентнинг солиштира юзаси 10% ошади. Бундан ташқари полианилинли сорбентлар саноатни оқава сувларини ва чиқинди газларини тозалаш жараёнлари бир неча маротаба қўлланилиши мумкинлиги билан фарқланади.

Полимер – полимерли комплекслар асосидаги олинган сорбент материаллари таркибидаги қўшимча бентонит минерали заррачаларини ўзаро таъсирлашувлари кимёвий мувозанат шароитида ўрганилганда, бентонитли минерал заррачаларнинг полимер – полимер комплексларнинг

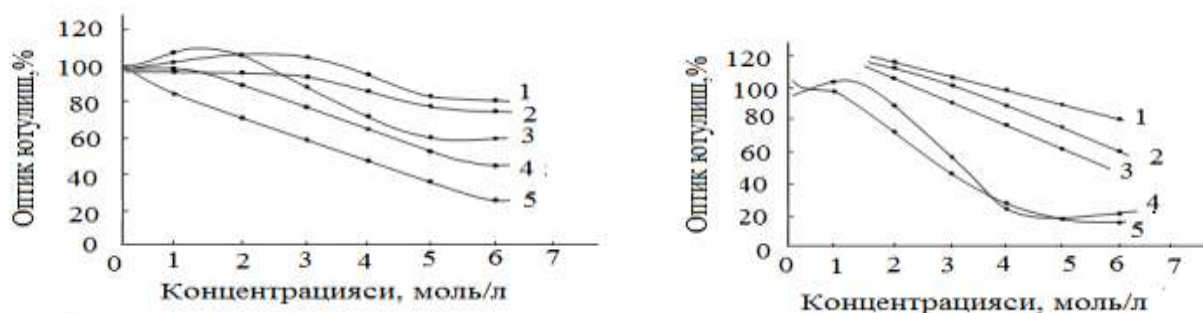
амино группалари билан кучсиз водородли боғлар ҳосил қилиши аниқланди. Бентонит заррачаларининг юқори дисперс ҳолатига мойиллиги сферик заррачалар билан апроксимияралашга қодирлигига, массани майин тарқалишига аниқ ишонамиз. Бу ўз навбатида полианилинли комплекс сорбентини абсорбцияга киришишида таъбий минерал сферик заррачаларини юзасида фақат гидроксил группаларни реакцияга киришишини кўрсатади.

### Ҳосил қилинган полианилинли сорбцион материалларни хоссаларини ўрганиш.

Биз полианилинли сорбентларни ўрганганимизда, уларнинг таркибига қушимча сифатида “Қизилкумцемент” АЖ чиқиндиларидан ва Нурота бентонитларидан фойдаланилди.

Чиқинди газларини саралаб тозалаш жараёни полианилинли сорбентларни юзасидаги оптимал ғовак материалларни катта солиштирма юзасида содир бўлади.

HF, HCl газларин сорбцияланиш кинетикаси ўрганилганда система мувозант ҳолатини эгаллаши учун 20 дан 40 минутгача вақт, ярим сорбция даври учун эса 6 минутдан 10 минутгача вақт зарур бўлади. Энг кўп сорбция тезлиги HF, HCl газларда кузатилди. HF сорбцияланиши учун ички диффузия характерли. HF, HCl газларини концентрациялаш жараёни қарама - қарши лимитланган ташқи диффузия таъсирида боради, қолган газлар учун (NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, SO<sub>3</sub>), эса ташқи ва ички диффузияланиш механизми атрофида рўй беради. Полианилинли сорбентларнинг таркиби ва минерал органик қўшимчаларга боғлиқ равишда айрим газ моддаларни ютиши ва баъзи газларни ютмаслиги ҳам мумкин. Полианилин сорбентлари томонидан ютилган газларни, уларни таркибидан осонгина десорбциялаш усулида тозалаш мумкин.



а

б

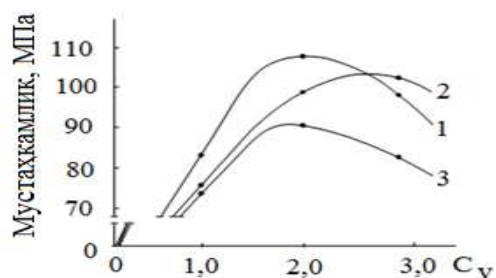
1-HF; 2-HCl; 3-N<sub>2</sub>O; 4- NO<sub>2</sub>; 5- SO<sub>3</sub>.

### 5-расм. Полианилин сорбентининг ПАНИ/ПАК оптик ютилиш ўзгаришини унинг таркибидаги бентонит қўшимчаси концентрациясига боғлиқлиги

5-расмда кўрсатилганидек бентонит қўшимчасининг миқдори 0,1дан 3 моль интервалда ўзгарганда водород фторид газини сорбциясига амалий равишда боғлиқ бўлмайди. (а), кейинчалик қўшимчани миқдори 6 Мга оширилганда чиқинди газларни тозаланиши сезирарли даражада камаяди.

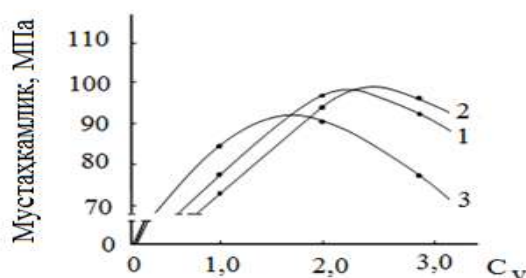
Боғлиқлик характери донор-акцептор боғларнинг ўзаро таъсирланиш - лари, тозалаш жараёнини катта қисмини ташкил этишини кўрсатиб берди. Полианилинли комплексли сорбентларда кўрсатилган кислота интервалларида сезиларли даражада сорбция жараёнини пасайганлигини кузатиш мумкин.

**Полианилинли сорбцион материалларни механик, физик-кимёвий хоссаларини ўрганиш.** Олинган полианилин комплекс сорбентлари намуналарининг барчаси учун физик-кимёвий ва механик кўрсаткичлар аниқланди.



Полианилин сорбенти ҳажми бўйича мис ионлари концентрациясини тўйиниши

а)



Полианилин сорбенти ҳажми бўйича мис ионлари концентрациясини тўйиниши

б)

1- 5% кўшимчали, 2 – 10%, 3 – кўшимчасиз. Ҳарорат - 26<sup>0</sup>С

**6-расм.Интерполимер комплекс сорбентини мис ионлари концентрациясини ҳажм бирлигида ўзгаришига боғлиқлиги а-7 сутка, б-30 сутка.**

6-расмдаги таҳлил натижалар полианилинли комплекс сорбцион материалларининг мустаҳкамлиги бентонит кўшимчаси миқдорига боғлиқ ва у экстримал характерга эга. Олинган эгри чизиқли боғлиқлик  $\sigma = \sigma(C_v)$  статистик эгри чизиқларининг тақсимланишга жуда яқин бўлиб, функциянинг максимумидаги оптимал структураларга тўғри келади ва  $\sigma = \sigma(C_v)$  хоҳлаган томонга оғиши оптимал қийматдан узоқлашувини кўрсатади.

Диссертациянинг “Саноат корхоналарини оқава сувларини ва чиқинди газларини тозалашда полианилинли сорбцион материалларни қўлланилиши” деб номланган бешинчи бобида. Полианилинли комплекслар асосида олинган полианилинли сорбцион материалларни ишлаб чиқариш ва олинган намуналарни атрофлича ўрганиш амалга оширилган.

**Саноат корхоналарини чиқинди газларини тозалашда полианилинли сорбцион материалларидан фойдаланиш.** Лаборатория шароитида таркибида HF, HCl таркибли газларни полианилинли сорбентлар асосида тозалаш ва таркибида ҳар хил металл ионлари бўлган оқава сувларни тозалаш жараёнларини ўрганиш учун лабораторияда HCl, газини олинадиган ускуна тайёрланди. Лаборатория шароитида HCl, газини ҳосил қилиш учун натрий хлор тузига хлорид таъсир қилиниб оддий усулда водород хлорид газини ҳосил қилинади.

100 кг полимер сорбент олиш учун 2 соат вақт сарфланади, шундай қилиб полианилинли сорбент махсус пресс қурилмасида таблетка шаклига келтирилади. Тўлқин узунлиги  $\lambda=590$  нм СФ-54 аппаратида мис тузи эритмасини ҳар хил концентрациялари ва оптик зичликларини ўлчаб солиштирма графигини ҳосил қилдик.

### **Саноат корхоналарини оқова сувларини тозалашда полианилинли сорбцион материалларни қўлланилиши.**

Полианилинли сорбентларни саноат корхоналарини оқова сувларини тозалаш хоссаларини ўрганиш учун ҳар хил концентрациядаги мис тузи ионларини эритмалардан фойдаландик. Бунинг учун маълум миқдордаги полианилин сорбентида тозаланадиган мис эритмаси ўтказилди, ва ишчи эритмани таркибидаги мис ионлари концентрациясини ўзгаришини СФ-54 спектрофотометрияда  $\lambda=590$  нм тўлқин узунлиқдаги ўзгариши ўлчанди. Ҳар хил концентрацияли мис эритмалари ва оптик зичликларини ўлчадик. Ўтказилган илмий текшириш ишлари шуни кўрсатдики полианилин сорбент насадқаси орқали ўтказилган мис ионлари эритмаси ўз рангини ва концентрациясини ўзгартирди. Сорбция жараёнида мис ионларини сувли эритмалари кимёвий фаол бўлган полимердан ўтказилганда ҳарорат кўтарилди, бу ҳолат жараённи кимёвий характерини белгилайди. Термодинамик функцияларини ўрганиш натижалари полимер сорбентнинг мис ионларига нисбатан ниҳоятда яқинлигини кўрсатди. Бу ўз навбатида келажакда полианилинли сорбентларни амалий қўлланилишини белгилайди. Бу оддий шароитларда рангли ва ноёб металлларни самарали тозалашда амалий ёрдам беради. Тозалангандан кейин гел полианилин металл материали электроконракцияга учратилади. Шундан кейин гел полимер сорбент яна ўзини дастлабки ҳажмини эгаллайди. Шу сабабли гел полимер сорбент яна қайта тозалаш учун биринчи босқичга юборилади.

**Кутилаётган иқтисодий самарадорликни ҳисоблаш ва олинган натижалар асосида тавсиялар тайёрлаш ва натижаларни қўллаш.** Полианилинли сорбентни “Навоиазот” АЖ мисолида техник иқтисодий ҳисобланишлар ўтказилди. Полианилинни поликислоталар билан ўзаро таъсирланиш технологик жараёнлари ўрганилди ва техник шарти тайёрланди. Олинган илмий амалий экспериментал кўрсаткичлар полианилинли сорбцион материалларга бўлган қизиқишни ортаётганлигини кўрсатди. Полианилинли сорбентлар таркиби гетероген таркибга эга бўлиб, полимер типидида ҳосил бўлган полимер сорбент ўзгаришларини билдиради. Полианилинли сорбентлар типик гетероген составга эга бўлган полимер материалларидир. Юқори мустаҳкамликга эга бўлган полианилинли сорбцион материаллари таркибига қўшиладиган минерал органик қўшимчаларнинг миқдорига боғлиқлиги аниқланди.



## ХУЛОСАЛАР

1. Биринчи маротаба электрофрактал шароитларда фрактал структурали полианилинли комплекслар ва улар асосида сорбцион материаллари олинди. Фракталь электрокимёвий жараёнларда полианилин билан поликислоталарни ўзаро таъсирланиши математик программа асосида таъсир этувчи факторлари Мандельброт назарияси асосида ўрганилган.

2. Полианилин билан поликислоталарни таъсирланиш жараёнларни қонунияти кинетикаси кимёвий, электрокимёвий ва электрофрактал шароитларда ўрганилди. Полианилин билан поликислотани ўзаро таъсирланиш жараёнини поликислота – полиасос шаклида қараш мумкин. Полиасос поликислоталарнинг ўзаро таъсирланишини концентрация рН мухит ва ҳароратларнинг кенг кўрсаткичларига эга бўлган поликислота ва полиасос ўзаро таъсирланиши сифатида қаралиши аниқланган.

3. Фрактал структурали полианилинли комплекслар хоссалари замонавий физик-кимёвий усулларда таҳлил қилинди. Полианилинни оптик спектр ютилишларида 320 нмга тўғри келадиган амин шаклдаги тасмалар, 430 нмда катион радикаллар, 600 нм химин имин шакли, 780 нм локазацияланган поляронлар кузатилган.

4. Бошқа полимер сорбентларга нисбатдан полианилинли сорбентлар ўзининг юқори солиштирма юзаси ва ўртача ғоваклик диаметри ўлчамлари билан фарқ қилади. Полианилин комплекси сорбентларини текстур хоссаларига асосан бентонит қўшимчасининг оптимал 6% миқдори ва сорбентнинг солиштирма юзаси- 166,55 М<sup>2</sup>/г, умумий ғоваклик ҳажми -0,12 см<sup>3</sup>/г, ҳақиқий зичлиги - 0,89 г/см<sup>3</sup> бўлишлиги аниқланган.

5. Концентрациялари 0,1 М дан 3М гача чиқинди газларни тозаланиши полианилинли комплекс сорбентини таркибидаги бентонит қўшимчасининг миқдорига маълум даражада боғлиқ бўлиб, ҳосил бўлган донор-акцепторлик боғларнинг характерига ҳам боғлиқ бўлади.

6. Гель полианилинли сорбцион материалларни олиншини техник шароити ишлаб чиқилди. Гель полианилинли ҳосилалар металл ионларини самарали сорбция қилади ва натижада Cu<sup>+2</sup> ва – NH<sub>2</sub>, COO<sup>-</sup> группалари билан координацион боғлар ҳосил қилган.

7. Полианилинли комплекслар ва улар асосидаги сорбцион материалларни олиш техник шароитлари ишлаб чиқилди, ва уларни технологик ускунасининг модули тайёрланган.

8. Фрактал полианилинли комплекслар ва улар асосидаги сорбцион материаллар галоген водородли бирикмаларни яхши сорбция қилиши ва таркибида оғир рангли металл ионлари эритмасига нисбатан юқори сорбционлик хоссасига эга эканлиги аниқланди. Полианилин комплекси сорбентлари намуналари саноат тажриба синовларидан ўтказилиб, олинган илмий техник натижалар ишлаб чиқаришнинг актлари билан тасдиқланди.

9. “Навоиазот” АЖ мисолида полианилинли сорбентларни қўлланилишидан кутилаётган бир йиллик иқтисодий самарадорлик бир миллиард етти юз эллик миллион сумни ташкил этди. Олинган илмий - амалий натижаларимиз асосида  $\text{HCl}$ .,  $\text{HF}$ .,  $\text{NO}_2$ .,  $\text{SO}_2$ ., чиқинди газларни тозалаш учун республикамизнинг қатор саноат корхоналарига тавсиялар берилди.



**НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ  
DSc.03/30.12.2019.К/Т 04.02 ПРИ  
ТАШКЕНТСКОМ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**  

---

**НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ**

**НАБИЕВ АБДИСАМАТ НАБИЕВИЧ**

**ОЧИСТКА ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ И СТОЧНЫХ ВОД  
ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ  
ПОЛИАНИЛИНОВЫХ КОМПЛЕКСНЫХ СОРБЕНТОВ**

**11.00.05 - Охрана окружающей среды и рациональное использование  
природных ресурсов**

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ  
ДОКТОРА ХИМИЧЕСКИХ НАУК (DSc)**

**Ташкент - 2020**

Тема докторской диссертации зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за номером В2019.2.DSc/К67.

Докторская диссертация выполнена в Навоийском государственном горном институте. Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб- странице Научного совета по адресу tkti.uz и Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziynet.uz).


<b>Научный консультант:</b>	<b>Муҳиддинов Баходир Фахриддинович</b> доктор химических наук, профессор
<b>Официальные оппоненты:</b>	<b>Муталов Шухрат Ахмаджонович</b> доктор химических наук, профессор <b>Мухамедов Кабилджан Гафурович</b> доктор технических наук, доцент <b>Сидиков Абдужалол Сидикович</b> доктор химических наук, профессор
<b>Ведущая организация:</b>	<b>Институт общей и неорганической химии</b>


Защита диссертации состоится «20» июня 2020 г. в 11<sup>00</sup> часов на заседании разового научного совета на основе Научного совета DSc.03/30.12.2019.К/Т.04.02 при Ташкентском химико-технологическом институте по адресу: 100011, г.Ташкент, ул.Навои, 32, Тел. (99871)244-79-21, факс: (99871)244-79-17; e-mail: info@tkti.uz).


Докторская диссертация зарегистрирована в информационно-ресурсном центре Ташкентского химико-технологического института за № 101 с которой можно ознакомиться в ИРЦ (100011, г. Ташкент, ул. Навои, 32, тел. (+99871)244-79-21)

Автореферат диссертации разослан « 15 » 06 2020 г.  
(протокол рассылки № 15 от 15.06 2020 г.)



  
**Х.Л. Пулатов**  
Председатель научного совета по  
присуждению ученой степени доктора наук,  
д.х.н., доцент

  
**Ф.Б. Игитов**  
Ученый секретарь ученого совета по  
присуждению ученой степени, доктор философии  
по химическим наукам

  
**Р.С. Сайфудинов**  
Председатель научного семинара при научном  
совете по по присуждению учёной степени,  
доктор технических наук, профессор

## **Введение (аннотация диссертации доктора наук (DSc))**

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** На сегодняшний день в мире большое внимание исследователей привлекают проблемы, охраны окружающей среды и рациональное использование её ресурсов. Глобальной проблемой современности является защита охраны окружающей среды и очистка промышленных сточных вод и отходящих газов промышленных предприятий. В частности, использование полимерных сорбционных материалов на основе дешевого и легкодоступного сырья для очистки сточных вод и выхлопных газов на промышленных предприятиях в значительной степени поддерживается современными достижениями науки и техники.

В мире перспектива целенаправленных научных исследований по созданию экологически безопасных, разработки получение новых полимерных сорбционных материалов направлена на решение многих технических проблем, в частности получение нового полимерно – комплексных сорбционных материалов путем электрофрактальной взаимодействием полианилина с поликислотами, введения новых минерально – органических добавок; определение оптимальных условий синтеза полианилиновых комплексов и сорбционных материалов на их основе, разработка технологии очистки выхлопных газов и сточных вод ряда промышленных предприятий.

В республике достигаются научные и практические результаты по получению новых полианилиновых комплексов и сорбционных материалов на основе местного сырья, по применению полианилиновых сорбционных материалов в процессах очистки выхлопных газов и сточных вод от ионов тяжелых металлов ряда промышленных предприятий. В стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан предусмотрены меры «дальнейшая модернизация и диверсификация промышленности путем перевода ее на качественно новый уровень, направленные на опережающее развитие высокотехнологичных обрабатывающих отраслей, прежде всего по производству готовой продукции с высокой добавленной стоимостью на базе глубокой переработки местных сырьевых ресурсов»<sup>1</sup>. В связи с этим, научные исследования по очистке отходящих газов и сточных вод и путем синтеза новых полианилиновых комплексов и сорбционные материалы на основе отходов и вторичных сырьевых ресурсов химической промышленности играют важную роль.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О Стратегии действий по

---

<sup>1</sup> Указ Президента Республики Узбекистан УП-4947 “О Стратегии действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан на 2017-2021 годы”.

пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан на 2017-2021 годы», Постановлении Президента Республики Узбекистан №ПП-3983 от 25 октября 2018 года «О мерах по ускоренному развитию химической промышленности Республики Узбекистан», а также других нормативно-правовых документов, принятых в данной сфере.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологии в республике.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики IV. «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов».

**Обзор иностранных научных исследований по теме диссертации<sup>2</sup>.** Научные исследования, направленные на получение и исследование свойств полианилиновых комплексов и сорбционные материалы на их основе осуществляются в ведущих научных центрах и высших образовательных учреждениях мира, в том числе, Global Environment Strategies (IGES) (Japan), Nanyang Technological University (NTU) (Singapore), Environment Canada's National Water Research Institute (NWRI) (Canada), National Research Council (US) Safe Drinking Water Committee, Belhim (Республика Беларусь), Technical Adviser (Chemical) Government of Gujarat Industries commissioner (India), VVP Engineering College (India), United States Environment Protection Agency (US), Institute of Chemical Engineering, Bulgarian Academy of Science (Bulgaria), Санкт-Петербургский государственный технологический институт (Россия), Национальный университет Узбекистана, Ташкентский химико-технологический институт, Институт общей и неорганической химии (Узбекистан), Навоийский государственный горный институт.

В результате исследований, проведенных в мире по очистке промышленных сточных вод и отходящих газов с помощью полианилиновых сорбционных материалов получены ряд научных результатов, в том числе: разработан сорбционный способ извлечения меди, цинка, кадмия и других ионов металлов из растворов (National Research Council (США) (Safe Drinking Water Committee, NTU (Сингапур), Российский химико-технологический университет имени Д.И.Менделеева (Россия); создано использование сорбентов для умягчения жесткости промышленных и питьевых вод (VVP Engineering College (Бельгия), разработаны методы получения полимерных сорбционных материалов на основе крупнотоннажных и дешевых местных сырьевых ресурсов, очистки вод от органических и неорганических соединений (Environment Canada's National Water Research Institute (NWRI) (Канада), Bulgarian Academy of Science (Болгария); разработаны и внедрены технологии получения полиионитов с высокой сорбционной способностью (Китай).

---

<sup>2</sup> Обзор по теме диссертации разработан на основе зарубежных: [www.elsevier.com](http://www.elsevier.com), [www.fundamental-research.com](http://www.fundamental-research.com), [www.elibrary.com](http://www.elibrary.com), [www.edunews.ru](http://www.edunews.ru), [www.dissercat.net](http://www.dissercat.net), Boena N. Kolarz, Piotr P. Wiczorek. Porosity variation and swelling of cation exchangers// *Angewandte Makromolekulare Chemie*, 2003, Erol Pehlivan, Turkan Altun. Ion-exchange of Pb(II), Cu(II), Zn(II), Cd(II) and Ni(II) ions from aqueous solution by Lewatit CNP 80 // *Journal of Hazardous Materials*, 2007 и других источников.

В мире по очистке выхлопных газов и промышленных сточных вод полимерными сорбентами, по ряду приоритетных направлений проводятся исследования, в том числе: извлечение из растворов ионов металлов и химических соединений; эффективное использование природных и синтетических сорбентов с высокими сорбционными свойствами, усовершенствование возможности многократного использования полимерных сорбентов и водных ресурсов в производстве.

**Степень изученности проблемы.** Научные исследования по разработке, исследований свойств, а также изысканию отраслей применения новых полимерных комплексов и полимерных сорбентам на их основе посвящены работы Y.Shirakava, S.K.Manohar, J.G.Masters, C.E.Asturias, A.G.Mac Diarmid, Y.Iemuro, S.Nonako, K.Sugino, K.Cirai, R.Kitavaki, R.Heping, G.Bayd, A.Lurre, G.Maneske, H.Heller, G. Yander, V.Slater, C.Harland, А.Б Зезина, В.Б Рогачевой, М.Г Томилина, В.Ф Иванова, К.В Чеберяко, А.В Ванникова, В.В.Коршака, Коршака В.В., Тевлиной А.С., Тростянской Е.Б., Даванкова А.Б., Лейкина Ю.А., В.А Кабанова, Д.В Пергушова, В.А Изумрудова, Е.Е. Ергожина, Е.А. Бектурова и др.

В Узбекистане научные исследования по синтезу, исследованию физико-химических свойств полианилиновых комплексов и сорбентов на их основе и использования их при очистки сточных вод и отходящих газов посвящены работы Х.У.Усманова, М.А.Аскарова, К.С Негматова, Туробжонова С.М, Муталова Ш.А. Б.Ф.Мухиддинова, Ж.К.Авлинова, О.М.Ёриева, А.Юсупбекова, К.Х.Разикова, Назировой Р.А., и др, которые внесли весомый вклад в развитие некоторых направлений современной полимерной химии, а именно разработаны новые методы получения полианилиновых комплексов и сорбционных материалов на их основе.

Учеными ими, которые были упомянуты выше, во время исследования были разработаны химико-технологические основы получения полианилиновых сорбционных материалов для очистки отходящих газов и сточных вод ряда предприятий.

На основе вышеупомянутых научных достижений и текущего состояния в стране совершенствовались методы получения полианилиновых комплексов и сорбционных материалов на их основе; эффективное использование полианилиновых сорбционных материалов и исследование сорбционных процессов при очистки сточных вод и обеззараживание отходящих газов промышленных предприятий; между тем исследования процессов взаимодействия полианилина с поликислотами в электрофрактальных условиях при умеренных температурах, до настоящего времени досконально не изучено.

**Связь темы диссертационной работы с научно-исследовательскими работами высшего учебного заведения.**

Диссертационное исследование выполнено в рамках в соответствии с научными исследованиями Навоийского государственного горного института по теме: ИОТ-2017-7-31 «Разработка оптимальных составов и освоение

технологии получения полианилиновых сорбционных материалов для очистки и извлечения цветных и тяжелых металлов из технологических растворов промышленных производств».

**Целью исследования** является синтез фрактально структурных полимер – полимерных комплексов и очистка промышленных стоков также, токсичных газов промышленных предприятий, сорбентами полученных на их основе.

**Задачи исследования:**

разработка новых способов получение фрактально структурированных полианилиновых комплексов и сорбционных материалов на их основе; исследование влияющих факторов и кинетических закономерностей в условиях взаимодействия полианилина с линейными и со сшитыми поли - кислотами в водно-органических средах; исследование физико-химических и механических свойств новых фрактальных полианилиновых комплексов и сорбционных материалов на их основе;

разработка технических условий получения и создания модульной экспериментальной установки полианилиновых сорбционных материалов.

исследование возможностей применения и расчет ожидаемого технико-экономического эффекта от применения полианилиновых сорбционных материалов при очистке отходящих газов и обеззараживания сточных вод промышленных предприятий;

**Объектом исследования** является полианилины, полианилиновые комплексы, бентонитовые минералы, а также отходы цеха по производству «сульфата аммония» АО «Навоiazот» и анилин – сульфатно - содержащие отходы АО «Бухара - Каракуль» промышленные предприятия Навоийской и Бухарской областей.

**Предметом исследования** является получение новыми способами фрактальных полианилиновых комплексов и сорбционных материалов на их основе. Установление наиболее важных научных закономерностей указанных процессов. Разработка получения высокоэффективных и экономических выгодных фрактально полианилиновых сорбционных материалов применяющих в области охраны природы и рационального использования природных ресурсов.

**Методы исследования.** В диссертационной работы использованы УФ, ЯМР, ЭПР спектроскопия, электроно-сканирующая микроскопия, потенциометрическое титрование, Гель проникающая хроматография, вискозиметрия, ДТА, вольтамперметрия и др. Полученные комплексные экспериментальные данные были обработаны методом математического программирования экспериментов и моделирования процессов.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

впервые по новому методу получены фрактально– структурированные полианилиновые комплексы и полианилиновые сорбционные материалы на их основе;

научно-исследованы кинетические закономерности взаимодействия полианилина с поликислотами во фрактальных условиях, также разработаны оптимальные составы и технологические условия получения полианилиновых комплексов, и сорбционных материалов на их основе;

изучены физико – химические, механические, сорбционные, определены эксплуатационные свойства полианилиновых фрактально-структурированных сорбентов современными физико-химическими методами анализа;

выявлены важнейшие свойства полученных фрактально полианилиновых комплексов и сорбционных материалов на их основе а также определены область деструкции, электропроводность, термостабильность сорбционных свойств;

доказано, что взаимодействие полианилинов с поликислотами, в электрофрактальных условиях следует рассматривать как интерполиэлектродные процессы. Получаемые при этом фрактально полианилиновые комплексы и их сорбционные материалы весьма стабильны в широком интервале значений рН среды и температуры;

разработаны модульные линии процессов получения фрактальных полианилиновых комплексов и сорбционных материалов на их основе, для очистки сточных вод и отходящих газов ряда промышленных предприятий;

усовершенствована технология очистки сточных вод, выхлопных газов и созданы методы регенерации полимерных сорбентов в динамических условиях.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

разработаны, новые методы получения фрактально полианилиновых комплексов и сорбционных материалов на их основе;

на основе лабораторно – модульной установки разработан технологический регламент производства высокоэффективных фрактально полианилиновых сорбционных материалов из отходов и вторичных сырьевых ресурсов промышленных предприятий.

разработаны принципиальная технологическая схема, технологические условия получения полианилиновых сорбционных материалов для эффективной очистки сточных вод и отходящих газов ряда промышленных предприятий.

- данные фундаментальные научно - исследовательские работы служат важнейшими предпосылками для разработки технологии получения новых полианилиновых сорбционных материалов из отходов и вторичных сырьевых ресурсов промышленных предприятий.

**Достоверность результатов исследования** обоснована совокупностью выводов научных исследований и рекомендаций, так как они установлены на основе современных методов химического и физико-химического исследования. Технология производства и применение разработанных полианилиновых сорбентов апробирована в опытно – промышленных испытаниях с подтвержденными актами, рекомендованными к внедрению в производство.

**Теоретическая и практическая значимость результатов исследований.** Теоретическая значимость заключается в установлении корреляционных результатов зависимости основных химических, физико-химических свойств полианилиновых сорбционных материалов (сорбция HCl, HF, NO, NO<sub>2</sub>, объемная емкость, монофункциональность) с химическим составом, физико-химическими и сорбционными свойствами исходных сырьевых материалов, а также создание условий для расширения ассортимента полианилиновых сорбентов фрактального типа.

Практическая ценность результатов исследования заключается в том, что на основе полианилиновых комплексов получены новые сорбенты, которые рекомендованы для очистки промышленных сточных вод и отходящих газов. Выявленные закономерности имеют важные значения при совершенствовании технологии очистки производственных сточных вод на основе полианилиновых сорбентов.

**Внедрение результатов исследования.** На основе полученных научных результатов исследования, по получению новых фрактальных полианилиновых комплексов и сорбционных материалов для очистки сточных вод и отходящих газов промышленных предприятий:

получен патент (№IAP04297, 2011 г.) Агенства интеллектуальной собственности Республики Узбекистан на метод синтеза фрактального интерполимерного комплекса. В результате было возможно синтезировать фрактально-структурные сорбенты применяемые для очистки сточных вод и отходящих газов.

получен патент (№IAP04294, 2011 г.) Агенства интеллектуальной собственности республики Узбекистан на метод получения сорбента для очистки выхлопных газов. В результате было возможно получения более эффективных сорбентов на основе фрактальных полианилиновых комплексов.

разработаны технические условия (Ts 04973254-01:2019) выпуска полианилинового сорбента и утверждены агентством «Узстандарт». в результате чего, можно использовать полученных сорбентов на основе полианилиновых комплексов вместо импортируемых сорбентов;

синтезированные полианилиновые комплексы сорбенты были испытаны в процессы очистки нитрозных газов АО «Навоiazот» (Справка АО «Навоiazот» №54, от 11.06.2019 год). В результате создано возможность очистки нитрозных газот окружающей среды.

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследования изложены в виде докладов и прошли апробацию на 8 международных и 12 республиканских научно-практических конференциях,

**Опубликованность результатов.** По теме диссертации опубликовано 40 научных работ. Из них 3 патента, в том числе 27 статьи в республиканских и 6 зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций.



**Структура и объём диссертации.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объём диссертации составляет 178 страниц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обосновывается актуальность и востребованность проведенного исследования, цель и задачи исследования характеризуется объект и предмет, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологии республики. Излагается научная новизна и практические результаты исследования, раскрывается научная и практическая значимость полученных результатов, внедрение в практику результатов исследования, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе **«Современное состояние полианилиновых комплексов и сорбционных материалов на их основе»** изложены, систематизированы, анализированы и критически рассмотрены современные литературные данные исследовательские работы по исследованию синтеза, структуры, свойств фрактальных полианилиновых комплексов и сорбционные материалы на их основе. Были определены использование полианилиновых комплексов при очистки промышленных сточных вод и выхлопных газов предприятий и определены цель и задачи проводимых научно – исследовательских работ.

Второй главе диссертации **«Исходные вещества и методика проведения экспериментов»** посвящена характеристикам исходных веществ, методикам синтеза полианилина, поли-орто- толуидина, полианилиновым комплексам, полианилиновым сорбционным материалам, методикам исследования кинетики реакции химических превращение, а также методикам исследования сорбционных и физико-химических свойств полученных полианилиновых комплексов и сорбционных материалов на их основе.

В третьей главе **«Получение полианилиновых комплексов»** диссертации изложены результаты и обсуждены исследования закономерности реакций образования полианилиновых комплексов. Также исследованы новые методы получения фрактальных полианилиновых комплексов с целью получения эффективных сорбционных материалов, а также изложены результаты изучения структуры, механизма и кинетических закономерностей синтеза, фрактальных полианилиновых комплексов.

**Получение полианилиновых комплексов в химических и электрохимических условиях.** При использовании этих методов появляется широкая возможность получения полианилиновых комплексов и сорбентов на их основе, обладающих лучшими физико-химическими и механическими свойствами.

Исследованы кинетика образования полианилиновых комплексов, как с линейными, так и со сшитыми поликислотами в химических условиях. В присутствии персульфат аммония, хлорат натрия, бихромат калия и другими окислителями, легко осуществляются процессы комплексообразования полианилина с поликислотами. Отметим, что в наших исследованиях процесс взаимодействия полианилина с поликислотами рассматривается в виде поликислотно – полиосновного взаимодействия в широких значениях концентраций, рН среды и температур.

Химический состав и структура полианилина определяются степенью окисления и уровнем протонирования полианилина. Макромолекулы полианилина в химических условиях в водно-органическом растворе взаимодействуя с гидрофильной полиакриловой кислотой, образуют полианилиновый комплекс. Этот процесс иногда называют легированием полианилина.

Известно, что полианилин частично растворим в муравьиной кислоте. С другой стороны поликапрамид обладает высокопрочностными свойствами и хорошо растворим в муравьиной кислоте.

Смешиванием растворов полианилина и поликапрамида в общем растворителе удобно получать полианилиновые комплексы с улучшенными физико-химическими свойствами. Следует отметить, что метод совмещения электропроводящего и связующего полимерного компонента имеет важное научно- теоретическое и практическое значение.

Отметим, что в начальной стадии электрополимеризации анилина, особенно при низкой кислотности рН среды, автокатализ не происходит и это существенно влияет на физико - химические свойства полианилина.

Полученные ЦВА показывают, что в электрофрактальных условиях образования полианилина и полианилинового комплекса ПАНИ/ПАК отчетливо отличаются друг от друга количеством пик образований, каждый пик соответствует свойствам окисленных, восстановленных форм (NH, N) азота и протонирующим группам поликислот. Характер процессов электрофрактального окисления и восстановления анилина в водных и других протонных растворителях зависят от рН и природы используемого электролита. Потенциал первого анодного и катодного пиков на циклической вольтамперной кривой (рис.1.) не зависит от рН в диапазоне от 0,1 до 4 . Это свидетельствует о том, что при таких рН протон не участвует в реакции окисления. При этом образование катион - радикалов на первой стадии окисления подтверждается и данными электронно - спектральных - поглощения (ЭСП). В начальной части первого пика окисления идет превращение бледно-желтого основания лейкоэмеральдина в светло-зеленую протонированную форму протоэмеральдина. Во второй части этого пика происходит дальнейшее окисление до темно-зеленой протонированной формы эмеральдина.

**Структурные особенности полианилиновых комплексов полученных фрактальным методом.** При фрактальных условиях более

успешно происходит акт взаимодействия макромолекул, как полианилина так и поли-орто-толуидина с макромолекулами полиакриловой кислоты и поэтому полученные образцы в условиях фрактально - структурного образования, имеют высокую величину электропроводности, твердости и адгезии.

Используя простые скейлинговые соотношения, нами было определено свойство проводимости для математической модели диффузно – контролируемой агрегации частиц (ДКА) комплексных соединений полианилинов с поликислотами.

Модель ДКА была экспериментально реализована в процессе электрофрактального получения полианилина и полианилиновых комплексов. Некоторые макроскопические свойства получаемых образцов можно установить с помощью следующих уравнений проводимости:

$$\delta = \delta_0 (\Phi - \Phi_c)^t, \quad \delta = \delta_0 (\Phi_c - \Phi)^{-s},$$

где, универсальные показатели  $t$  и  $s$  – (их численные значения  $t = 1,6$ ,  $S = 0,7$  для трехмерного случая). Пленки полианилиновых комплексов получали совмещением полимеров в общих растворителях или путем электрохимической полимеризации анилина в HCl растворах (табл.1) полиакриловой кислоте (ПАК) и поликапромида (ПКА).

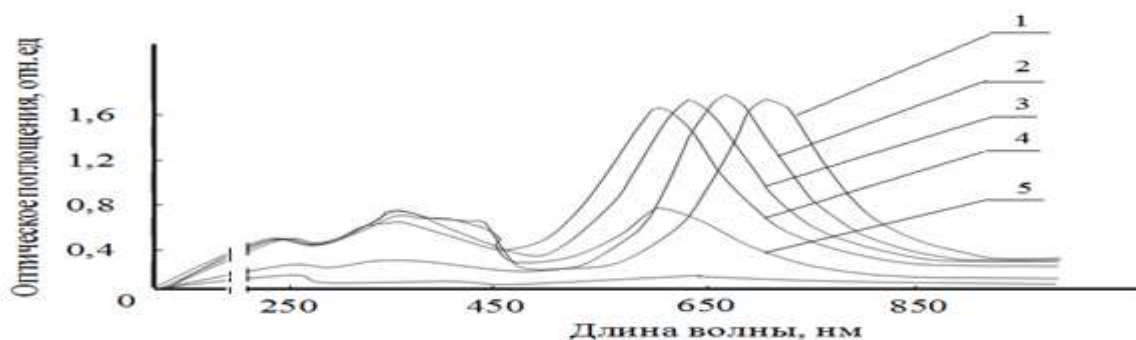
Исследованы электрофизических и физико – механических свойств полианилиновых комплексов полученных фрактальным способом от объемной доли поликапромида, результаты которых приведены в табл.2. Проводимости полианилина хорошо аппроксимируются выражением соответствии известной  $\delta - (\Phi - \Phi_c)^{1,6}$ .

Анализ результатов исследования показывают, что с увеличением содержания поликапромида в растворе уменьшается значения электропроводности. Это связано с уменьшением содержания полианилина.

Исследованы зависимости изменение оптического поглощения полианилина от длины волн аминных и иминных форм полианилина, результаты которых представлены в рис.4.

Величина порога перколяции  $\Phi_c \approx 10\%$ . Аналогичная перколяционная характеристика наблюдается и в комплекса ПАНИ/ПКА. На рис.4 представлена зависимость изменение оптического поглощения полианилина от длины волны.

В спектрах оптического поглощения, (рис.4.) обнаруживается рост характеристических полос поглощения ПАНИ, соответствующих различным структурным компонентам:  $\sim 320$  нм – аминной форме,  $\sim 430$  нм – катион-радикалам,  $\sim 600$  нм – хинониминной форме,  $\sim 780$  нм – локализованным поляронам.

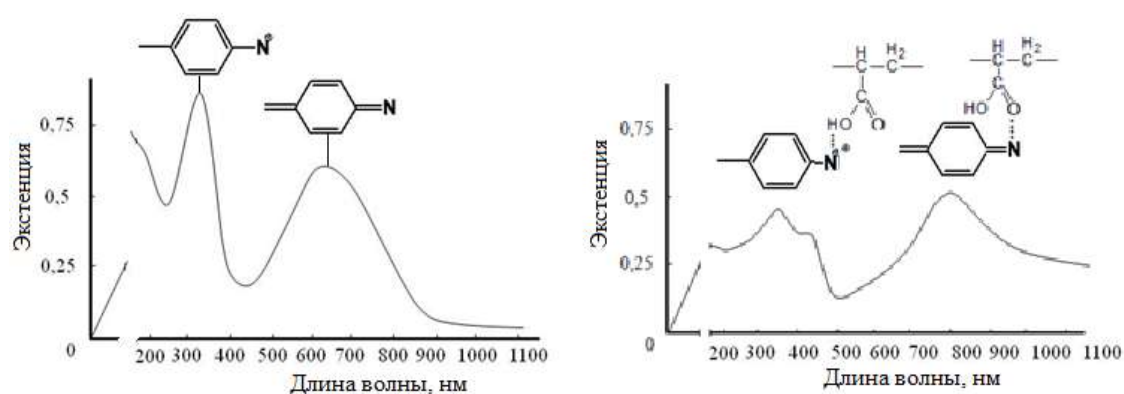


Концентрация инициатора персульфата аммония: 1- 1,75 моль/л; 2- 1,50 моль/л; 3- 1,25 моль/л; 4- 1,04 моль/л; 5- 0,75 моль/л

**Рис.1. Зависимость изменение оптического поглощения полианилина от длина волн аминных и иминных форм полианилина в процессе получения полианилинового комплекса ( ПАНИ/ПАК )**

**Исследование полианилиновых комплексов методами физико-химических анализов.** Изучение физико - химических свойств полианилиновых комплексов проводились ЭПР, - УФ, - ИК, ЯМР – спектроскопии, электроно-сканирующей микроскопии, гель - хроматографии, вискозиметрии, дериватографические, потенциометрические и другими методами. Одним из критериев, характеризующих качество полианилинового комплекса, является молекулярный вес самого полианилина. Среднее значение молекулярных масс полученных полианилинов определяли гель хроматографическим методом.

На рис.5 представлен УФ спектроскопии полианилина, которые показывает весьма интересные структурные особенности макромолекул полианилиновых комплексов.



**Рис.2. УФ - спектры полианилина эмеральдина синего (а) и полианилинового комплекса эмеральдина зеленого (б) ПАНИ/ПАК**

Из полученных УФ спектров (рис.5.) видно, что окисленная форма полианилина (эмеральдина основания) при 0,8 экстинции видимости в области поглощения 350 нм имеет активированную аминную форму и при 0,6 экстинции видимости в области поглощения 650 нм имеет

восстановленную иминную форму. В протонной среде, где происходит взаимодействие полианилина с полиакриловой кислотой, после образования полианилинового комплекса ПАНИ/ПАК окисленная форма полианилина проявляется при 0,4 экстенции видимости в области поглощения 375 нм, восстановленная форма полианилина находится при 0,5 экстенции видимости в области поглощения 835 нм.

Уменьшение интенсивности УФ – спектральной экстенции видимости и сдвиги в области поглощения соответствует возникновению водородной связи получаемого полианилинового комплекса (рис.5.). Это ещё раз доказывает на образование комплексных связей между полианилином и полиакриловой кислотой. В различных комплексных образцах полианилина и полиакриловой кислоты также было замечено, что структурные связи между макромолекулами полимеров отражаются довольно четко в соответствующих частотах ИК – спектров.

Исследование электронно-сканирующие микрофотографий внутренних морфологических структур полианилиновых комплексов на приборе ЭРСМ-20 N фирмы НИТАСНИ (Япония), при прямом оптическом увеличении 40000<sup>x</sup> было весьма удобным.

Было установлено, что в полианилиновых комплексах, полученных на основе сшитых образцов полиакриловой кислоты, отсутствуют надмолекулярные образования.

Следует особо подчеркнуть, что в случае электрофрактального процесса получения полианилиновых комплексов с поликислотами наблюдается фибриллярная микроструктура. Полученные электроно - сканирующие снимки четко свидетельствуют о формах и микроструктуре образования надмолекулярных образований.

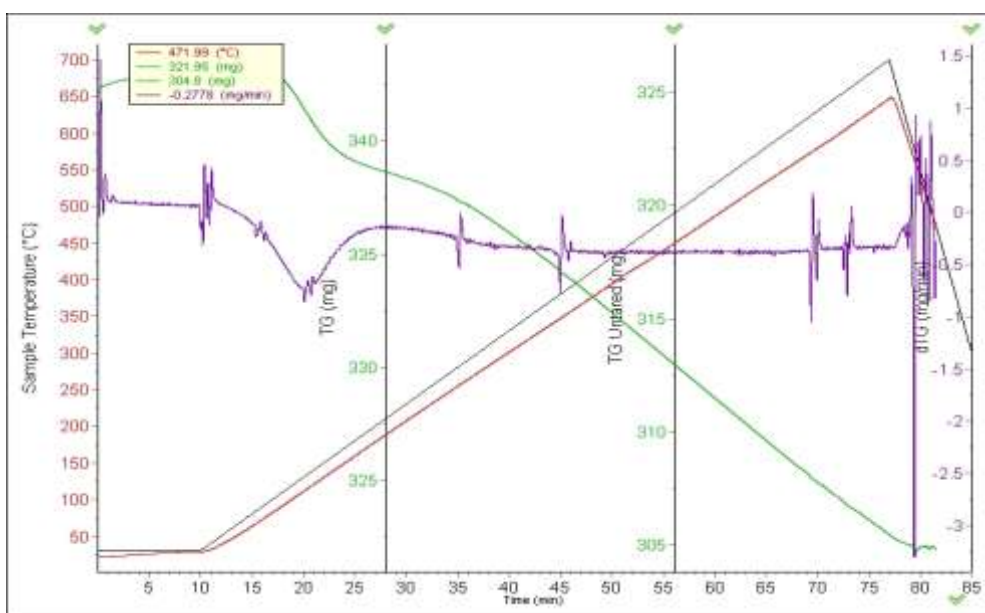


Рис.3. Дериwатограммы полианилинового комплекса ПАНИ/ПАК.

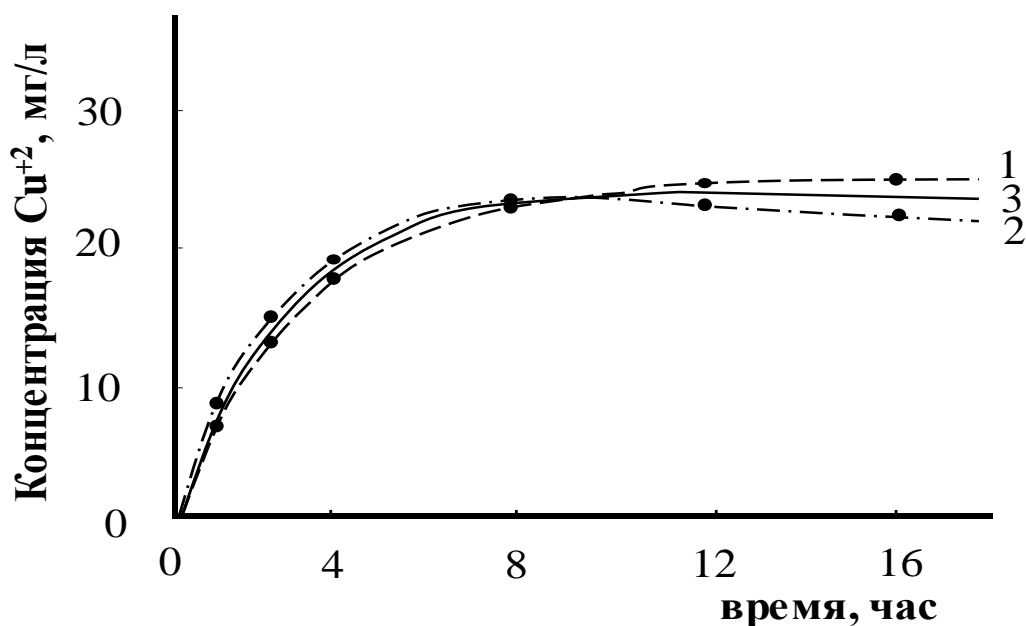
Анализ полученных дериватограмм гелеобразных и порошковых полианилиновых комплексов с полиакриловой кислотой выявил некоторые отличия, о чем свидетельствуют кривые ДТА, ДТГА и ТПП, приведенные на рис.8. Термический анализ полианилиновых комплексов ПАНИ /ПАК снимались в приборе Se TARAM TODTA DSC +1600 в интервале температуре 30-800 °С скорость нагрева 5 град/мин. Далее с повышением температуры от 75 °С до 200 °С происходит эндотермический процесс, потеря массы равна  $\Delta m = 4,25$  мг (около 19%) которые соответствует разложению -COOH и 9-HN<sub>2</sub> групп полианилина и полиакриловой кислоты.

После этого происходит полное разложение полианилинового комплекса с эндоэффектами при 200-600 °С составляет  $\Delta m = 12,9$ мг/58,4% Это соответствует сгоранию органического части полианилинового комплекса с образованием CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> O и N<sub>2</sub>. Как видно из дериватограммы, что эндо – и экзоэффекты в области выше указанных температурах соответствует термического разложение и превращение полианилинового комплекса.

Во четвертой главе диссертации «**Исследование физико-химических свойств полианилиновых сорбционных материалов**» исследовано и изучены физико-химическое и механические свойства полианилиновых сорбционных материалов. Обосновательно анализированы закономерности формирования фрактальных полианилиновых сорбционных материалов на основе полианилиновых комплексов.

**Методы изучения влияющих факторов на процессы образования полианилиновых сорбционных материалов.** Сорбционная очистка сточных вод на основе полианилиновых сорбентов идет с оптимальной скоростью. Процесс целесообразно проводить при таких гидродинамических режимах, чтобы он лимитировался во внутридиффузионной области, сопротивление которой можно снизить, изменяя структуру и уменьшая размеры зерна полианилинового сорбента. Для проведения расчета характеристик полианилинового сорбента принимали следующие значения, скорость сорбции 1,8 м/ч и размер частиц 2,5 мм. При значениях меньше скорости сорбции 1,8 м/ч и размер частиц 2,5 мм, процесс лимитируется по внешнедиффузионной области, при больших значениях скорости сорбции 1,8 м/ч и размер частиц 2,5 мм - во внутридиффузионной. На рис.9 представлена исследование влияния сорбционного процесса во времени, при заданной скорости потока на входе и на выходе в колонну для очистки воды.

Кинетические кривые сорбции металла (Cu) иона с участием полианилинового сорбента, построенные по результатам анализов, являлись основой для определения основных кинетических характеристик полианилиновых сорбентов: время достижения равновесия, емкость полианилинового сорбента в момент наступления равновесия, коэффициент равновесия (рис.4.). Пунктирные линии со значками - результаты эксперимента, сплошные линии - результаты численного расчета. В эксперименте данного сорбционного процесса можно рассматривать как массообменный процесс в идеальном реакторе.



1- ПАНИ/ПАК- с добавкой бентонита; 2-ПАНИ/ПАК- с добавкой бентонита 10%, 3- ПАНИ/ПАК с добавкой бентонита контрольная.

**Рис.4. Зависимость изменения концентрации ион металла ( $\text{Cu}^{+2}$ ) от времени сорбции.**

Для определения степени эффективной очистки полианилинового сорбента, вычислено отношение суммарной массы сорбированного металла по всей колонны. И ее отношения максимально возможно сорбируемой массе металла на этой высоте колонны. По методу низкотемпературной адсорбции хлористого водорода на поверхности и в порах полианилинового сорбента при комнатной температуре определена удельная поверхность и размер пор. На таблице 1. приведены данные о текстурных характеристиках полианилиновых сорбентных материалов. Повышение величины удельной поверхности можно объяснить тем, что исследуемые полианилиновые сорбенты представляют собой мелкие поликомплексные системы, содержащие сорбционно активный компонент, который является функционально активным минералом сорбента.

Таблица 1.

Текстурные характеристики полианилиновых сорбентных материалов

п/н	Образцы полианилинового сорбента	Удельная поверхность, $\frac{\text{м}^2}{\text{г}}$	Общий объем пор, $\text{см}^3/\text{г}$	Истинная плотность, $\text{г}/\text{см}^3$
1.	Полианилиновый сорбент без добавки	53,56	0,06	0,79
2.	Полианилиновый сорбент с добавкой 2% бентонита	66,08	0,08	0,82
3.	Полианилиновый сорбент с добавкой 6% бентонита	166,55	0,18	0,88
4.	Полианилиновый сорбент с добавкой 10% бентонита	168,47	0,09	0,92
5.	Полианилиновый сорбент с добавкой 12% бентонита	126,78	0,14	0,85

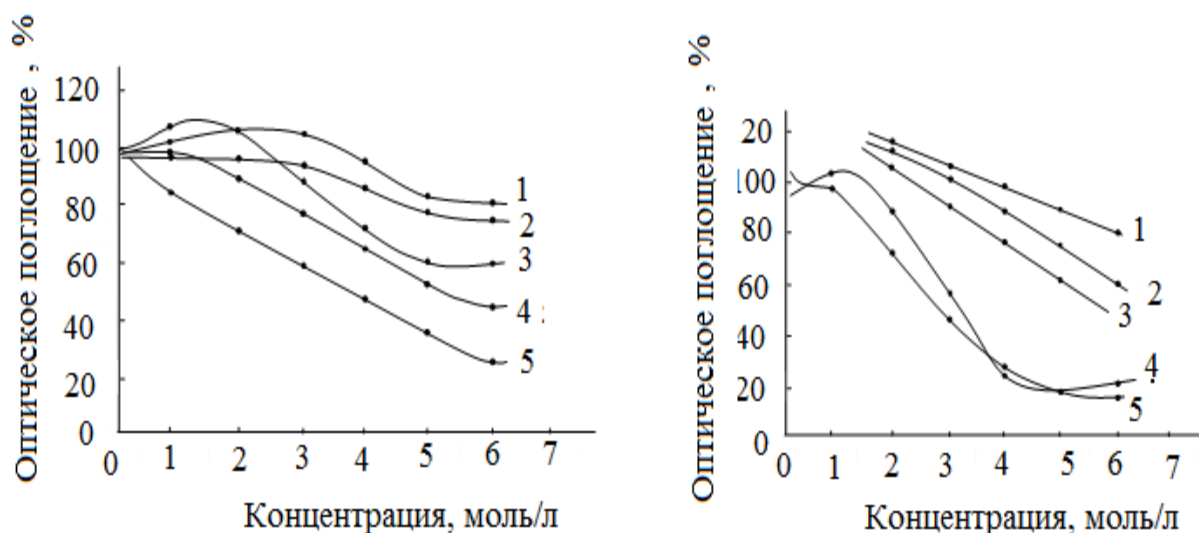


В результате повышения количества бентонитовых добавок в составах полианилиновых сорбентах наблюдается увеличение удельной поверхности на 10%. Кроме того полианилиновые сорбенты отличаются многократностью использования в сорбционно очищающих процессах промышленных сточных вод и выхлопных газов.

Взаимодействия частиц бентонита с полианилиновым сорбентным материалом изучено с позиций химического равновесия, описывающего реакцию образования водородных связей между частицами бентонитного минерала и аминогруппами полимер – полимерного комплекса. Правомочно полагать, что высокодисперсные характеризующиеся частицы бентонитного минерала способны аппроксимировать сферическими частицам, узкое распределение масс. Это показывает, что в реакцию с полианилиновым комплексом вступают лишь гидроксильные группы, расположенные на поверхности сферических частиц минеральной добавки.

Это показывает, что в реакцию с полианилиновым комплексом вступают в реакцию, лишь гидроксильные группы, расположенные на поверхности сферических частиц минеральных добавок.

**Исследование сорбционных свойств полученных полианилиновых сорбционных материалов.** В наших исследованиях в качестве наполнителя полианилинового сорбента были опробованы отходы Навоийского цементного завода. В своих экспериментах нами были также использованы бентониты Нуратинского месторождения в качестве добавки полианилинового сорбента для улучшения процесса адсорбции. Процесс избирательной адсорбции выхлопных газов с помощью полианилиновых сорбентов протекает на поверхности пористых твердых материалов с большой удельной поверхностью.



**Рис.5. Зависимость изменения оптического поглощения от концентрации бентонитовой добавки полианилинового сорбента 1-HF; 2-HCl; 3-N<sub>2</sub>O; 4- NO<sub>2</sub>; 5- SO<sub>3</sub>.**



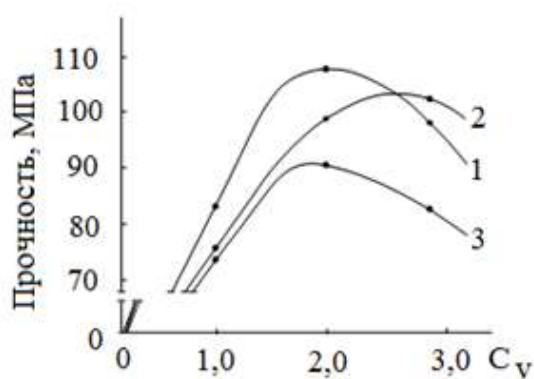
Изучение кинетики сорбции HF, HCl показало, что для достижения равновесия системам необходимо от 20 до 40 мин при периоде полусорбции от 6 до 10 мин. Наибольшая скорость сорбции отмечается для ионов HF, HCl. Для сорбции HF, характерен (внутренний) тип диффузии; процесс концентрирования HF, HCl, напротив, лимитируется пленочной (внешней) диффузией. Для остальных газов (NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, SO<sub>3</sub>), вероятно, реализуется смешанно-диффузионный механизм. В зависимости от состава полианилиновых сорбентов и минерально-органических добавок они обладают способностью поглощать лишь определенные газообразные вещества и не поглощать другие. Поглощенные газы всегда можно выделить из полианилинового сорбента путем десорбции.

Из рис.5. видно, что в интервале от 0,1 до 3М содержания бентонитовой добавки извлечение фтористого водорода практически не зависит от концентрации добавки (а), при дальнейшем увеличении количество добавки до 6 М значительно снижается извлечение выхлопных газов (б)

Характер зависимости свидетельствует о большой доле в процессе очистки донорно-акцепторного взаимодействия. Для полианилиновых комплексов (рис.5.) отмечается значительное снижение сорбции в указанном интервале кислотности, что связано с конкурирующим влиянием поликислоты при доминировании ионного обмена (а) с последующим донорно-акцепторным взаимодействием (б). Взаимодействия частиц бентонита с интерполимерным материалом изучено с позиций химического равновесия, описывающего реакцию образования водородных связей между бентонитом и аминогруппами ПАНИ. Правомочно полагать, что высокодисперсные характеризующиеся частицы бентонита способны аппроксимировать сферическими частицам, узкое распределение масс. Это показывает, что в реакцию с ИКМ вступают лишь гидроксильные группы, расположенные на поверхности сферических частиц. Ниже показано схематичное образование полианилинового сорбционного материала.

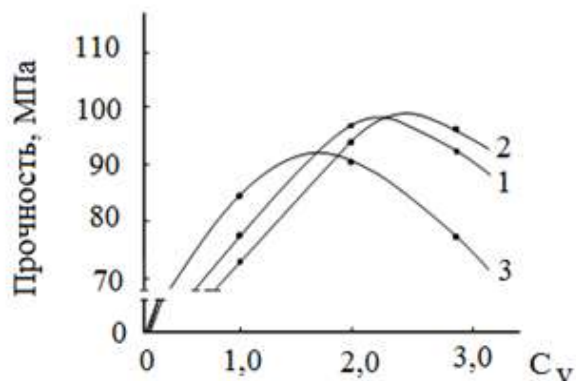
**Исследование физико – химических и механических свойств полианилиновых сорбционных материалов.** Для всех полученных образцов установлены характерные для них физико- химические и механические показатели. Итак, прочность образца с бентонитовой добавкой повышается

Из (рис.6.) видно, результаты анализа показывают, что прочность ИКМ зависит от содержания бентонитовой добавки и имеет экстремальный характер. Полученная кривая зависимости  $\sigma = \sigma(C_v)$  близка к статическим кривым распределения. В области структур, близких к оптимальной, кривая удовлетворительно следует параболической зависимостью и практически симметрична. Максимум функции соответствует оптимальной структуре и любое отклонение от  $C_v^0$  (вправо или влево) означает отход от оптимальности.



Изменение концентрации ионов меди по объему полианилинового сорбента

а)



Изменение концентрации ионов меди по объему полианилинового сорбента

б)

1- 5% добавки, 2 – 10%, 3 – без добавки БТ. Температура 26<sup>0</sup>С

**Рис.6. Зависимость механической прочности интерполимерного комплекса от изменение концентрации ионов меди по объему полианилинового сорбента ( $C_v$ ); а, через 7 суток, б, через - 30 суток.**

В пятой главе диссертации «Использования полианилиновых сорбционных материалов при очистки отходящих газов и сточных вод промышленных предприятий» детально обсуждаются разработка и исследования полианилиновых сорбционных материалов, полученных на основе полианилиновых комплексов.

**Использование полианилиновых сорбционных материалов при очистке отходящих газов в промышленных производствах.** Для изучения процессов очистки фтор, хлор содержащих газов и металл - ионных растворов различных сточных вод, на основе полианилиновых сорбентов смонтировали лабораторную установку хлористого водорода. В лабораторных условиях газообразного хлористого HCl, можно получить простым взаимодействием серной кислоты с хлористым натрия.

На основе измерения оптической плотности и различных концентрации растворов соли меди в приборе СФ-54 при длине волн  $\lambda=590$  нм. Было замечено, что в результате сорбции метал - ионов с полианилиновым сорбционным материалом при контакте электрического тока полностью восстанавливаются исходные параметры сорбционного материала.

**Применение полианилиновых сорбционных материалов для очистки сточных вод промышленных предприятий** Для изучение очищающих свойств полианилинового сорбента с промышленными сточными водами, использовали растворы разных концентраций соли меди.

Для исследование сорбционных свойств полианилиновых очищаемый водный раствора меди, через слой сорбента пропускали и фиксировали время прохождения и изменение концентрации ионов меди в рабочем растворе прибором СФ-54 при длине волн  $\lambda=590$  нм. Измеряли оптической

плотности и различных концентрации растворов. Проведенные научно – исследовательские работы показали, что при пропускании медно ионного раствора через насадку полианилинового сорбента, заметно менялись окраски и уменьшилось концентрация медного раствора. Процесс сорбции ионов меди (II) из водных растворов на химически активном полимере в зависимости от температуры возрастает, что указывает на химический характер процесса. Результаты изучения термодинамических функций показывают высокое сродство анионита по отношению к ионам меди (II) из водных растворов, что свидетельствует о перспективности сорбента для практического применения.

Это позволяет более эффективно осуществить извлечение цветных и благородных металлов при обычных условиях. После завершения процесса электроконтракции, очищенный гелеполимер сорбента снова подают в первую емкость для использования в процессе очистки сточных вод.

### **Расчет ожидаемых экономических эффектов и выдача применяемых рекомендации о внедрении полученных результатов**

Проведена технико-экономические расчеты от применения полианилинового сорбента на примере АО «Навоиазот». Изучены технологические процессы взаимодействия полианилина с поликислотами и разработано технические условия получения полианилиновых сорбционных материалов. Полученные научно - практические экспериментальные значения данных свидетельствует об огромном интересе к применению полианилиновых сорбционных материалов для очистки сточных вод и выхлопных газов промышленных предприятий. Полианилиновые сорбенты представляют собой типичные гетерогенные по составу полимер - полимерные образований. Более с механической прочностью и высокоэффективной сорбционностью полианилиновых сорбционных материалов можно достичь с добавлением минерально – органических добавок (5-10%).

## **ВЫВОДЫ**

1. Впервые, в электрофрактальных условиях получены фрактально-структурированные полианилиновые комплексы и сорбционные материалы на их основе. На основе теории Мандельброта методом математического программирования было изучено влияющих факторов протекания фрактально–электрохимических процессов взаимодействия полианилина с поликислотами.

2. Изучены кинетические закономерности процессов взаимодействия полианилина с поликислотами в химических, электрохимических и в электрофрактальных условиях. Определено, что процесс взаимодействия полианилинов с поликислотами можно рассматривать виде поликислотно – полиосновного взаимодействия в широких значениях концентраций, рН среды и температур.

3. Исследованы свойства фрактально-структурированных полианилиновых комплексов на основе современных физико-химических методов анализа. В спектрах оптического поглощения ПАНИ наблюдается полосы соответствующие аминной формы ~ 320 нм, катион радикалов ~ 430 нм, хинон иминной форме – 600 нм, локализованные поляроны – 780 нм.

4. Показано, что полианилиновый сорбент обладает высокой удельной поверхностью и средним диаметром пор по сравнению с другими полимер сорбентами. На основе текстурных характеристик определено оптимальное значение добавок бентонита - 6%, удельная поверхность – 166,55 М/г, общий объем пор – 0,12 см, истинная плотность – 0,89 г/см<sup>3</sup>.

5. Установлено, что в интервале кислотности от 0,1 М до 3М извлечение выхлопных газов не зависит от концентрации бентонитовых добавок, а при дальнейшем увеличении количество добавок снижает извлечение выхлопных газов. Характер зависимости свидетельствует о большой доле в процессе очистки донорно - акцепторного взаимодействия.

6. Разработаны технические условия получения гелеобразных полианилиновых сорбционных материалов и процессов очистки сорбционных материалов. Установлено, что гелеобразные полианилиновые образования эффективно сорбируют металл-ионы  $\text{Cu}^{+2}$ , при этом образуются координационные связи между ионами  $\text{Cu}^{+2}$  с  $-\text{NH}_2$  и  $\text{COO}^-$  группами полианилинового комплекса.

7. Изготовлена модульно-технологическая установка и разработаны технические условия получения полианилиновых комплексов и сорбционных материалов на их основе.

8. Установлено, что фрактально-полианилиновые комплексы и сорбционные материалы на их основе обладают высокой сорбционной способностью по отношению галогеноводородно – содержащим выхлопным газам, и к извлечению ионов цветных – тяжелых металлов. Полученные образцы полианилиновых сорбентов апробированы в опытно – промышленных испытаниях, выявленные результаты подтверждены актами производства.

9. Ожидаемый экономический эффект от применения полианилинового сорбента на примере АО «Навоиазот» за год составил один миллиард шестьсот пятьдесят миллионов сум и полученные данные результатов рекомендовано к внедрению для очистки выхлопных газов содержащих ( $\text{HCl}$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  и др) в ряде промышленных предприятий Республики Узбекистан.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.03/30.12.2019.K/T.04.02  
ON AWARD OF SCIENTIFIC DEGREES  
AT TASHKENT CHEMICAL-TECHNOLOGICAL INSTITUTE**

---

**NAVOI STATE MINING INSTITUTE**

**NABIYEV ABDISAMAT**

**CLEANING OF EXHAUST GASES AND WASTE  
WATER OF INDUSTRIAL ENTERPRISES NAME BASIS OF  
POLYANILINUM COMPLEX SORBENTS**

**11.00.05 - Environmental protection and rational  
utilization of natural resources**

**DISSERTATION ABSTRACT  
FOR THE DOCTOR OF CHEMICAL SCIENCES (DSc)**

**Tashkent – 2020**

The title of the doctoral dissertation (DSc) has been registered by the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan with registration numbers of B2019.2.DSc/K67.

Doctoral dissertation has been performed at Tashkent chemical-technological institute.

The abstract of the dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English (summary)) is available on the website at ik-kimyo.nuu.uz and on the website of «ZiyoNet» information-educational portal www.ziynet.uz,

**Research consultant:**

**Muhiddinov Bahodir**

doctor of chemical sciences, professor

**Official opponents:**

**Mutalov Shukhrat**

doctor of chemical sciences, professor

**Mukhamedov Kabidhan**

doctor of technical sciences, docent

**SidikovAbdujalol**

doctor of chemical sciences, professor

**Leading organization:**

**Institute of general and inorganic chemistry**

Defense of the dissertation will on «20» June 2020 y. on 11<sup>00</sup> at the meeting of Scientific council number DSc.03/30.12.2019.K/T.04.02 at Tashkent chemical-technological institute (Address: 100011, Tashkent, 32, Navoi Str., Tel.: (99871) 244-79-21; fax: (99871) 244-79-17, e-mail: info@tkti.uz).

The dissertation can be reviewed at the Informational Resource Centre of Tashkent chemical-technological institute (registration number 101) (Address: 100011, Tashkent, 32, Navoi Str., Ph.: (+99871)244-79-21).

The abstract is sent out "15 06 2020.  
(mailing list № 5 from "0" 06 2020).



**Kh.L. Pulatov**

Chairman of Scientific Council on award of scientific degrees, doctor of chemical sciences, docent

**F.B. Igitov**

Scientific secretary of Scientific Council on award of scientific degrees, doctor of philosophy on chemical sciences

**R.S. Sayfutdinov**

Chairman of scientific seminar at the once-only Scientific Council on award of scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

## INTRODUCTION (abstract of doctoral dissertation)

**The aim of the research** is the synthesis of fractal structural polymer - polymer complexes and the purification of industrial effluents as well as toxic gases of industrial enterprises, sorbents obtained on their basis.

**The objects of research work** are polyanilines, polyaniline complexes, bentonite minerals, as well as waste from the ammonium sulphate production workshop of Navoiyazot JSC and aniline-sulfate-containing waste from Bukhara-Karakul JSC and industrial enterprises of Navoi and Bukhara regions.

**Scientific novelty of research work** is as follows:

for the first time, fractal-structured polyaniline complexes and polyaniline sorption materials based on them were obtained using the new method;

the kinetic laws of the interaction of polyaniline with polyacids under fractal conditions have been scientifically investigated, and optimal compositions and technological conditions for the production of polyaniline complexes and sorption materials based on them have been developed;

studied physical, chemical, mechanical, sorption, operational properties of polyaniline fractal-structured sorbents are determined by modern physical and chemical methods of analysis;

the most important properties of the obtained fractally polyaniline complexes and sorption materials based on them are identified and the destruction region, electrical conductivity, and thermostability of sorption properties are determined;

it is proved that the interaction of polyanilines with polyacids under electrofractal conditions should be considered as interpolyelectrolyte processes. The resulting fractally polyaniline complexes and their sorption materials are very stable in a wide range of medium and temperature;

modular lines of processes for producing fractal polyaniline complexes and sorption materials based on them have been developed for the treatment of wastewater and exhaust gases from a number of industrial enterprises;

the technology for treating wastewater and exhaust gases has been improved, and methods for the regeneration of polymer sorbents in dynamic conditions have been created.

**Implementation of research results.** Based on the scientific results of the study, to obtain new fractal polyaniline complexes and sorption materials for the treatment of wastewater and exhaust gases of industrial enterprises:

a patent was obtained (IAP 04297, 2011) of the Intellectual Property Agency of the Republic of Uzbekistan for the method of synthesis of fractal interpolymer complex. As a result, it was possible to synthesize fractal - structural sorbents used for wastewater and exhaust gas treatment.

a patent was obtained ( IAP 04294, 2011) of the Intellectual Property Agency of the Republic of Uzbekistan on a method for producing a sorbent for purification of exhaust gases. As a result, it was possible to obtain more efficient sorbents based on fractal polyaniline complexes.

developed technical specifications (Ts 04973254-01: 2019) for the production of polyaniline sorbent and approved by the Uzstandard agency. as a result, the obtained sorbents based on polyaniline complexes can be used instead of imported sorbents;

the synthesized polyaniline complex sorbents were tested in the processes of purification of nitrous gases of Navoiazot JSC (Reference of Navoiazot JSC No.54 July 11, 2019) As a result, the possibility of purification of nitrous gases of the environment was created.

**The structure and volume of dissertation.**The dissertation consists of an introduction, five chapters, conclusion, list of references and applications. The volume of the dissertation is 178 pages.



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

**I бўлим (I часть; I part)**

1. Набиев А.Н. Электропроводящие интерполимерные комплексы полианилинов// Композиционные материалы.- Ташкент.- №3. 2007. -С.52-53. (02.00.00, №4).
2. Набиев А.Н. Электропроводящие свойства полианилиновых комплексов и композиции// Композиционные материалы.- Ташкент.- №4. -2007. -С.15-17. (02.00.00, №4).
3. Набиев А.Н. Физико-химические свойства полианилиновых композиции с поликапрамидом// Композиционные материалы.- Ташкент.- №2. - 2009. -С.16-18. (02.00.00, №4).
4. Набиев А.Н., Ёриев О.М., Ниёзов Л.Н. Мухсинова М.И. Гелинтерполимерные композиционные материалы полианилинов со сшитыми поликислотами // Композиционные материалы.- Ташкент. - №2. - 2009. -С. 46-49. (02.00.00, №4).
5. Набиев А.Н. Исследование процессов дегидрохлорирование полианилинов//Композиционные материалы. –Ташкент, №3. - 2009. -С.7-9. (02.00.00, №4).
6. Набиев А.Н., Ёриев О.М. Вольтамперметрический метод исследования процесса образования интерполимерных соединений полианилинов с поликислотами//Композиционные материалы.- Ташкент. - №3. - 2009. - С.25-27. (02.00.00, №4).
7. Набиев А., Аскарлов М.А., Ёриев О.М. Об особенностях процесса получения полианилиновых комплексов и композиции на их основе. //Узбекский химический журнал. - № 5. - 2009.-С. 54-57. (02.00.00, №6).
8. Набиев А.Н., Аскарлов М.А. Исследование полианилиновых комплексов и композиции методом УФ-спектроскопии// Узбекский химический журнал. - №6. - 2009. - С.32-34. (02.00.00, №6).
9. Набиев А.Н. Вольтамперметрический метод исследования процесса образования интерполимерных соединений полианилинов с поликислотами. // Композиционные материалы.- Ташкент.- №3.- 2009. - С.25-27. (02.00.00, №4).
10. Набиев А.Н. Изучение экспериментальных данных ИК и ЯМР спектроскопии интерполимерных комплексов и композиции полианилинов с поликислотами// Химия и химическая технология. – Ташкент. - №4. - 2009. -С.68-71. (02.00.00, №3).
11. Набиев А. Исследование процессов дегидрохлорирования интерполимерных комплексов и композиции полианилинов с поликислотами// Композиционные материалы.- №3. - 2009. -С.7-12. (02.00.00, №4).

12. Набиев А.Н. Изучение процессов получения полианилиновых композиции// Химия и химическая технология. – Ташкент. - №2.- 2010.-С.64-69. (02.00.00, №3).

13. Набиев. А.Н., Ёриев О.М. Использование гелинтерполимерных материалов полианилинов в целях обеззараживания сточных вод предприятий//Горный Вестник Узбекистана. - №3. - 2010. - С.117-119. (05.00.00, №7).

14. Набиев А.Н. Изучение кинетических факторов процессов дигидрохлорирования и термостабильности полианилина// Композиционные материалы.- Ташкент. - №2. - 2012. - С. 19-24. (02.00.00, №4).

15. Набиев А.Н. Ёриев О.М. Использование сорбентов полианилинов для очистки отходящих газов промышленных предприятий// Композиционные материалы.- Ташкент. - №2. - 2012. – С.57-59. (02.00.00, №4).

16. Набиев А.Н. Аскарлов М.А. Использование полианилиновых гелеполимерных материалов в целях обеззараживания сточных вод предприятий//Композиционные материалы. - Ташкент. - №3.- 2011. -С.70-72. (02.00.00, №4).

17. Набиев А.Н. Свойство и применение полианилиновых композиции с добавками бентонита // Композиционные материалы. - Ташкент. - №2. - 2011. -С.34-36. (02.00.00, №4).

18. Патент РУз № IAP 04294. Чиқинди газларни тозалаш учун сорбентни олиш усули / Набиев А.Н., Мавлонов Б.Ш., Фозилов С.Ф. 24.01.2011.

19. Патент РУз №IAP 04297 Фрактал интерполимер комплексларини синтез қилиш усули / Набиев А.Н., Ёриев О.М., Мавлонов Б.Ш., Фозилов С.Ф. 24.01.2011.

20. Набиев А.Н. Авлонов Ж.К. Получение и физико-химические свойства интерполимерных композиций полианилинов с поликапромидом и добавкой Нуратинского бентонита // Механика композиционных материалов и конструкций. - Москва. - Том 18. - №3. - 2012.-С.73-82. (05.00.00, №55).

21. Nabiev A.N., Avioniy Ja.K., Rozikov K.Kh. Preparation and physical and mechanical properties of interpolymer compounds of polyanilines and polnapromids with additional bentonit Nurota// Mechanics of Solids. Journal of Russian Academy of Sciences, 2012.V.18. - pp. 73-82. (05.00.00, №55).

22. Набиев А.Н., Аскарлов М.А., Ёриев О.М. Исследование физико-химических свойств наполненных полианилиновых композиционных сорбционных материалов// Механика композиционных материалов и конструкции/ - Москва. 2014. - Том 20. - №3. -С.354-363. (05.00.00, №55).

23. Nabiev A.N., Nabieva Sh.A., Yoriev O.M Research Of Structure And Properties Of The Filled Polyaniline.// Journal Of Chemical Engineering and Chemistry Research. USA. Chem. Res. Vol. 1, No. 1, 2014. pp. 3015-3022. (02.00.00, №18).

24. Набиев А.Н., Мухиддинов Б. Ф., Аскарлов М. А. Получение и изучение полианилиновых композиций с добавками Нуратинского

бентонита//Горный вестник Узбекистана, №1(72), 2018.- С. 74-77. (05.00.00, №7).

25. Набиев А.Н., Мухиддинов Ф. Б., Аскарлов М.А. Исследование физикохимических свойств полианилиновых композиционных сорбционных материалов и перспективы использования в области экологии//Kimyo va kimyo texnologiyasi, №2. 2018. –С. 38-42. (02.00.00, №3).

26. Патент РУз № IAP 05233 Депрессор кундирма сифатида акрилат гетероциклик хосилалари/ Набиев А.Н., Мавлонов Б.Ш., Фозилов С.Ф. 07.10.2013.

## II бўлим (II часть; II part)

27. Набиев А., Аскарлов М.А., Авлянов Ж.К., Рогачева В.Б. Интерполимерные комплексы и композиции полианилинов со сшитой полиакриловой кислотой//ВИНИТИ. – Москва. Деп. В1. 1991. -С.85-86.

28. Набиев А.Н., Ёриев О.М., Способы получения интерполимерных комплексов и композиционных материалов на их основе//«Бухоро давлат университети илмий ахбороти», Бухара, 2006. №4-С.92-95.

29. Nabiev A.N., Avloniy Ja. K.Rozikov K.Kh. Preparation and physico-and mechanical properties of interpolymer Compounds of polyanilines and polycapromids with additionat bentonit Nuroto// International Journal of Applied Science And Technology, 2012. - V. 18. - pp. 73-82.

30. Nabiev A.N., Yoriev O.M . Aufbereitung von industrieabwasser-wichtiger Beitrag zum umweltschutz// Berlin. Uzbekistan Heute 2009/03 Mai/Juni. pp.34-41.

31. Nabiev A.N., Bakaev X. Research Of Structure And Properties Of The Filled Polyaniline Composites Applied For Combings Of Industrial Sewage And Flue Gases// In conference «2014 Spring World Congress on Engineering and Tech Nology» (SCET 2014) will be held from April 16 to 18. 2014 in Shanghai, China, -pp. 25-32.

32. Набиев А.Н., Ёриев О.М., Фазилов С.Ф., Мавлонов Б.А. Интерполимерные композиции полианилина с полиакриловой кислотой и изучение их свойства //Сборник материалов Республиканкой научно-практической конференция «Актуальные проблемы химии высокомолекулярных соединений» -Бухара, 2010. -С.7-8.

33. Набиев А.Н., Мавланов Б.А., Ниёзов Л.Н., Мухсинова М.А. Получение и свойства интерполимерных композиции полианилинов с поликапрамидом. Республиканская научно-техническая конференция «Проблемы переработки и технологии вторичных сырьевых ресурсов».- Ташкент, 2010. -С.56-57

34. Набиев.А.Н. Композиционные материалы на основе полианилинов в целях обеззараживания сточных вод предприятий //Республиканская научно - техническая конференция «Технология переработки местного сырья и актуальные проблемы производств». –Ташкент, 2011.-С. 155-156

35. Набиев А.Н. Синтез интерполимерных комплексов на основе

ароматических аминов// Республиканская научно-практическая конференция «актуальные проблемы химии высокомолекулярных соединений» Тезисы докладов. Бухара. 9-10 апреля 2012.-С. 24-25.

36. Набиев А.Н., Мухсинова М.И., Ниязов Л.Н., Мавлонов Б.А., Интерполимерные комплексы полианилина с полиакриловой кислотой и изучение их физико-химических свойства //Республиканская научно-практическая конференция «Актуальные проблемы химии высокомолекулярных соединений» -Бухара, 2012. 9-10 апреля -С.43-44.

37. Набиев А.Н. «Экологические аспекты применения полианилиновых композиционных сорбционных материалов при очистке промышленных сточныхвод»Республиканская научно-практическая конференция «Инновация– модернизациянинг концептуал асоси» Бухара, 2016. -С.248-249.

38. Набиев А.Н., Аскарлов М.А. «Полимер – полимерные комплексные соединения полианилина и композиционные материалы на их основе» //Республиканская научно-практическая конференция «Инновация – модернизациянинг концептуал асоси» Бухара, 2016. -С.249-230.

39. Набиев А.Н., Мухиддинов Б., Алиев Т.Б., Темиров У.У. «Исследование абсорбционных процессов фрактальных полианилиновых сорбционных материалов»//Актуальные проблемы очистка нефти и газа от примесей различными физико-химическими методами Республиканская научно- практическая конференции Карши, 2019.-с-180-181 стр.

40. Набиев А.Н., Мухиддинов Б., Алиев Т.Б., Темиров У.У. «Изучение физико-химическое свойства полианилиновых комплексов с неорганическими добавками// Актуальные проблемы очистка нефти и газа от примесей различными физико-химическими методами Республиканская научно-практическая конференции Карши, 2019.- С.181-182.

**Автореферат “Kimyo va kimyo texnologiyasi” журнали тахририятида тахрир қилинди.**

Бичими 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Рақамли босма усули. Times гарнитураси.  
Шартли босма табоғи: 3,5. Адади 100 нусха. Буюртма № 153.

Гувоҳнома № 10-3719

“Тошкент кимё технология институти” босмаҳонасида чоп этилган.  
Босмаҳона манзили: 100011, Тошкент ш., Навоий кўчаси, 32-уй.