

**САМАРҚАНД ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ PhD.03/30.12.2019.К.02.05  
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ АСОСИДА БИР МАРТАЛИК  
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**САМАРҚАНД ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ**

**УЗОКОВ ЖАВЛОН РУСТАМБОВЕВИЧ**

**ХРОМАТОГРАФИЯ УЧУН НАНОСОРБЕНТЛАР ВА УЛАРНИНГ  
ФИЗИК-КИМЁВИЙ ХОССАЛАРИ**

**02.00.04 -Физик кимё**

**02.00.12-Нанокимё, нанофизика ва нанотехнология (кимё фанлари)**

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

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

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

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

**Узоков Жавлон Рустамбоевич**

Хроматография учун наносорбентлар ва уларнинг физик-кимёвий  
хоссалари..... 3

**Узоков Жавлон Рустамбоевич**

Наносорбенты для хроматографии и их физико-химические свойства ..... 21

**Uzokov Javlon Rustamboevich**

Nanosorbents for chromatography and their physico-chemical properties ..... 39

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ  
List of published works ..... 43

**САМАРҚАНД ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ PhD.03/30.12.2019.К.02.05  
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ АСОСИДА БИР МАРТАЛИК  
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**САМАРҚАНД ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ**

**УЗОКОВ ЖАВЛОН РУСТАМБОВИЧ**

**ХРОМАТОГРАФИЯ УЧУН НАНОСОРБЕНТЛАР ВА УЛАРНИНГ  
ФИЗИК-КИМЁВИЙ ХОССАЛАРИ**

**02.00.04 -Физик кимё**

**02.00.12-Нанокимё, нанофизика ва нанотехнология (кимё фанлари)**

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

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида Н2020.4.PhD/K338 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Самарқанд давлат университетини таъминлаган.

Диссертация автореферати уч тилда (Ўзбек, рус, инглиз (resюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида ([www.samdu.uz](http://www.samdu.uz)) ва «ZiyoNET» ахборот-таълим порталида ([www.ziyo.net.uz](http://www.ziyo.net.uz)) жойлаштирилган.

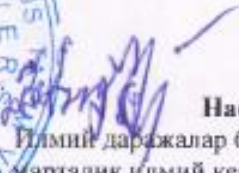
Илмий раҳбар:	Мухаммадиев Нурали Қурбоналиевич кимё фанлари доктори, профессор
Расмий оппонентлар:	Эшмаматова Нодира Бахромовна кимё фанлари доктори, доцент Эшметов Иззат Дусимбатович техника фанлари доктори, профессор
Етакчи ташкилот:	ЎзР ФА Полимерлар кимёси ва физикаси институти


Диссертация химояси Самарқанд давлат университети ҳузуридаги PhD.03/30.12.2019.K.02.05 рақамли илмий кенгаш асосида бир марталик илмий кенгашнинг 2022 йил «31» 01 соат 10<sup>00</sup> даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 140104, Самарқанд ш., Университет хиёбони, 15-уй, физика-кимё биноси, 3-қават, 305 хона. Тел.: (+99866) 239-11-40; факс: (+99866) 239-11-40; E-mail: [devonxona@samdu.uz](mailto:devonxona@samdu.uz)).


Диссертация билан Самарқанд давлат университетининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (10 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 140104, Самарқанд ш., Университет хиёбони, 15-уй, Ахборот-ресурс маркази. Тел.: (+99866) 239-11-51), E-mail: [m\\_nasrullaeva@mail.ru](mailto:m_nasrullaeva@mail.ru).

Диссертация автореферати 2022 йил «20» 01 кун тарқатилди.  
(2022 йил «19» 01 даги 11 - рақамли реестр баённомаси)



  
**Насимов А.М.**  
Илмий даражалар берувчи бир марталик илмий кенгаш раиси, т.ф.д., профессор

  
**Сайиткулов Ш.М.**  
Илмий даражалар берувчи бир марталик илмий кенгаш илмий котиби, к.ф.н., доцент

  
**Нормахматов Р.**  
Илмий даражалар берувчи бир марталик илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси, т.ф.д., профессор

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

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Дунёда кремнезем материаллар ва улар асосида олинадиган мезоғовак сорбентлар ўзларининг кимёвий, термик, механик барқарорлиги, сорбцион хоссаларининг юқорилиги, каталитик инертлиги каби ноёб хусусиятларга эга бўлганлиги учун улар фан ва саноатнинг турли соҳаларида кенг қўлланилмоқда. Уларнинг алоҳида амалий аҳамиятга эга бўлган ўзига хос томонлари сирт юзаси ва ғоваклик даражасининг юқорилигидан келиб чиқади. Шунинг учун ҳам мезоғовак материалларнинг иссиқликдан ҳимояловчи қопламалар олиш, муқобил энергия ишлаб чиқаришда, катализаторлар яратишда, хроматографик ажратишларда тутувчи ва сорбент сифатида, генларни бир-биридан ажратишда, дори воситаларининг хроматографик таҳлилида, оқова сувларини ҳар хил ифлословчилардан тозалашда, кимёвий сенсорлар олишдаги ўрни бекиёсдир.

Жаҳонда мезоғовак материаллар ва композитлар синтези ҳамда уларнинг текстур характеристикаларини ўрганиш бўйича талайгина муваффақиятларга эришилган. Жумладан, мезоғовак сорбентлар ва уларнинг турли композитларини текстур, геометрик ва сорбцион характеристикаларини электрон микроскопия, дифрактометрия ва сорбция изотермаси ёрдамида ўрганиш бўйича натижалар олинган. Шу билан бир қаторда мезоғовак сорбентлар олишда уларнинг текстур характеристикаларини бошқариб, берилган хоссани номоён қиладиган мезоғовак сорбентлар ва улар асосида турли композитлар олиш долзарб муаммолардан бўлиб ҳисобланади.

Мамлакатимизда ушбу соҳада олиб бориладиган илмий тадқиқотлардан энг самарали йўналишлардан бири табиий ва синтетик цеолитлар, маҳаллий хом ашёлар асосида сорбентлар синтези ҳамда уларнинг хоссаларини текширишга бағишланган бўлиб, уларга алоҳида эътибор қаратилиб, муайян натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикасини ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида<sup>1</sup> «маҳаллий хомашё ресурсларини чуқур қайта ишлаш асосида юқори қўшимча қийматли тайёр маҳсулот ишлаб чиқариш, принципиал жиҳатдан янги маҳсулот ва технология турларини ўзлаштириш, шу асосда ички ва ташқи бозорларда миллий товарларнинг рақобатбардошлигини таъминлаш» бўйича муҳим вазифалар белгилаб берилган. Бу борада, мезоғовак материаллар ва композитлар олишнинг золь-гель технология ва тескари микроэмульсияга асосланган янги усулларни ишлаб чиқиш, олинган материалларнинг текстур, геометрик, сорбцион характеристикаларини тадқиқ этиш, уларни амалиётга, жумладан хроматографияда қўлланиш имкониятларини ошириш катта аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон “2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг бешта устувор йўналиши бўйича Ҳаракатлар

---

<sup>1</sup>Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги Фармони;

стратегияси” тўғрисидаги Фармони, 2017 йил 23 августдаги ПҚ-3236-сон “2017-2021 йилларда кимё саноатини ривожлантириш дастури тўғрисида”ги қарори, 2018 йил 17 январдаги ПҚ-3479-сон “Мамлакат иқтисодий тармоқларининг талаб юқори бўлган маҳсулот ва хом-ашё турлари билан барқарор таъминлаш чора-тадбирлари 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 технологиялари ривожланиши устувор йўналишларига мослиги.** Мазкур тадқиқот республика фан ҳамда технологиялар ривожланишининг VII «Кимёвий технологиялар ва нанотехнологиялар» устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Дунёдаги кўпгина мамлакатларнинг илмий марказларида мезоғовак материаллар синтез қилиш ва уларнинг текстур, каталитик, сорбцион каби характеристикаларини ўрганиш ҳамда олинган материалларни қўлланилиш имкониятларини баҳолаш бўйича талайгина тадқиқотлар ўтказилган. Бу борада F. Schtith (Германия), Risheng Bai, Yue Song, Yi Li, Jihong Yu (Хитой), Keisuki Kageyama, Junichi Tamazawa, Takuzo Aida, Yanagisawa (Япония), Shuguang Deng (АҚШ), Киселев А.В., Сакодинский К.И., Волков С.А., Яшин Я.И., Беленький Б.Г., Даванков В.А., Ланин С.Н., Никитин Ю.С., Шербакова К.Д., Курбатова С.В., Агеев А.Н., Онучак Л.А., Шпигун О.А. ва бошқаларнинг хизматлари салмоқли бўлиб, улар томонидан мезоғовак кремнезем материаллар ҳамда уларнинг турли композитларини олишнинг самарали усуллари яратилган. Шунингдек, уларнинг текстур, сорбцион характеристикалари замонавий усулларда тадқиқ этилган, ғоваклик ўлчамининг ва материалнинг олиниш усулига боғлиқлиги ўрганилган.

Ўзбекистонда мазкур йўналиш ривожига Э. Орипов, С.З. Муминов, Ғ.У. Рахматқариев, Б.Ж. Кабулов, Н.Қ. Мухаммадиев, О.Н. Рўзимуродов, И.Д. Эшметов, Р.И. Исмоилов, Қ.Ф. Халилов, Ш.М. Сайитқулов, С.И. Дустов ва бошқалар ўзларининг маҳаллий хом-ашёлар асосида сорбентлар олиш, табиий ва синтетик цеолитларни модификациялаш, уларнинг сорбцион ҳамда текстур характеристикаларини ўрганиш, оқова сувларни турли қўшимчалардан тозалаш каби муаммоларни ҳал этишга қаратилган изланишлари билан салмоқли ҳисса қўшишган.

Шунга қарамадан текстур характеристикаларни бошқариб, берилган хоссани номоён қиладиган мезоғовак кремнезем материаллар ва улар асосида турли композитлар олиш долзарб муаммолардан бўлиб, муҳим аҳамиятга эга бўлган илмий йўналишдир.

**Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Самарқанд давлат университетининг илмий-тадқиқот ишлари режасига муовфиқ №ОТ-Ф7-83 “Хроматографик жараёнларни моделлаш, мақбуллаш ва “Ушланиш катталиклари - хоссалари” ўзаро боғлиқликларни

ўрганиш ҳамда уларни нанохроматографияда қўлланилиши” (2017-2020) фундаментал гранти доирасида бажарилган.

**Тадқиқот мақсади** золь-гель технологияси ёрдамида турли рН ва температураларда сирт фаол моддаларни қўллаб мезоғовак  $\text{SiO}_2$  ҳамда  $\text{SiO}_2 \cdot x\text{MeO}_2$  ( $\text{Me}=\text{Zr}, \text{Ti}; x=0,3\div 0,7$ ) нанокомпозит сорбентлар олиш ҳамда уларнинг геометрик, текстур, сорбцион характеристикаларини аниқлашдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

турли эритма муҳити ва температурада золь-гель технологияси ёрдамида сирт фаол моддалар иштирокида мезоғовак  $\text{SiO}_2$  ҳамда  $\text{SiO}_2 \cdot x\text{MeO}_2$  ( $\text{Me} = \text{Zr}, \text{Ti}; x=0,3\div 0,7$ ) нанокомпозит сорбентлар олиш;

мезоғовак сорбентлар олишнинг мақбул шароитларини аниқлаш;

сорбция сиғимининг сорбент синтези шароитлари ва температура ҳамда муҳитга боғлиқлигини 3D да ўрганиш асосида сорбция жараёнини баҳолаш;

мезоғовак сорбентларни қўллаб, юпқа қават хроматографиясида ва ЮССХ усулларида турли аралашмаларни ажратиш ва аниқлаш.

**Тадқиқотнинг объекти** мономер таркибли кремний алкоксида-ТЭОС,  $\text{ZrO}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  кристаллогидрати,  $\text{TiCl}_4$ , сирт фаол моддалар-ЦТАСІ ва ПЭГ-400 ҳамда улар асосида олинган мезоғовак  $\text{SiO}_2 \cdot x\text{MeO}_2$  ( $\text{Me}=\text{Zr}, \text{Ti}, x=0,3\div 0,7$ ) нанокомпозит сорбентларнинг сорбцион қобилиятини баҳолаш учун бензол, n-гексан, толуол ва баъзи органик бўёқлардан иборат.

**Тадқиқотнинг предмети** мезоғовак  $\text{SiO}_2 \cdot x\text{MeO}_2$  ( $\text{Me}=\text{Zr}, \text{Ti}$ ) нанокомпозит сорбентларда ғоваклик ўлчами ва сорбция катталикларининг реагентлар концентрацияси, концентрациялар нисбати, температура ва муҳит кўрсаткичига (рН) боғлиқлиги ташкил этган.

**Тадқиқот усуллари.** Диссертация ишида сканерловчи электрон микроскопия, энергодисперсион спектроскопия, рентген фазавий таҳлил, инфрақизил спектроскопия ва симобли порометрия каби физик-кимёвий тадқиқот усуллари қўлланилди.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

турли температура ва муҳитларда “Золь-Гель” технологияси ёрдамида сирт фаол моддалар қўллаб ТЭОС,  $\text{ZrO}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  кристаллогидрати ва  $\text{TiCl}_4$  дан ғовақларининг ўртача диаметри  $2,2\div 73,0$  нм бўлган мезоғовак  $\text{SiO}_2 \cdot x\text{MeO}_2$  ( $x=0,3\div 0,7$ ) нанокомпозит сорбентлар олинган ҳамда уларнинг текстур, геометрик ва сорбцион характеристикалари аниқланган;

мезоғовак сорбентлар олишнинг мақбул шароитлари танланган.  $30^\circ\text{C}$  ва  $\text{pH}=2,0$  да олинган сорбентда умумий ғовақларнинг 87,15% ни микроғовақлар,  $50^\circ\text{C}$  ҳамда  $\text{pH}=10,2$  да олинган сорбентларда эса 93,81 % ни мезоғовақлар ташкил этиши исботланган;

$30^\circ\text{C}$  ва  $\text{pH}=2,0$  да олинган  $\text{SiO}_2 \cdot 0,3\text{ZrO}_2$  таркибли сорбентда 6,25 моль/кг бензол буғлари, 5,13 моль/кг толуол буғлари, 3,84 моль/кг n-гексан буғлари ҳамда 2,61 моль/кг сув буғлари сорбцияланиши аниқланган;

мезоғовак сорбентларда юпқа қават хроматографияси усулида тетрагидроизохинолин ҳосилалари аралашмаларини аниқлаш, чиқинди сув таркибидан органик бўёқларни ажратиш ва нефть маҳсулотларининг гуруҳ таркибини ЮССХ усулида ўрганиш методикаси ишлаб чиқилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

$SiO_2$  асосида мезоғовак сорбентлар ва композитлар синтез қилишнинг методикаси ишлаб чиқилган;

$SiO_2$  асосида мезоғовак сорбентлар ва композитлар синтез қилишнинг мақбул шароитлари топилган;

мезоғовак сорбентларда юпқа қават хроматографияси усулида тетрагидроизохинолин ҳосилалари аралашмаларини аниқлаш методикаси ишлаб чиқилган;

чиқинди сув таркибидан органик бўёқларни ажратиш ва нефть маҳсулотларининг гуруҳ таркибини ЮССХ усулида ўрганиш методикаси ишлаб чиқилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги** золь-гель технологияси ёрдамида турли шароитларда олинган мезоғовак  $SiO_2 \cdot xMeO_2$  ( $Me=Zr, Ti, x=0,3 \div 0,7$ ) адсорбентларнинг фазавий таркиби рентген дифрактометрия ва ИҚ-спектроскопия, сирт морфологияси сканерловчи электрон микроскопия, элемент таркиби рентген микротаҳлили, текстур ва сорбцион характеристикалари эса симбли порометрия каби замонавий тадқиқот усулларида олинган ва статистик усулларда баҳоланган натижалар билан асосланган.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти золь-гель технологияси ва тескари микроэмульсия усули ёрдамида сорбцион хоссалари яхшиланган селектив, термик барқарор мезоғовак кремнезем сорбентлар ҳамда уларнинг композитларини олиш, уларнинг текстур, сорбцион характеристикаларининг сирт ҳодисалари физик кимёсига қўшган ҳиссаси билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти мезоғовак сорбентларда юпқа қават хроматографияси усулида тетрагидроизохинолин ҳосилалари аралашмаларини аниқлаш, чиқинди сув таркибидан органик бўёқларни ажратиш ва нефть маҳсулотларининг гуруҳ таркибини ЮССХ усулида ўрганиш методикасининг ишлаб чиқилганлиги ҳамда амалиётга жорий этилганлигидан иборат.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Хроматография учун наносорбентлар ва уларнинг физик-кимёвий хоссалари бўйича олинган илмий натижалар асосида:

“ $SiO_2$  асосида олинган мезоғовак сорбентнинг корхона оқова сувларини синтетик бўёқлардан тозалашда қўллаш” усули “АТUSH MИHNAT TEXTILE” МЧЖ шаклидаги Ўзбекистон-Туркия қўшма корхонасида амалиётга жорий этилган ( “АТUSH MИHNAT TEXTILE” МЧЖ шаклидаги Ўзбекистон-Туркия қўшма корхонасининг 2021 йил 6 августдаги 38-сон маълумотномаси). Натижада, оқова сувни бўёқлардан тозалашда 99,2% самарадорликка эришиш имконини берган;

“ $SiO_2$  асосида олинган мезоғовак сорбентдан қолдиқ намликни қуритиш” усули “АНMAD ISROIL TEX” МЧЖ шаклидаги Ўзбекистон-Хитой қўшма корхонасида амалиётга жорий этилган ( “АНMAD ISROIL TEX” МЧЖ шаклидаги Ўзбекистон-Хитой қўшма корхонасининг 2021 йил 21 августдаги



62-сон маълумотномаси). Натижада, пайпоқ маҳсулотларини намликдан сақлаш муддатини икки баробар (50-60%) га узайтириш имконини берган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Мазкур тадқиқот натижалари 23 та, жумладан 7 та халқаро ва 16 та республика илмий-амалий анжуманларида маъруза қилинган ва муҳокамадан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Диссертация мавзуси бўйича жами 28 та илмий иш чоп этилган, шулардан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг диссертациялар асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 5 та мақола, жумладан, 1 та мақола хорижий журналда нашр этилган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 113 бетни ташкил этади.

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

**Кириш** қисмида ўтказилган тадқиқотларнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари, объект ва предметлари тавсифланган, республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиқ берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиш, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **“Мезоғовак сорбентлар синтези ва хоссаларини текширишнинг ҳозирги ҳолати”** деб номланган I бобида мезоғовак сорбентларнинг олиниш усуллари, уларнинг геометрик, текстур ва сорбцион характеристикаларини ўрганишнинг ҳозирги ҳолати, золь-гель технологияси асосида мезоғовак сорбентлар олиш, турли сирт фаол моддалар иштирокида мезоғовак сорбентларнинг темплант синтези, мезоғовак сорбентларнинг модификацияси, композит наногибрид сорбентлар олиш усуллари ҳамда мезоғовак сорбентларнинг хроматографияда қўлланилишига доир илмий нашрларда чоп этилган ишларга шарҳлар берилган. Шунингдек, улар умумлаштирилиб, мезоғовак сорбентлар ва уларнинг композитларини олишда реагентлар нисбати, эритма муҳити ва температуранинг материал ғоваклик ўлчамларига таъсири бўйича ишлар атрофича амалга оширилмаганлиги, мезоғовак адсорбентлар ва уларнинг композитларида сорбция изотермасининг реагентлар нисбати, муҳит ва температурага боғлиқ ҳолда ўрганиш бўйича ишларнинг бажарилмаганлиги, шунинг учун мезоғовак композит сорбентларни синтез жараёнида реагентлар нисбати, эритма муҳити ва температура бўйича мақбуллаштириш берилган ўлчамдаги материаллар олиш нуқтаи назардан долзарб эканлиги асосланган.

Диссертациянинг II боби **“Тадқиқот объектлари, усуллари ва мезоғовак сорбентлар синтези”** га бағишланган бўлиб, унда  $\text{SiO}_2$  ва  $\text{SiO}_2 \cdot x\text{MeO}_2$  бўлган нанокомпозит сорбентлар синтези учун зурур бўлган

реагентларнинг характеристикалари ва синтез методикалари ҳамда тадқиқот усуллари келтирилган. Сорбентлар сирти ва уларнинг ғоваклик даражаларини тадқиқ этиш усуллари сифатида дилотометрия, рентген дифрактометрия (XRD), сканерловчи электрон микроскопия, микрорентген таҳлил, ИҚ-спектроскопия, сорбция изотермасини ўрганиш учун эса Мак-Бен-Бакранинг сезгир кварц спиралли қурилмаси ва унда олинган натижалар асосида БЭТ ҳамда Ленгмюр изотермаларини тузиш ҳақидаги маълумотлар ўрин олган.

Диссертациянинг III боби “**Нанокөмкөзит сорбентларнинг текстур характеристикалари ва физик-көмөвий хөссалари**” таҳлил этишга бағишланган.

Адсорбентларнинг сорбцион хөссалари уларнинг ғоваклик даражаси, сиртдаги сорбцион марказларнинг миқдори, композитнинг табиати ва бошқа омилларга боғлиқ бўлганлиги учун ҳам ўлчам орқали сорбцион хөссалари бошқариладиган сорбентлар, жумладан нанокөмкөзитлар олишга доир ишлар бажарилди. Шундан келиб чиққан ҳолда ғовакликнинг шаклланишига таъсир этувчи омиллар сифатида реагентлар концентрацияси, улар миқдорий нисбатлари, эритма муҳити, температура, сирт фаол модда табиатининг таъсири ўрганилди.

#### **Сорбентлар синтезида гөль хөсил бўлиш кинетикасини ўрганиш.**

Кремнезем ва нанокөмкөзит сорбентларнинг синтезида бирламчи золлардан гөль хөсил бўлиш вақти ҳамда унинг фаолланиш энергиялари ўрганилди. Бунинг учун дилотометр асбобида температуранинг ўзгариши ёрдамида ТЭОС дан гөль хөсил бўлиш вақти ( $t_g$ ) аниқланди ва унинг фаолланиш энергияси хисобланди. Золь-гөль технологияси ёрдамида кремнезем сорбенти учун гөль хөсил бўлишнинг фаолланиш энергияси  $E_a=32,3\pm 10,4$  кЖ/моль,  $SiO_2 \cdot 0,3ZrO_2$  композит учун  $E_a = 63,6\pm 15,2$  кЖ/моль,  $SiO_2 \cdot TiO_2$  композит учун эса  $E_a = 65,9\pm 10,5$  кЖ/моль эканлиги аниқланди.

**Ғоваклар ўлчамига реагентлар концентрациясининг таъсири.**  $SiO_2$  ва нанокөмкөзит сорбентлар синтезида ғовак ўлчами ҳамда солиштирма сиртнинг шаклланишига реагентлар концентрациясининг таъсири ўрганилди. Олинган натижалар асосида БЭТ тенграмасини қўллаб сорбентларнинг қуйидаги муҳим текстур характеристикалари: солиштирма сирти ( $S_{БЭТ}$ , м<sup>2</sup>/г), ғоваклар ҳажми ( $V_s$ , см<sup>3</sup>/г), ўртача диаметри ( $D$ , нм) ва сорбция сифимлари ( $a_s$ , моль/кг) аниқланди (1-жадвал).

#### **1-жадвал**

#### **Кремнезем сорбентлар текстур характеристикаларининг ТЭОС концентрациясига боғлиқлиги (50°С да)**

ТЭОС, моль/л	$S_{БЭТ}$ , м <sup>2</sup> /г	$V_s$ , см <sup>3</sup> /г	$D$ , нм	$a_s$ , моль/кг	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>
0,04	316,5±45,3	0,44±0,05	10,4±0,8	3,52±0,6	0,45±0,02
0,06	532,6±51,6	0,40±0,11	8,5±0,4	3,98±0,7	0,31±0,03
0,08	952,5±32,6	0,32±0,11	2,4±0,3	5,85±0,3	0,12±0,06
0,1	886,3±20,6	0,36±0,09	6,5±0,5	4,76±0,2	0,19±0,06
0,2	943,2±52,0	0,34±0,02	2,2±0,6	5,12±0,8	0,15±0,02

Жадвалдан, ТЭОСнинг концентрацияси 0,2 моль/л бўлган эритмасидан олинган сорбентнинг солиштирма сирт ўлчами 0,1 моль/л эритмасидан олинган сорбент сирт ўлчамидан 1,06 марта, 0,06 ва 0,04 моль/л эритмаларидан олинган сорбентга нисбатан эса мос равишда 1,77 ҳамда 2,98 баробар юқори бўлишини кўриш мумкин. Кремнезем сорбентлар синтезида ТЭОСнинг 0,08 моль/л концентрацияли эритмасидан олинган сорбент солиштирма сирти энг юқори бўлиб, унинг ўлчами  $952,5 \pm 32,6$  м<sup>2</sup>/г га тенг бўлиши кузатилди. Шунингдек, сорбентлар синтезида ТЭОС концентрациясининг ортиши ғоваклар ўртача диаметрининг камайишига, сорбция сиғимини эса (бензол буғлари бўйича) ортишига олиб келиши кузатилди. Сорбция изотермалари ва СЭМ ёрдамида олинган натижалардан ТЭОС нинг 0,2 моль/л бўлган эритмасидан синтез қилинган кремнезем сорбент умумий ғоваklarининг 90,2%, 0,1 моль/л эритмасидан олинган сорбентда 87,6%, 0,06 моль/л ва 0,04 моль/л концентрацияли эритмасидан олинган сорбентларда эса мос равишда 78,4% ҳамда 80,4 % ни мезоғоваклар ташкил қилиши ҳамда сорбентларнинг ғоваклик даражасининг ортиши ҳамда уларнинг сочилгандаги зичлигини  $0,45 \pm 0,02$  г/см<sup>3</sup> дан  $0,15 \pm 0,02$  г/см<sup>3</sup> гача камайишига олиб келганлиги қайд этилди.

Кремнезем сорбентлар синтезида ғоваклар структураси ва ўлчамини бошқарувчи агент ЦТАСІ сирт фаол моддасининг концентрацияси ортиши билан олинган сорбентларга бензол буғлари адсорбциясидан ҳосил бўлган изотермаларда гистерезис ҳалқалари ҳажмининг ортиши кузатилди. Бу эса ЦТАСІ концентрациясининг ортиши билан мезоғоваклар ҳажмининг ортишидан далолат беради (2-жадвал).

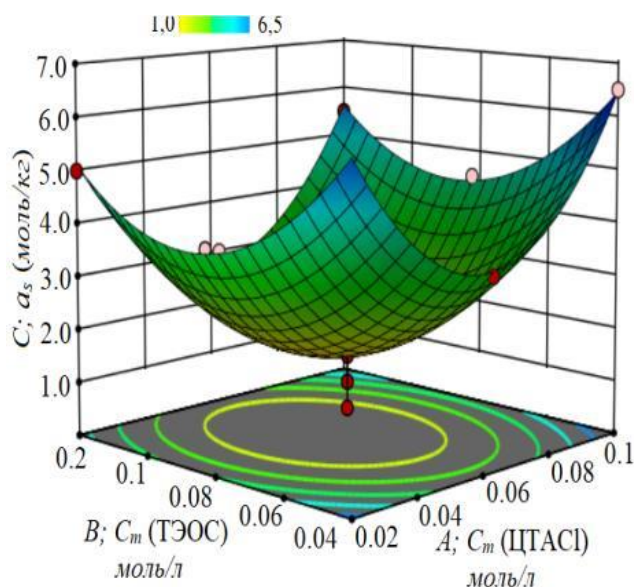
## 2-жадвал

### Кремнезем сорбент текстур характеристикаларига ЦТАСІ концентрациясининг таъсири

ЦТАСІ (моль/л)	ТЭОС (моль/л)	$S_{БЭТ}$ , м <sup>2</sup> /г	$V$ , см <sup>3</sup> /г	$D$ , нм	$a_s$ , моль/кг
0,02	0,1	$350,4 \pm 51,6$	$0,62 \pm 0,06$	$12,6 \pm 0,9$	$4,13 \pm 0,1$
0,04		$473,6 \pm 53,5$	$0,55 \pm 0,07$	$10,2 \pm 0,8$	$4,28 \pm 0,8$
0,06		$700,4 \pm 60,2$	$0,38 \pm 0,08$	$6,5 \pm 0,7$	$5,17 \pm 0,5$
0,08		$658,5 \pm 58,7$	$0,51 \pm 0,08$	$9,2 \pm 0,7$	$4,86 \pm 0,5$

Синтез жараёнида ЦТАСІ нинг эритмадаги концентрацияси 0,02 моль/л дан 0,08 моль/л гача ортганда сорбентнинг солиштирма сирт ўлчами  $350,4$  м<sup>2</sup>/г дан  $658,5$  м<sup>2</sup>/г гача ортиши аниқланди. Шунингдек, ғоваклар ўртача диаметрининг  $12,6$  нм дан  $9,2$  нм гача пасайиши бензол буғлари бўйича сорбцион сиғимни 1,17 марта ортишига олиб келганлигини кўриш мумкин (1-расм).

Золь-гель технологияси ёрдамида  $SiO_2 \cdot xZrO_2$  наноккомпозит сорбентлар синтезида эритмада  $ZrO_2$  золлари концентрациясинининг ортиши уларнинг солиштирма сирт ўлчами ( $S_{БЭТ}$ ), ғовакларнинг ҳажми ( $V_s$ , см<sup>3</sup>/г) ва ўртача диаметри ( $D$ , нм) ўзгаришига олиб келиши кузатилди.



**1-расм. Сорбцион сифимнинг ТЭОС ва ЦТАСІ концентрацияларига боғлиқлиги**

Синтез жараёнида  $50^{\circ}\text{C}$  да  $\text{ZrO}_2$  золлари 0,03; 0,05; 0,07 концентрация билан олинганда, улардан синтез қилинган сорбентларнинг текстур характеристикалари 3.2-жадвалда келтирилган тартибда ўзгариши кузатилди.  $\text{SiO}_2 \cdot 0,3\text{ZrO}_2$  сорбент солиштирма сиртининг ўлчами  $\text{SiO}_2 \cdot 0,5\text{ZrO}_2$  сорбент солиштирма сиртидан 1,27 марта,  $\text{SiO}_2 \cdot 0,7\text{ZrO}_2$  сорбент сирт ўлчамидан эса 3,22 марта катта бўлиши аниқланди.  $\text{SiO}_2 \cdot x\text{ZrO}_2$  сорбент намуналари таркибида  $\text{ZrO}_2$  миқдорининг ортиши билан ғоваклар ўртача диаметрининг ортиши кузатилди (3-жадвал).

Шунингдек,  $\text{SiO}_2 \cdot x\text{ZrO}_2$  (0,3÷0,7) композит сорбент таркибида  $\text{ZrO}_2$  миқдорининг ортиши билан уларда сочилгандаги зичликнинг ортиб боришини кўриш мумкин. Бу уларда ғоваклик даражасини камайишидан далолат беради.

**3-жадвал**

**$\text{SiO}_2 \cdot x\text{ZrO}_2$  сорбентларнинг текстур характеристикалари**

$C_M$ (моль/л)	$S_{\text{БЭТ}}$ , $\text{m}^2/\text{г}$	$V$ , $\text{cm}^3/\text{г}$	$D$ , нм	$\rho$ , $\text{cm}^3/\text{г}$
0,03	$975,6 \pm 92,6$	$0,82 \pm 0,09$	$6,5 \pm 0,5$	$0,34 \pm 0,06$
0,05	$768,4 \pm 78,4$	$0,65 \pm 0,06$	$52,4 \pm 3,8$	$0,73 \pm 0,06$
0,07	$302,6 \pm 35,8$	$0,34 \pm 0,04$	$60,2 \pm 4,6$	$0,95 \pm 0,10$

**Сорбентларнинг фазавий ва элемент таркиби.**  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{SiO}_2 \cdot x\text{ZrO}_2$  ва  $\text{SiO}_2 \cdot \text{TiO}_2$  наноккомпозит сорбентларнинг фазавий таркиби рентген дифрактометрия усулида ўрганилди. Олинган дифрактограммалар калибрлаш стандартлари ёрдамида ярим миқдорий усул билан таҳлил қилинди.

Золь-гель технологияси ёрдамида олинган мезоғовак кремнезем сорбентларнинг рентген дифрактометрик таҳлил натижалари сорбентларнинг аморф, тетраэдр ва моноклиник кремнезем  $\text{SiO}_2$  фазаларидан иборат бўлиши аниқланди.

Кремнезем сорбентнинг рентген дифрактометрик таҳлилидан  $2\theta = 28,2^{\circ}$ ;  $36,2^{\circ}$ ;  $41,8^{\circ}$ ;  $55,2^{\circ}$  ва  $70,2^{\circ}$  соҳаларида юқори интенсивли тетраэдр  $\text{SiO}_2$  дан

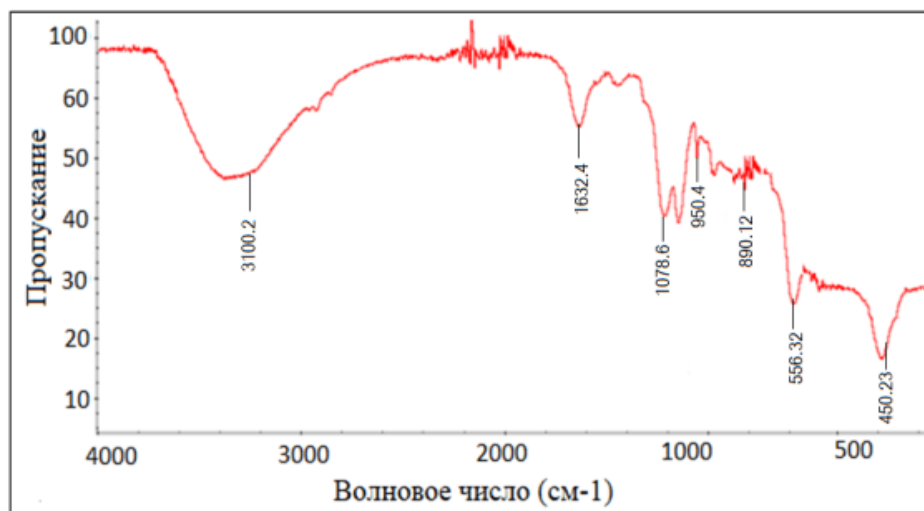
ҳосил бўлган чўққилар мавжудлиги аниқланди,  $2\theta = 18,4^\circ \div 62,2^\circ$  соҳаларда эса кучсиз интенсивли аморф  $\text{SiO}_2$  спектрлари ҳосил бўлган.

$\text{SiO}_2 \cdot \text{TiO}_2$  рентген дифрактограммасидан  $2\theta = 22^\circ \div 27,2^\circ$  ва  $38^\circ \div 88,4^\circ$  бўлган соҳаларда мезоғовак аморф  $\text{SiO}_2$  га тегишли кучсиз интенсив сигнал ҳисобига ҳосил бўлган спектрлар аниқланди.  $2\theta = 27,8^\circ$ ;  $36,4^\circ$ ;  $38,2^\circ$ ;  $43,4^\circ$ ;  $55,6^\circ$  ва  $58,3^\circ$  соҳаларда тетрогонал  $\text{TiO}_2$  ҳисобига рентген нурунинг юқори дифракцияли интенсив чўққилар ҳосил бўлганлиги кузатилди. Сорбентнинг фазавий таркибини 41,4% аморф  $\text{SiO}_2$ , 53,5 % тетрогонал  $\text{TiO}_2$  ташкил қилиши аниқланди.

Турли температураларда ( $30^\circ\text{C}$ ,  $50^\circ\text{C}$ ,  $70^\circ\text{C}$ ,  $90^\circ\text{C}$  ва  $120^\circ\text{C}$ ) олинган  $\text{SiO}_2 \cdot x\text{ZrO}_2$  нанокомпозит сорбентларнинг фазавий таркиби деярли бир хил эканлиги, фақат улар бир-биридан миқдорий жиҳатдан фарқ қилиши кузатилди. Жумладан,  $\text{SiO}_2 \cdot 0,3\text{ZrO}_2$  нанокомпозит сорбентларнинг рентген дифрактометриқ таҳлилидан намуналар фазавий таркиби полидисперс эканлиги қайд этилди, яъни  $2\theta = 18,1^\circ \div 82^\circ$  гача бўлган соҳаларда аморф  $\text{SiO}_2$  нинг зич кучсиз сигналли спектрларидан иборат эканлиги кузатилди.  $2\theta = 20,4^\circ$ ;  $27,9^\circ$ ;  $36,5^\circ$  ва  $69,2^\circ$ ,  $82^\circ$  соҳаларда аморф  $\text{ZrO}_2$  нинг кучсиз сигналли спектрлари ҳосил бўлиши аниқланди.  $2\theta = 22,8^\circ$ ;  $28,2^\circ$ ;  $36,4^\circ$ ;  $55,6^\circ$ ;  $57,2^\circ$  соҳаларда тетраэдр  $\text{SiO}_2$  нинг юқори интенсивли спектрлари ҳосил бўлиши аниқланди. Сорбентнинг фазавий таркибини эса, 55,2 % аморф  $\text{SiO}_2$ , 6,5 % тетраэдр  $\text{SiO}_2$  ва 38,3 % аморф  $\text{ZrO}_2$  дан иборат эканлиги аниқланди. Бу эса  $\text{SiO}_2 \cdot 0,3\text{ZrO}_2$  таркибга тўлиқ мос келади.

$\text{SiO}_2 \cdot 0,5\text{ZrO}_2$  сорбент намунасининг рентген дифрактометриқ таҳлилидан, спектрлар тақсимланишида олдинги намуналар билан деярли бир хил эканлиги, фазаларнинг миқдорий таркибида эса яққол ўзгаришлар борлиги кузатилди. Турли температурада олинган  $\text{SiO}_2 \cdot 0,7\text{ZrO}_2$  нанокомпозит сорбент намуналарининг таркиби асосан кристаллик фазалардан иборат бўлиши аниқланди.

**ИК спектроскопик таҳлил.**  $\text{SiO}_2 \cdot x\text{ZrO}_2$  ва  $\text{SiO}_2 \cdot \text{TiO}_2$  нанокомпозит сорбентларнинг таркибида атомлар ва атомлар гуруҳлари орасидаги кимёвий боғлар ИК спектроскопия усулида ўрганилди (2-расм).



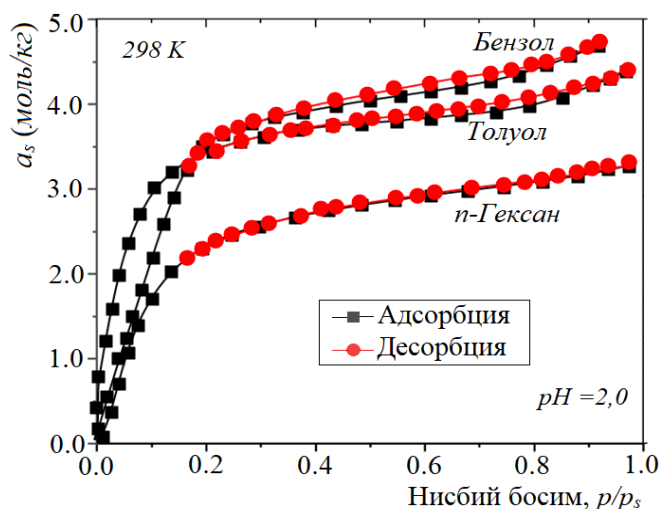
2-расм.  $\text{SiO}_2 \cdot 0,3\text{ZrO}_2$  сорбентнинг ИК спектрлари

$SiO_2 \cdot 0,3ZrO_2$  таркибли нанокөмпозит сорбент ИҚ спектрларининг 3000-3100  $см^{-1}$  соҳасида ҳосил бўлган чуққилар, адсорбиланган сув ва силонол гуруҳлар (Si-OH) орасидаги водород боғларининг валент тебраниши ҳисобига вужудга келганли аниқланди. ИҚ спектрларининг 10781-100  $см^{-1}$  диапазонида чўзилган чуққилар силоксан боғларининг (Si-O-Si) диформацияли тебранишидан, 950  $см^{-1}$  соҳадаги чуққилар эса, Si-O-Si боғларининг валент тебраниш частотаси ҳисобига ҳосил бўлганлигини кўриш мумкин.

Шунингдек, спектрларнинг 890-900  $см^{-1}$  соҳаларида кучсиз сигналли чуққилар Si-O-Zr боғларининг диформацияли тебранишидан ҳосил бўлиши кузатилди. ИҚ спектрларининг 450-500  $см^{-1}$  диапазонидаги чуққилар эса, Zr-O-Zr боғлари ҳисобига вужудга келган.

**Сорбентларнинг адсорбция изотермалари ва сирт морфологияси.** Золь-гель технологияси орқали турли температурада олинган  $SiO_2$  ва  $SiO_2 \cdot xMeO_2$  (Zr, Ti) сорбентларга моддалар сорбциясидан олинган изотермалар ёрдамида уларнинг текстур характеристикалари ўрганилди.

Золь-гель технологияси ёрдамида турли температурада олинган  $SiO_2 \cdot xZrO_2$  нанокөмпозит сорбентларнинг текстур характеристикалари ҳисобланди. 30°C да ҳамда эритма рН қиймати 2,0 га тенг тенг бўлганда олинган  $SiO_2 \cdot 0,3ZrO_2$  нанокөмпозит сорбентда учувчан органик бирикмалар сорбцияланишидан ҳосил бўлган сорбция изотермалари 3-расмда келтирилган.



**3-расм.  $SiO_2 \cdot 0,3ZrO_2$  нанокөмпозит сорбентда бирикмаларнинг сорбция изотермалари**

30°C да синтез қилинган  $SiO_2 \cdot 0,3ZrO_2$  сорбентда бензол буғи адсорбцияси нисбий босим нолдан,  $p/p_s=0,2$  гача кескин кўтарилиши орқали микроғоваклар тўйиниш ҳолатига яқинлашиб бориши кузатилди. Нисбий босимнинг  $p/p_s=0,4 \div 0,6$  оралиғида адсорбция ва десорбция изотермаларида капилляр конденсация ҳисобига жуда кам миқдорда ажралиш содир бўлган. Бу 30°C да олинган сорбент намуналарида ўлчамлари жиҳатдан жуда кичик бўлган мезоғоваклар ҳам мавжудлигидан далолат беради.

Сорбентларда умумий ғовакларнинг 91,6% микроғоваклар, 5,6 % эса мезоғоваклар ташкил қилиши аниқланди.

Синтез жараёнида гидролиз катализатори сифатида  $\text{NH}_4\text{OH}$  ( $\text{pH}=10,2$ )ни қўллаб олинган сорбентнинг сорбция изотермаларидан эса 85,2% микроғоваклардан ва 10,5% мезоғоваклардан иборат эканлиги аниқланди. Изотермалар ИЮПАК таснифи бўйича I типга мансуб. Олинган натижалар СЭМ таҳлилида олинган натижалар билан мос келиши аниқланди (4-жадвал).

#### 4-жадвал

#### $\text{SiO}_2 \cdot x\text{ZrO}_2$ ( $x=0,3 \div 0,7$ ) сорбентларнинг текстур характеристикалари

Адсорбент	pH	$S_{\text{БЭТ}}$ , м <sup>2</sup> /г	$a_m$ , моль/кг	$a_s$ , моль/кг	D, нм
$\text{SiO}_2 \cdot 0,3\text{ZrO}_2$	2,0	975,6±100	2,6±0,2	6,2±0,8	0,8±0,05
	5,2	710,2±100	1,2±0,1	3,7±0,5	2,5±0,42
	10,2	816,3±100	1,75±0,6	4,5±0,2	1,3±0,23
$\text{SiO}_2 \cdot 0,5\text{ZrO}_2$	2,0	816,2±50	0,45±0,02	4,5±0,5	12,5 ±1,1
	5,2	523,4±20	0,82±0,04	3,8±0,4	32,4±2,2
	10,2	763,8±20	0,58±0,03	3,8±0,3	25,3±1,7
$\text{SiO}_2 \cdot 0,7\text{ZrO}_2$	2,0	232,4±20	0,44 ± 0,03	1,8±0,2	52,2 ±3,8
	5,2	110,3±10	0,32 ± 0,02	1,6±0,2	72,8±6,2
	10,2	284,5±10	0,30 ± 0,03	0,8±0,1	60,5±5,3

$\text{SiO}_2 \cdot 0,7\text{ZrO}_2$  нанокомпозит ғоваклар ўртача диаметри 60,5±5,2 бўлиб, улар макроғоваклар даражасида эканлиги ва сорбентнинг адсорбцион сифими жуда паст кўрсаткичда эканлиги аниқланди.

Бензол буғи сорбция изотермалари ёрдамида микроғовакларнинг ҳажмий тўйиниш назарияси ва Дубинин-Астахов тенгламасидан турли нисбий босимда ( $p/p_s$ ) аниқланган адсорбция ҳажмлари,  $p/p_s=0,4$  микроғоваклар ҳажми  $W_0$ , мезоғоваклар ( $W_{\text{мезо}}=V_s-W_0$ ) адсорбентларнинг тўйиниш ҳажмлари ( $V_s$ ) ҳисобланди (5-жадвал).

#### 5-жадвал

#### 30°C да ва турли pH қийматларда $\text{SiO}_2 \cdot 0,3\text{ZrO}_2$ нанокомпозит сорбентларнинг бензол буғи адсорбциясига кўра ғоваклар ҳажми

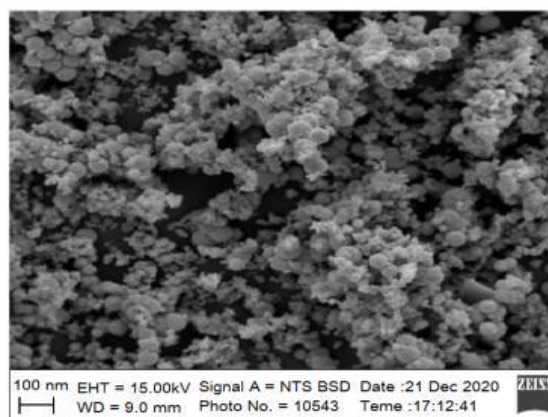
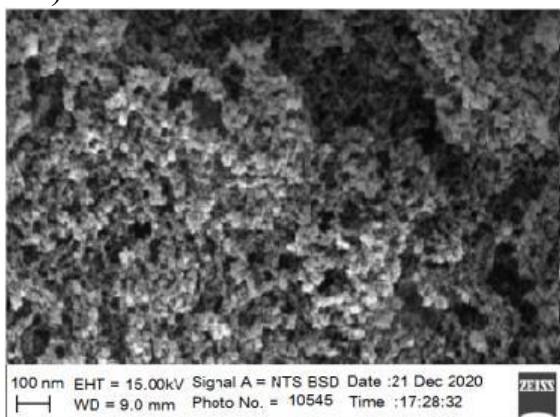
Синтез жараёнининг pH қиймати	$W_0 \cdot 10^3$ , см <sup>3</sup> /г	$W_{\text{ме}} \cdot 10^3$ , см <sup>3</sup> /г	$V_s \cdot 10^3$ , см <sup>3</sup> /г
2,0	0,155 ± 0,04	0,224 ± 0,2	0,309 ± 0,25
5,2	0,216 ± 0,08	0,342± 0,1	0,558 ± 0,12
10,2	0,270± 0,04	0,416 ± 0,8	0,686 ± 0,15

Кучсиз ишқорий муҳитда олинган сорбент намунасида умумий ғоваклар ҳажми 0,386 см<sup>3</sup>/г ни ташкил қилиб, кислотали муҳитда олинган сорбентларга нисбатан тўйиниш ҳажми 2,8 марта кичик эканлигини кўриш мумкин. Бундан синтез жараёнида эритма муҳитининг ўзгариши сорбент ғоваклар ҳажмига бевосита таъсир қилади дейишга асос бўлади.

50°C да ҳамда эритманинг муҳити pH=2,0 ва pH=10,2 да олинган  $\text{SiO}_2 \cdot 0,3\text{ZrO}_2$  нанокомпозит сорбентлар сиртида ғоваклар тақсимланишини ва улар

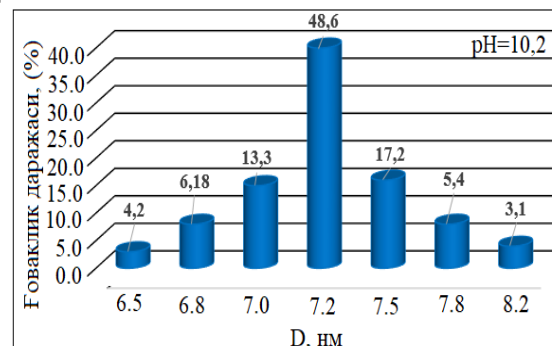
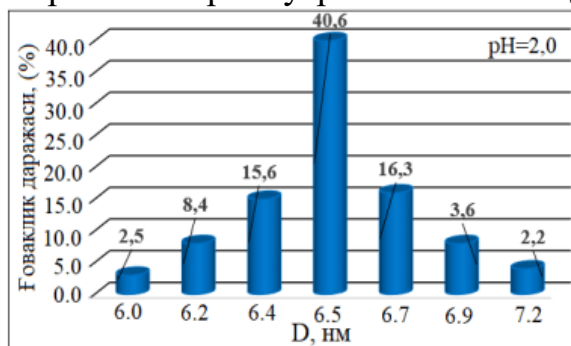


ўртача диаметрини СЭМ ёрдамида олинган тасвирларда кўриш мумкин (4-расм).



**4-расм. 50°C да рН=2,0 да темплант ПЭГ-400 ва рН=10,2 да СФМ ЦТАСІ ни қўллаб олинган SiO<sub>2</sub>·0,3ZrO<sub>2</sub> сорбентлар сиртининг СЭМдаги тасвири**

Адсорбция изотермалари ва СЭМ таҳлилидан олинган натижаларга кўра 50°C да сорбент намуналарида ғовакларнинг сирт юзада тақсимланишини кўйидаги графиклар асосида ифодалаш мумкин (5-расм). Унга кўра сорбентларда умумий ғовакларнинг 89,6-93,4% мезоғовакларга, 2,3-6,7% эса микроғовакларга тўғри келиши аниқланди.



**5-расм. 50°C да рН 2,0 ва 10,2 да олинган сорбентлар сиртида ғоваклар ўлчами бўйича тақсимоти**

Турли нисбий босимларда бензол буғи адсорбциясидан олинган изотермалар БЭТ тенгламасининг чизиқли шаклига мослиги ўрганилди.

$$\frac{p/p_s}{a(1-p/p_s)} = \frac{1}{a_m \cdot C} + \frac{C-1}{a_m \cdot C} \cdot (p/p_s)$$

Турли нисбий босим ( $p/p_s$ ) адсорбатнинг сорбцияланган миқдори ёрдамида  $\frac{p/p_s}{a(1-p/p_s)} = f(p/p_s)$  боғлиқлик асосида 50°C да олинган сорбент намуналарининг ҳар хил нисбий босимларда бензол буғи адсорбция изотермасининг БЭТ моделининг чизиқли шаклига мослиги қайд этилди.

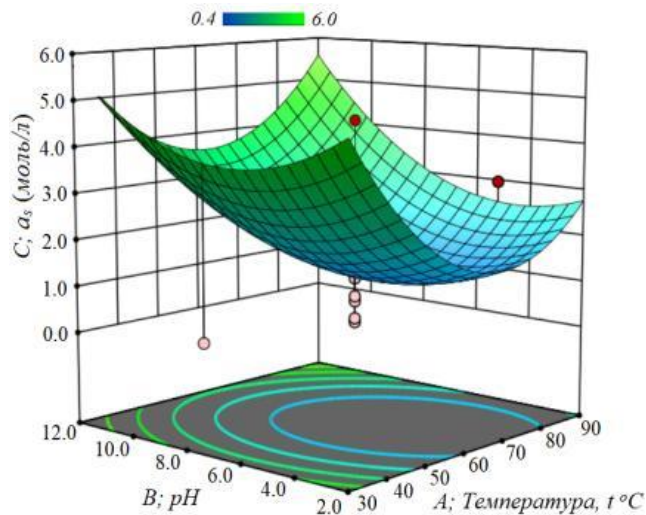
Реагентлар ТЭОС ва Н<sub>2</sub>О дан 1:4 моль нисбатда олиб синтез қилинган SiO<sub>2</sub>·TiO<sub>2</sub> композит сорбентларга бензол ва сув буғларининг адсорбциясидан олинган сорбция/десорбция изотермаларидан улар мезоғоваклардан иборат эканлиги аниқланди.

SiO<sub>2</sub>·TiO<sub>2</sub> нанокompозит сорбентларга бензол буғи адсорбция изотермалари ИЮПАК таснифи бўйича IV типга мансуб бўлиб, нисбий босим



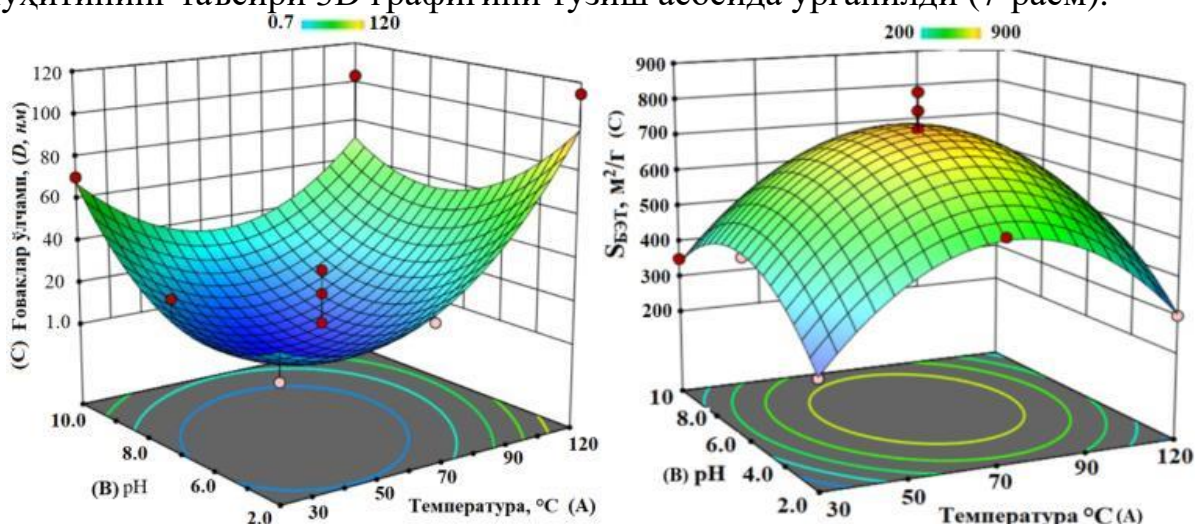
$p/p_s=0,4\div 0,8$  да капилляр конденсация ҳисобига гистерезис ҳалқалари ҳосил қилиши аниқланди.

Синтез жараёнида ғоваклар структураси ва ўлчамларининг эритма муҳитига боғлиқ ҳолда шаклланиши адсорбентларнинг сорбция сиғимини белгилаб бериши аниқланди. Золь-гель жараёнида температуранинг ортиши сорбентларнинг ғоваклик даражасига бевосита таъсир этади. Нисбатан паст ҳароратларда олинган сорбентларга турли органик бирикмалар адсорбция сиғими юқори эканлигини юқоридаги маълумотлар асосида хулоса қилиш мумкин (6-расм).



**6-расм. Турли температура ва эритма муҳитида олинган  $SiO_2 \cdot 0,3ZrO_2$  таркибли сорбентда сорбция сиғимининг ўзгариши**

Умумий ҳолатда қилинган сорбент намуналарининг солиштирма сирти ва ғоваклар ўртача диаметрининг шаклланишига температура ва эритма муҳитининг таъсири 3D графигини тузиш асосида ўрганилди (7-расм).



**7-расм. Сорбент намуналари синтезида ғоваклар ўлчами (a) ва сорбент солиштирма сирт юзасининг (b) шаклланишига эритма муҳити ва температуранинг таъсири**

Расмдан ўзаро таъсирга жавоб берадиган 3D сирт ва контур участкаларида температура ва эритма муҳитининг ўзгариши ҳисобига учинчи функция бўлган ғоваклар ўлчамининг координата ўқлари бўйича ўзгариши

келтирилган (а). Расмдан кўриниб турибдики, температура ортиши (А параметрнинг ўзгариши) ғовак ўлчамининг (С параметр) ўзгаришига чизикли боғлиқ. Температуранинг ортиши эритма муҳитининг (В параметр) ортишига нисбатан ғовак ўлчамининг ортишига кўпроқ таъсир қилиши аниқланди.

Тажриба натижалари асосида ғовак ўлчамининг температура ва эритма муҳитига боғлиқлик қийматларининг мослик даражаси ( $R^2$ ) 0,8947 эканлиги аниқланди.

Юқорида олинган натижалардан шуни хулоса қилиш мумкинки, золь-гель синтез жараёнида паст температурада СФМ молекуласи ва кремний прекурсорларининг ўзаро ( $S^0H^+$ )( $X^-I^+$ ) таъсирига мувофиқ тартибланган ва бир хил ўлчамли мицелла ҳосил қилиши натижасида монодисперс табиатли ғовакларга эга сорбент олиш мумкин.

Температуранинг ортиши эса поликонденсация реакция тезлигини, шу билан бирга термодинамик нуқтаи назардан система тартибсизлик даражасини оширади ва гель ҳосил бўлиш вақтини қисқартиради.

Бироқ юқори температурада СФМ ва кремнезем прекурсори ўртасидаги ўзаро таъсир суслиги сабабли тартибсиз матрицаларни ҳосил бўлишига олиб келади. Натижада калцинация босқичидан сўнг ғоваклар ўлчами йирик бўлган сорбент намуналари олинади.

Диссертациянинг “Мезоғовак сорбентларнинг қўлланилиши” деб номланган IV бобида олинган сорбентларнинг хроматографияда қўлланилишини текширишга мисоллар келтирилган.

**Юпқа қават хроматографияси ёрдамида мезоғовак сорбентларда тетрагидроизохинолин ҳосилалари аралашмаларини ажратиш.** Мезоғовак кремнезем ва нанокомпозит сорбентларнинг қўлланилиш имкониятлари юпқа қават хроматографияси усулида гомовератриламнининг турли органик кислоталар билан конденсатланиш ҳамда циклланиш реакциясидан ҳосил бўлган тетрагидроизохинолин ҳосилаларини ажратиш ёрдамида баҳоланди. Бунинг учун юпқа қават сорбент қуйидагича тайёрланди: 0,80 грамм микдордаги сорбент ( $SiO_2$ ,  $SiO_2 \cdot 0,3ZrO_2$  ёки  $SiO_2 \cdot TiO_2$ ) намунаси 20% карбоксиметил целлюлозанинг натрийли тузи эритмаси билан аралаштирилди. Олинган аралашма ўлчами 3x10 см бўлган шиша пластинка сиртига юпқа қават қилиб (тахминан 0,5 мм қалинликда) ётқизилди. Ҳаракатдаги фаза сифатида тетрагидроизохинолин аралашмаларининг табиатига қараб бензол/метанол ҳамда хлороформ/метанол системаси ишлатилди. Намунани хроматографлаш ишлари алоҳида камерада олиб борилди ҳамда тетрагидроизохинолин аралашмаларининг юпқа қаватдаги ҳаракатини баҳолаш учун  $R_f$  қиймати ҳисоблаб топилди. Натижалар LS 5/40  $\mu$  маркали силикагелда олинган маълумотлар билан солиштирилди.

Гомовератриламнининг мой кислота билан конденсатланиш ва циклланиш реакциясидан ҳосил бўлган тетрагидроизохинолин ҳосилаларини юпқа қаватда ажратиш учун ҳаракатдаги фаза сифатида хлороформ/метанол (ҳажмий нисбати 6:1) қўлланилди. LS 5/40  $\mu$  силикагель,  $SiO_2 \cdot 0,3ZrO_2$  ва  $SiO_2 \cdot 0,5ZrO_2$  сорбентларида қутбли эритувчилар хлороформ/метанолнинг 4:1 ҳажмий нисбатдаги эритувчилардан иборат система ёрдамида изохинолин

ҳосилалари ажралиши ўрганилди. Натижада амалда ишлатиладиган силикагелда тетрагидроизохинолин ҳосилалари аралашмасининг таркибий қисмларга жуда кам миқдорда ажралиши кузатилди ( $R_f = 0,38$ ). Мезоғовак сорбентларда эса реакцияга киришмай қолган реагентларнинг ва маҳсулотларнинг ажралиш даражаси ( $R_f = 0,52$  ва  $R_f = 0,8$ ) силикагелдагига нисбатан юқори эканлигини қайд этиш мумкин.

**Мезоғовак кремнезем сорбентда баъзи бўёқлар адсорбциясини ўрганиш.** Мезоғовак кремнезем сорбентда ( $SiO_2$ ) бўёқ моддаларнинг адсорбциясини ўрганиш учун метилен кўки бўёғи эритмасидан фойдаланилди. Изотерма таҳлилидан сорбентнинг метилен кўкига нисбатан сорбция сиғими 20 мг/г га тўғри келиши аниқланди. Бу эса уни метилен кўки билан ифлосланган сувларни ундан тозалашда фойдаланиш имконини беришидан далолат беради.

**Нефть ва нефть маҳсулотларининг гуруҳ таркибини суюқлик хроматографияси усулида аниқлаш.** Нефтнинг гуруҳ (алканлар, циклоалканлар ва аренлар) таркибини аниқлаш учун синтез қилинган мезоғовак  $SiO_2$  сорбенти ва  $SiO_2 \cdot 0,3ZrO_2$  ҳамда  $SiO_2 \cdot TiO_2$  композитлари ишлатилди. Бунинг учун ички диаметри 4,6 мм ва узунлиги 150 мм бўлган зангламас пўлатдан тайёрланган хроматографик колонка сорбент ёки композит билан тўлдирилди. Тўлдирилган колонкалар навбати билан УБ детектор билан жиҳозланган “Цвет 3000” суюқлик хроматографика ўрнатилди. Эллюент сифатида кимёвий жиҳатдан тоза гексан ишлатилди, унинг сарфи 5 ÷ 25 мл/мин. ташкил этди. Хроматографик ажралиш жараёнлари хона температурасида амалга оширилди. Колонкаларнинг самарадорлиги бензолга нисбатан баҳоланиб, унинг қиймати ( $H, 1/мм$ ) 50-60 га мос келди. Эллюентнинг мақбул сарфи берилган сорбент ва композитлар учун мос равишда 12 ва 15 мл/мин. ни ташкил этди. Шундан кейин нефть таркибига кирувчи октан, циклогексан ва бензолдан ташкил топган сунъий аралашманинг берилган сорбент ва композитларда ажралиши ўрганилди.

Мақбул шароитларда нефть ва баъзи нефть маҳсулотларининг гуруҳ таркиблари ўрганилди ва натижада синтез қилинган мезоғовак  $SiO_2$  кремнеземдан суюқлик хроматографиясида сорбент сифатида фойдаланиб, нефть ҳамда нефть маҳсулотларининг гуруҳ таркибини аниқлаш мумкин эканлиги кўрсатилди.

“Хроматография учун наносорбентлари ва уларнинг физик-кимёвий хоссалари” мавзуси бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижасида қуйидаги хулосалар қилинди:

## ХУЛОСАЛАР

1. Золь-гель технологияси ва тескари микроэмульсия усули ёрдамида кремнезем ( $SiO_2$ ) ҳамда  $SiO_2 \cdot xMeO_2$  ( $Me = Zr, Ti$ ) композит сорбентлар синтез қилинди. Синтез жараёнида сорбентларнинг текстур характеристикалари жумладан, сорбентларнинг солиштирма сирти, ғоваклар ўртача диаметри ва ҳажмининг шаклланишига температура, эритма муҳити ва реагентлар

концентрациясининг таъсири ўрганилди. Унга кўра, турли эритма муҳити ва температурада олинган сорбентлар учун ғоваклар ўртача диаметри  $D=2,2\div 73,0$  нм, сирт юзасининг ўлчами  $S_{БЭТ}=200\div 975,6$  м<sup>2</sup>/г, ғовакларнинг ўртача ҳажми  $V_s=0,205\div 0,412$  см<sup>3</sup>/г га эга эканлиги қайд этилди.

2. Мезоғовак сорбентлар олишнинг мақбул шароитлари танланди. Унга кўра 30°C ва рН=2,0 да олинган сорбентда микроғоваклар улуши 87,15 % ни, 50°C ва рН=10,2 да эса мезоғоваклар улуши 93,81 % ни ташкил этиши қайд этилди.

3. Кремнезем ва композит сорбентларнинг фазавий таркиби реагентларнинг концентрациясига мослиги рентген дифрактометрия ҳамда рентген микротаҳлил усуларида исботланган, СЭМ да олинган натижалар эса сорбент сиртида ғоваклар ўлчамлари бўйича тенг тақсимланганлиги ва уларнинг ўртача диаметри бир хил эканлиги билан изоҳланади.

4.  $SiO_2 \cdot xMeO_2$  таркибли мезоғовак сорбентларда сув ва баъзи органик моддалар адсорбциясидан олинган сорбция изотермалари ўрганилди ва 30°C да олинган изотермалар ИЮПАК таснифи бўйича I типга, яъни микроғоваклардаги бир қатламли адсорбцияни, 50°C ва 70°C ва да 90°C ларда олинган изотермалар эса IV типга мансуб бўлиб, полимолекуляр адсорбция кузатилганлиги ҳамда сув буғлари адсорбцияси изотермаси V типга мансуб бўлиб, юқори нисбий босимда йирик гистерезис ҳалқаларини ҳосил қилиши қайд этилди.

5. 30°C ва рН=2,0 да олинган  $SiO_2 \cdot 0,3ZrO_2$  таркибли сорбентда 6,25 моль/кг бензол буғи, 5,13 моль/кг толуол буғи, 3,84 моль/кг п-гексан буғи ва 2,61 моль/кг сув буғи сорбцияланиши ўрнатилди.

6. Мезоғовак сорбентларда юпқа қават хроматографияси усулида тетрагидроизохинолин ҳосилалари аралашмаларини ажратиш ҳамда аниқлашда, чиқинди сув таркибидан органик бўёқларни ажратиш ва нефть маҳсулотларининг гуруҳ таркиби ЮССХ усулида ўрганиш методикаси ишлаб чиқилди ва амалиётга жорий этилди.

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ НА ОСНОВЕ НАУЧНОГО СОВЕТА  
PhD.03/30.12.2019.K.02.05 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ САМАРКАНДСКОМ  
ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

---

**САМАРКАНДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**УЗОКОВ ЖАВЛОН РУСТАМБОВИЧ**

**НАНОСОБЕНТЫ ДЛЯ ХРОМАТОГРАФИИ И ИХ ФИЗИКО-  
ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА**

**02.00.04 - Физическая химия**

**02.00.12-Нанохимия, нанофизика и нанотехнология (химические науки)**

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

**Самарканд – 2022**

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за номером В2020.4.PhD/K338

Диссертация выполнена в Самаркандском государственном университете.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекском, русском, английском (резюме)) размещен на веб-странице Ученого совета по адресу [www.samdu.uz](http://www.samdu.uz) и информационно-образовательном портале «ZiyoNet» ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

**Научный руководитель:** Мухаммадиев Нурали Курбаналиевич  
доктор химических наук, профессор

**Официальные оппоненты:** Эшмаматова Нодира Бахромовна  
доктор химических наук, доцент

Эшметов Иззат Дусимбатович  
доктор технических наук, профессор

**Ведущая организация:** Институт химии и физики полимеров АН РУз

Защита диссертации состоится «31» 01 2022 года в 16<sup>00</sup> часов на заседании разового Научного совета на основе Научного совета PhD.03/30.12.2019.K.02.05 при Самаркандском государственном университете (адрес: 140104, г. Самарканд, Университетский бульвар, 15, физико-химический корпус, 3-й этаж, 305 комната. Тел.: (99866)239-11-40; Факс: (99866)239-11-40. E-mail: [devonxona@samdu.uz](mailto:devonxona@samdu.uz)).

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Самаркандского государственного университета за № 10. С диссертацией можно ознакомиться в ИРЦ (адрес: 140104, г. Самарканд, Университетский бульвар 15, ИРЦ. Тел.: (99866)239-11-51. E-mail: [m\\_nasrullaeva@mail.ru](mailto:m_nasrullaeva@mail.ru)

Автореферат диссертации разослан «20» 01 2022 года.  
(Реестр протокола рассылки № 11 от «19» 01 2022 г).



**Насимов А.М.**  
Председатель разового научного совета  
по присуждению учёной степени,  
д.т.н., профессор

**Сайиткулов Ш.М.**  
Ученый секретарь разового научного  
совета по присуждению учёной степени,  
к.х.н., доцент

**Нормахматов Р.**  
Председатель разового научного  
семинара при Научном совете  
по присуждению учёной степени,  
д.т.н., профессор



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

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мире кремниевые материалы и мезопористые сорбенты на их основе находят широкое применение в различных областях науки и промышленности благодаря таким уникальным свойствам, как химическая, термическая, механическая стабильность, высокие сорбционные свойства, каталитическая инертность. Их отличительные особенности, имеющие особое практическое значение, связаны с большой площадью поверхности и высокой степенью пористости. Поэтому мезопористые материалы играют важную роль при получении теплозащитных покрытий, в производстве альтернативной энергетики, катализаторов, в качестве носителя и сорбента при хроматографическом разделении, разделении генов, хроматографическом анализе лекарственных средств, очистке сточных вод от различных загрязнений, производстве химических сенсоров.

В мире достигнуты большие успехи в синтезе мезопористых материалов и композитов и изучении их текстурных характеристик. В частности, получены результаты исследования текстурно-геометрических и сорбционных характеристик мезопористых сорбентов и их различных композитов с помощью электронной микроскопии, дифрактометрии и изотерм сорбции. В то же время одной из актуальных проблем получения мезопористых сорбентов является получение мезопористых сорбентов и различных композитов на их основе, контролирующих свои текстурные характеристики и проявляющих заданное свойство.

Одним из наиболее эффективных направлений исследований в этой области в нашей стране является синтез природных и синтетических цеолитов, сорбентов на основе местного сырья и изучение их свойств с уделением особого внимания им и достижением определенных результатов. Стратегия действий<sup>2</sup> по дальнейшему развитию Республики Узбекистан определяет важные задачи по «производству готовой продукции с высокой добавленной стоимостью на основе глубокой переработки местного сырья, разработки принципиально новых продуктов и технологий, обеспечивая тем самым конкурентоспособность национальных товаров на внутреннем и зарубежном рынках». В связи с этим актуально разработать новые методы получения мезопористых материалов и композитов на основе золь-гель технологии и обратной микроэмульсии, изучить текстурные, геометрические, сорбционные характеристики полученных материалов, расширить их применение на практике, в том числе в хроматографии.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит для реализации задач, поставленных указами как ПП-4947 «О стратегии дальнейшего развития Республики Узбекистан» от 23 августа 2017 года № ПП-3236 «О Программе развития химической промышленности на 2017–2021 годы», № ПП-3479 от 17 января 2018 г. «О мерах по стабильному обеспечению

---

<sup>1</sup> Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года № ПФ-4947 «О стратегии дальнейшего развития Республики Узбекистан»;

отраслей экономики страны востребованными видами продукции и сырья”, № ПП-4805 “О мерах по повышению качества непрерывного образования и научной эффективности в области химии и биологии”, и другими нормативно-правовыми актами, относящимися к этой деятельности.

**Соответствие исследования приоритетных направлений развития науки и технологии в республике.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий Республики VII. «Химическая технология и нанотехнология».

**Степень изученности проблемы.** Научные центры многих стран мира провели обширные исследования по синтезу мезопористых материалов и изучению их таких характеристик, как текстурные, каталитические, сорбционные, а также по оценке использования полученных материалов. В этом направлении работы F. Schith (Германия), Risheng Bai, Yue Song, Yi Li, Jihong Yu (Китай), Keisuki Kageyama, Junichi Tamazawa, Takuzo Aida, Yanagisawa (Япония), Shuguang Deng (США), Киселев А.В., Сакодинский К.И., Волков С.А., Яшин Я.И., Беленький Б.Г., Даванков В.А., Ланин С.Н., Никитин Ю.С., Щербакова К.Д., Курбатова С.В., Агеев А.Н., Онучак Л.А., Шпигун О.А. и других были существенными, и они создали эффективные методы получения материалов из мезокремнезема и их различных композитов. Также исследованы текстурные, сорбционные характеристики этих материалов современными методами, изучены зависимость размера пористости от способа получения материала.

Развитию этому направлению в Узбекистане внесли значительный вклад в своими исследованиями Э. Орипов, С. Муминов, Г.У. Рахматкариев, Б.Дж. Кабулов, Н.К. Мухамадиев, О.Н. Рузимуродов, И.Д. Эшметов, Р.И. Исмоилов, К.Ф. Халилов, Ш.М. Сайиткулов, С.И. Дустов и другие в области получения сорбентов на основе местного сырья, модификации природных и синтетических цеолитов, изучению их сорбционных и текстурных характеристик и применения для очистки сточных вод от различных примесей.

Тем не менее получение мезопористых материалов и композитов на их основе с управлением текстурных характеристик и свойств является одной из актуальных проблем и важным научным направлением.

**Связь темы диссертации с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена работа.** Диссертационное исследование выполнено по плану научно-исследовательских работ СамГУ и ОТ-Ф7-83 “Моделирование и оптимизация хроматографических процессов, изучение взаимосвязи “Величины удерживания – свойств” и их использование в нанохроматографии” (2017-2020) фундаментального гранта.

**Цель исследования** заключается в получении нанокompозитных мезопористых сорбентов состава  $\text{SiO}_2 \cdot x\text{MeO}_2$  (Me = Zr, Ti;  $x = 0,3 \div 0,7$ ) с использованием ПАВ при различных рН и температурах по золь-гель технологии и определение их геометрических, текстурных, сорбционных характеристик.

**Задачи исследования:**



получение нанокompозитных мезопористых сорбентов  $\text{SiO}_2$  и  $\text{SiO}_2 \cdot x\text{MeO}_2$  ( $\text{Me} = \text{Zr}, \text{Ti}; x = 0,3 \div 0,7$ ) в присутствии ПАВ по золь-гель технологии в различных средах и температурах;

определение оптимальных условий получения мезопористых сорбентов;

оценка процесса сорбции на основе изучения зависимости сорбционной емкости от синтеза сорбента, в том числе от температуры и среды;

разделение и обнаружение различных соединений в тонкослойной хроматографии с использованием мезопористых сорбентов.

**Объект исследований** состоит из алкоксида кремния-ТЭОС, кристаллогидрата  $\text{ZrO}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{TiCl}_4$ , поверхностно активных веществ ЦТАС1 и ПЭГ-400, а также нанокompозитные сорбенты состава  $\text{SiO}_2 \cdot x\text{MeO}_2$  ( $\text{Me} = \text{Zr}, \text{Ti}$ ), полученные на их основе, для оценки сорбционной способности -бензол, н-гексан, толуол и некоторые органические красителей.

**Предмет исследования** взаимосвязь размера пористости и сорбционной способности пористых нанокompозитных сорбентов  $\text{SiO}_2 \cdot x\text{MeO}_2$  ( $\text{Me} = \text{Zr}, \text{Ti}$ ) от концентрации реагентов, их соотношения, температуры и pH среды.

**Методы исследования.** В диссертационной работе использованы такие физико-химические методы исследования как сканирующая электронная микроскопия, энергодисперсная спектроскопия, рентгенофазный анализ, ИК-спектроскопия и ртутная порометрия.

**Научная новизна исследования:**

получены мезопористые сорбенты состава  $\text{SiO}_2 \cdot x\text{MeO}_2$  ( $x = 0,3 \div 0,7$ ) со средним диаметром пор  $2,2 \div 73,0$  нм с использованием ПАВ из ТЭОС кристаллогидрата  $\text{ZrO}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{TiCl}_4$  с помощью “Золь-Гель” технологии при различных температур и среде и определены их текстурных, геометрических и сорбционных характеристик;

выбраны оптимальные условия синтеза мезопористых сорбентов. Доказано, что при  $30^\circ\text{C}$  и  $\text{pH} = 2,0$  микропористости составляют от общей пористости 87,15%, а при  $50^\circ\text{C}$  и  $\text{pH} = 10,2$  мезопористости составляют - 93,81%;

на основе изучения зависимости сорбционной ёмкости от условий синтеза в 3D определено, и что при  $30^\circ\text{C}$  и  $\text{pH} = 2,0$  сорбция паров бензола в сорбенте составляет 6,25 моль/кг, паров толуола 5,13 моль/кг, паров гексана 3,84 моль, а также паров воды 2,61 моль/кг.

в мезопористых сорбентах методом тонкослойной хроматографии разделена смесь производных тетрагидроизохинолина, выделены органические красители из состава сточных вод, и разработана методика изучения группового состава продуктов нефти методом ВЭЖХ.

**Практическое значение:**

разработана методика синтеза мезопористых сорбентов и композитов на основе  $\text{SiO}_2$ ;

найжены оптимальные условия синтеза мезопористых сорбентов и композитов на основе  $\text{SiO}_2$ ;

разработана методика определения смесей производных тетрагидроизохинолина методом тонкослойной хроматографии на мезопористых сорбентах;

разработана методика выделения органических красителей из сточных вод и исследования группового состава нефтепродуктов методом ВЭЖХ.

**Достоверность результатов исследования.** Фазовый состав мезопористых сорбентов  $\text{SiO}_2 \cdot x\text{MeO}_2$  (Me=Zr,Ti) полученных при различных температурах по “Золь-гель” технологии изучены рентген дифрактометрией и ИК-спектроскопией, морфология поверхности -сканерирующей электронной микроскопией, элементный состав микрорентгенанализом, текстурные и сорбционные характеристики ртутной порометрией. Полученные результаты оценены статическими методами.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.** Научная значимость результатов исследования объясняется вкладом в физической химии поверхностных явлений с получением сорбентов и их композитов высокой селективностью, термической с использованием “Золь-Гель” технологии и методом обратной эмульсии.

Практическое значение результатов исследования является использование сорбентов и их композитов при разделении производных тетрагидроизохинолина методом тонкослойной хроматографии, выделения органических красителей из сточных вод и изучение группового состава нефтепродуктов методом ВЭЖХ.

**Внедрение результатов исследований.** На основании научных результатов «Наносорбенты для хроматографии и их физико-химические свойства»:

способ «Применение мезопористого сорбента на основе  $\text{SiO}_2$  при очистке промышленных сточных вод от синтетических красителей» внедрена на Узбекско - Турецком иностранным предприятии "ATUSH MINNAT TEXTILE" (справка, выданная Узбекско-Турецким ИП “ATUSH MINNAT TEXTILE” от 6 августа 2021 года, № 38). В результате эффективность очистки сточных вод от красителей составляет 99,2%.

способ «Осушение остаточной влаги с мезопористым сорбентом на основе  $\text{SiO}_2$ » внедрена на Узбекско-китайском СП ООО «AHMAD ISROIL TEX» (справка, выданная Узбекско-Китайским СП ООО “AHMAD ISROIL TEX” от 21 августа 2021 года, № 62). В результате срок хранения носков от влаги увеличивается в 2 раза (на 50-60%).

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследования были представлены и обсуждены на 23 научно-практических, в том числе на 7 международных и 16 республиканских конференциях.

**Публикация результатов исследования.** Всего по теме диссертации опубликовано 28 научных статьи, в том числе, 5 статей в научных изданиях, рекомендованных к публикации основных научных результатов диссертаций ВАК РУз, а также 1 статья в зарубежном журнале.

**Структура и объем диссертации.** Содержание диссертации состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 113 страниц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Во введение** обоснованы актуальность и востребованность исследования, описываются цели и задачи, объекты и предметы исследования, описывается соответствие приоритетам науки и техники республики, научная новизна и практические результаты исследования, научно-практические. Раскрывается значимость результатов, информация структуре диссертации, опубликованных работах.

В первой главе под названием **«Современное состояние синтеза и исследования свойств мезопористых сорбентов»**, приведены обзор литературных материалов, современным методам получения мезопористых сорбентов «Золь-Гель» технологий, темплатному синтезу мезопористых сорбентов с использованием различных поверхностно-активных веществ, модификацию мезопористых сорбентов, о получение наногибридных композитов, сорбентов и их применение в хроматографии. Обобщены материалы получения мезопористых сорбентов и их нанокompозитов, исследовано влияние соотношение реагентов, среда растворов и температура на размер пористосы а также исследовано влияние соотношения реагентов, среда растворов и температура на изотермы сорбции. С учетом оптимизации процесса синтеза по соотношению реагентов, среды растворов и температуры с точки зрения получения материалов с заданными в разлечием является актуальным.

Во второй главе диссертации посвященной **«Объектам исследования, методам и синтезу мезопористых сорбентов»** описаны характеристики и методы синтеза, а также методы исследования реагенты, необходимые для синтеза нанокompозитных сорбентов с  $\text{SiO}_2$  и  $\text{SiO}_2 \cdot x\text{MeO}_2$ . В нем приведены методы исследования поверхности сорбентов и степинь их пористости включая дилотометрию, рентгеновскую дифрактометрию (XRD), сканирующую электронную микроскопию, микрорентгеноспектральный анализ, ИК-спектроскопию, для изучения изотермы сорбции, чувствительное кварцево-спиральной устройств Мак-Бен-Бакра. На основе результатов, полученные построены изотермы Ленгмюра.

Глава III диссертации посвящена анализу **“Текстурных характеристик и физико-химических свойств нанокompозитных сорбентов”**.

Известно, что сорбционные свойства адсорбентов зависят от степени их пористости, количества сорбционных центров на поверхности, природы композита и других факторов. Поэтому как факторов влияющих на формирование пористости были изучено влияние концентрации реагентов, их количественных соотношений, среды раствора, температуры, природы ПАВ.

**Изучение кинетики гелеобразования при синтезе сорбентов.** При синтезе кремниевых и композитных сорбентов изучено время гелеобразования

первичных золь и его энергии активации. Для этого определяли время гелеобразования ( $t_g$ ) из ТЭОС, используя изменение температуры на дилотометре, и рассчитывали энергию активации. Энергия активации гелеобразования для кремниевого сорбента по золь-гель технологии составляет  $E_a=32,3\pm 10,4$  кЖ/моль, для композита  $SiO_2 \cdot 0,3ZrO_2$   $E_a = 63,6 \pm 15,2$  кДж / моль, для композита  $SiO_2 \cdot TiO_2$   $E_a = 65,9\pm 10,5$  кЖ/моль.

**Влияние концентрации реагента на размер пор.** При синтезе  $SiO_2$  и нанокompозитных сорбентов изучено влияние концентрации реагентов на размер пористости и формирование удельной поверхности. На основании полученных результатов были определены следующие важные текстурные характеристики сорбентов с использованием уравнения БЭТ: удельная поверхность ( $S_{БЭТ}$ , м<sup>2</sup>/г), размер пор ( $V_s$ , см<sup>3</sup>/г), средний диаметр ( $D$ , нм) и сорбционная емкость ( $a_s$ , моль/кг) (табл. 1.).

**Таблица 1.**

**Зависимость текстурных характеристик кремниевых сорбентов от концентрации ТЭОС (при 50°C)**

ТЭОС, моль/л	$S_{БЭТ}$ , м <sup>2</sup> /г	$V_s$ , см <sup>3</sup> /г	$D$ , нм	$a_s$ , моль/кг	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>
0,04	316,5±45,3	0,44±0,05	10,4±0,8	3,52±0,6	0,45±0,02
0,06	532,6±51,6	0,40±0,11	8,5±0,4	3,98±0,7	0,31±0,03
0,08	952,5±32,6	0,32±0,11	2,4±0,3	5,85±0,3	0,12±0,06
0,1	886,3±20,6	0,36±0,09	6,5±0,5	4,76±0,2	0,19±0,06
0,2	943,2±52,0	0,34±0,02	2,2±0,6	5,12±0,8	0,15±0,02

Из табл.1. видно, что удельная поверхность сорбента, полученного из раствора ТЭОС с концентрацией 0,2 моль/л, в 1,06 раза больше площади поверхности сорбента из раствора 0,1 моль/л по сравнению с сорбентом из раствора 0,06 и 0,04 моль/л соответственно, в 1,77 и 2,98 раза выше. При синтезе кремниевых сорбентов удельная поверхность сорбента, полученного из раствора ТЭОС с концентрацией 0,08 моль/л, была наибольшей и составила 952,5±32,6 м<sup>2</sup>/г. Также было отмечено, что увеличение концентрации ТЭОС при синтезе сорбентов приводит к уменьшению среднего диаметра пор и увеличению сорбционной емкости (по парам бензола). Как показывают результаты полученные с помощью сорбента изотермы и СЭМ, что синтезированный мезопористый сорбент из 0,2 моль/л раствора составляют 90,2% мезопористость, из 0,1 моль/л раствора 87,6% из 0,06 моль/л и 0,04 моль/л соответственно 78,4% и 80,4% мезопор от общего количество пористости а также отмечено, что их насыпная плотность уменьшена от 0,45 ± 0,02 г/см<sup>3</sup> до 0,15±0,02 г/см<sup>3</sup>.

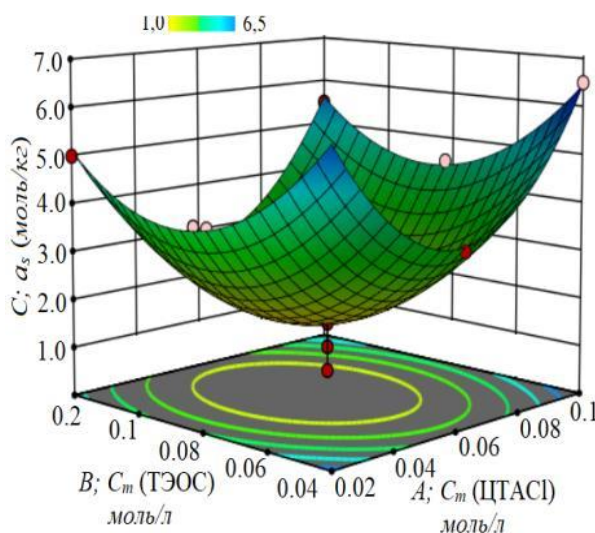
При синтезе кремниевых сорбентов увеличение объема гистерезисных колец наблюдалось на изотермах, образованных адсорбцией паров бензола на сорбентах, полученных при увеличении концентрации поверхностно-активного вещества ЦТАСІ контролирующего структуру и размер пор. Это свидетельствует об увеличении объема мезопоров с увеличением концентрации ЦТАСІ (табл. 2).

Таблица 2.

**Влияние концентрации ЦТАСІ на текстурные характеристики  
кремниевого сорбента**

ЦТАСІ (моль/л)	ТЭОС (моль/л)	$S_{БЭТ}$ , м <sup>2</sup> /г	V, см <sup>3</sup> /г	D, нм	$a_s$ , моль/кг
0,02	0,1	350,4±51,6	0,62±0,06	12,6±0,9	4,13±0,1
0,04		473,6±53,5	0,55±0,07	10,2±0,8	4,28±0,8
0,06		700,4±60,2	0,38±0,08	6,5±0,7	5,17±0,5
0,08		658,5±58,7	0,51±0,08	9,2±0,7	4,86±0,5

Установлено, что в процессе синтеза увеличение концентрации ЦТАСІ в растворе от 0,02 моль/л до 0,08 моль/л приводит к увеличению удельной поверхности сорбента с 350,4 м<sup>2</sup>/г до 658,5 м<sup>2</sup>/г. Также можно наблюдать, что уменьшение среднего диаметра пор от 12,6 нм до 9,2 нм привело к увеличению сорбционной емкости паров бензола в 1,17 раза (рис. 1).



**Рис. 1. Зависимость сорбционной емкости от концентраций ТЭОС и ЦТАСІ**

При синтезе нанокompозитных сорбентов  $SiO_2 \cdot xZrO_2$  по золь-гель технологии увеличение концентрации зольей  $ZrO_2$  в растворе приводит к изменению их удельной поверхности ( $S_{БЭТ}$ ), размера пор ( $V$ , см<sup>3</sup>/г) и средний диаметр ( $D$ , нм). Процесс синтеза зольей  $ZrO_2$  при 50°C. При концентрациях 0,03; 0,05; 0,07 изменения текстурных характеристик синтезированных из них сорбентов наблюдались в порядке, указанном в табл.3. Удельная поверхность сорбента  $SiO_2 \cdot 0,3ZrO_2$  1,27 раза больше удельной поверхности сорбента  $SiO_2 \cdot 0,5ZrO_2$ , в  $SiO_2 \cdot 0,7ZrO_2$  поверхность сорбента оказалась в 3,22 раза больше размера  $SiO_2 \cdot xZrO_2$ . Как видно из табл.3. наблюдается увеличение среднего диаметра пор с увеличением количества  $ZrO_2$  в образцах сорбента.

Из табл.3. видно, что с увеличением содержания  $ZrO_2$  в композиционном сорбенте  $SiO_2 \cdot xZrO_2$  ( $x=0,3 \div 0,7$ ) насыпная плотность увеличивается. Это свидетельствует о снижении степени пористости.

Таблица 3.

Текстурные характеристики сорбентов  $SiO_2 \cdot xZrO_2$ 

$C_M$ (моль/л)	$S_{БЭТ}$ , м <sup>2</sup> /г	$V$ , см <sup>3</sup> /г	$D$ , нм	$\rho$ , см <sup>3</sup> /г
0,03	975,6±92,6	0,82±0,09	6,5±0,5	0,34±0,06
0,05	768,4±78,4	0,65±0,06	52,4±3,8	0,73±0,06
0,07	302,6±35,8	0,34±0,04	60,2±4,6	0,95±0,10

**Фазовый и элементный состав сорбентов.** Методом рентгеновской дифрактометрии изучен фазовый состав нанокompозитных сорбентов состава  $SiO_2$ ,  $SiO_2 \cdot xZrO_2$  и  $SiO_2 \cdot TiO_2$ . Полученные дифрактограммы анализировали полуколичественным методом с использованием калибровочных стандартов.

Результаты рентгеноструктурного анализа мезопористых кремниезёмных сорбентов, полученных с использованием “Зол-Гель” технологии, показали, что сорбенты состоят из аморфной, тетраэдрической и моноклинной кремниевых фаз  $SiO_2$ .

Из данным рентгеноструктурного анализа кремниевого сорбента обнаружены пики  $2\theta = 28,2^\circ$ ;  $36,2^\circ$ ;  $41,8^\circ$ ;  $55,2^\circ$  и  $70,2^\circ$  образованные высокоинтенсивным тетраэдрическим  $SiO_2$ , а в области  $2\theta = 18,4^\circ \div 62,2^\circ$  - спектры аморфного  $SiO_2$  слабой интенсивности.

Из рентгеной дифрактограмме  $SiO_2 \cdot TiO_2$  установлено, что в  $2\theta = 22^\circ \div 27,2^\circ$  и  $38^\circ \div 88,4^\circ$  спектры формируются за счет слабого интенсивного сигнала, соответствующего мезопористому аморфному  $SiO_2$ .  $2\theta = 27,8^\circ$ ;  $36,4^\circ$ ;  $38,2^\circ$ ;  $43,4^\circ$ ; В областях  $55,6^\circ$  и  $58,3^\circ$  наблюдались высокие пики с интенсивной дифракцией рентгеновских лучей, обусловленные тетрагональным  $TiO_2$ . Фазовый состав сорбента составил 41,4% аморфного  $SiO_2$ , 53,5% тетраэдрического  $TiO_2$  и 5%  $Al_2O_3$ .

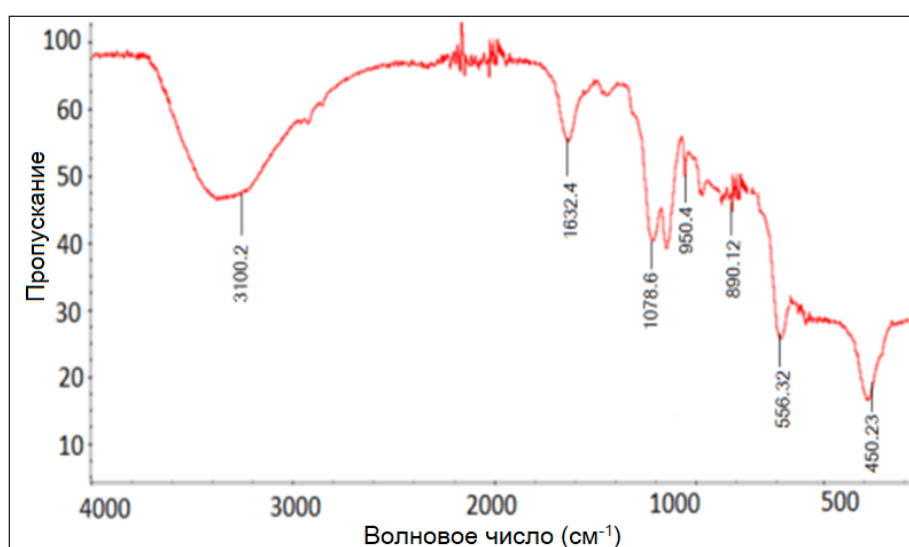
Фазовый состав нанокompозитных сорбентов  $SiO_2 \cdot xZrO_2$ , полученных при различных температурах ( $30^\circ C$ ,  $50^\circ C$ ,  $70^\circ C$ ,  $90^\circ C$  и  $120^\circ C$ ), практически одинаковы, за исключением количественного отличия друг от друга. В частности, из рентгеноструктурного анализа нанокompозитных сорбентов  $SiO_2 \cdot 0,3ZrO_2$  отмечено, что фазовый состав образцов полидисперсен, т. е. в области от  $2\theta = 18,1^\circ$  до  $82^\circ$  наблюдается слабые плотные сигнала, спектра аморфного  $SiO_2$ . При  $2\theta = 20,4^\circ$ ;  $27,9^\circ$ ;  $36,5^\circ$ ;  $69,2^\circ$  и  $82^\circ$  было обнаружены, что аморфный  $ZrO_2$  дает спектры слабого сигнала. Обнаружено, что высокоинтенсивные спектры тетраэдрического  $SiO_2$  формируются в области  $2\theta = 22,8^\circ$ ;  $28,2^\circ$ ;  $36,4^\circ$ ;  $55,6^\circ$ ;  $57,2^\circ$ . Фазовый состав сорбента составил 55,2% аморфного  $SiO_2$ , 6,5% тетраэдрического  $SiO_2$  и 38,3% аморфного  $ZrO_2$ . Это полностью соответствует составу  $SiO_2 \cdot 0,3ZrO_2$ .

$SiO_2 \cdot 0,5ZrO_2$  из рентгеноструктурного анализа образца сорбента было обнаружено, что распределение спектров было почти таким же, как у предыдущих образцов, только наблюдались очевидные изменения в количественном составе фаз. Установлено, что состав образцов нанокompозитного сорбента  $SiO_2 \cdot 0,7ZrO_2$ , полученных при различных температурах, состоит в основном из кристаллических фаз.

**ИК спектроскопический анализ.** Методом ИК-спектроскопии исследованы химические связи между атомами и группами атомов в составе нанокompозитных сорбентов  $SiO_2 \cdot xZrO_2$  и  $SiO_2 \cdot TiO_2$  (рис. 2).

$SiO_2 \cdot 0,3ZrO_2$  было обнаружено, что пики, образованные в области 3000-3100  $cm^{-1}$  ИК-спектров нанокompозитного сорбента, образовались из-за валентных колебаний водородных связей между адсорбированной водой и силонольными группами (Si-OH). Видно, что пики, соответствующие в диапазоне 1100–1078  $cm^{-1}$ , образованы деформационными колебаниями силоксановых связей (Si-O-Si), а пики в области 950  $cm^{-1}$  соответствуют валентным колебаниям связи Si-O-Si.

Также было обнаружено, что в областях спектров 890-900  $cm^{-1}$  пики слабого сигнала образованы деформационными колебаниями связей Si-O-Zr. Пики в диапазоне 500-450  $cm^{-1}$  соответствуют связям Zr-O-Zr.



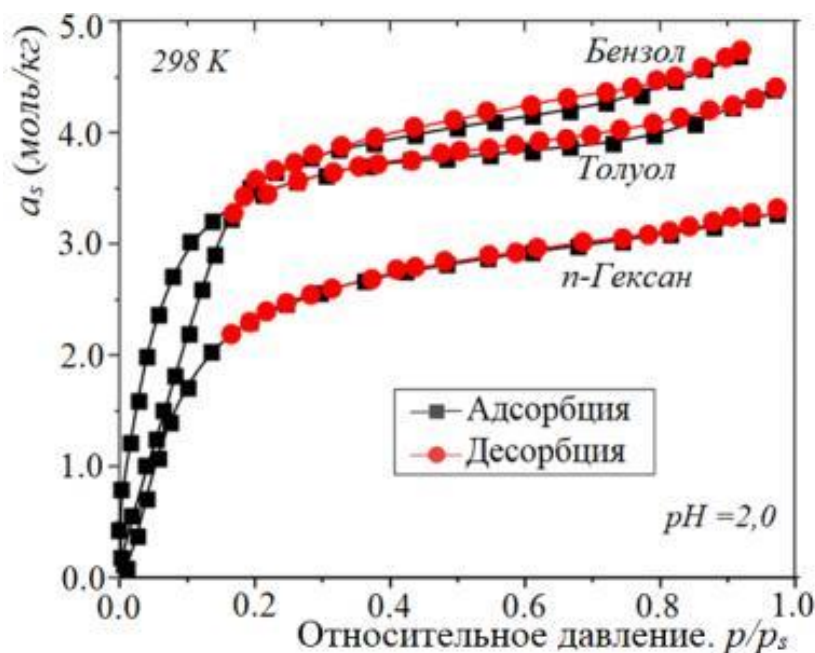
**Рис.2.** ИК спектры сорбента состава  $SiO_2 \cdot 0,3ZrO_2$

**Изотермы адсорбции и морфология поверхности сорбентов.** С использованием изотерм сорбции веществ исследованы текстурные характеристики сорбентов  $SiO_2$  и  $SiO_2 \cdot xMeO_2$  ( $Zr, Ti$ ), полученных при различных температурах по золь-гель технологии.

Расчитаны текстурные характеристики нанокompозитных сорбентов  $SiO_2 \cdot xZrO_2$  полученных при различных температурах по золь-гель технологии. Изотермы сорбции, образованные сорбцией летучих органических соединений в нанокompозитном сорбенте, полученном при 30° С и pH раствора 2,0  $SiO_2 \cdot 0,3ZrO_2$  приведены на рис. 3.

В сорбенте  $SiO_2 \cdot 0,3ZrO_2$  синтезированном при 30°С, наблюдалось, что адсорбция паров бензола приближается к состоянию насыщения микропор за счет резкого повышения относительного давления от нуля до  $p/p_s=0,2$ . В диапазоне относительного давления  $p/p_s=0,4 \div 0,6$  происходит очень небольшое разделение на изотермах адсорбции и десорбции из-за капиллярной конденсации. Это говорит о том, что образцы сорбента, полученные при 30°С, также содержат мезоциты очень небольшого размера. Было установлено, что

91,6% всех пор в сорбентах составляют микропоры, а 5,6% - мезопоры. Установлено, что изотермы сорбции сорбента, используемого в качестве катализатора гидролиза  $\text{NH}_4\text{OH}$  ( $\text{pH} = 10,2$ ), состоят на 85,2% из микропор и на 10,5% из мезопор.



**Рис. 3. Изотермы сорбции соединений в композиционном сорбенте состава  $\text{SiO}_2 \cdot 0,3\text{ZrO}_2$**

Изотермы относятся к I типу по классификации ИЮПАК. Было обнаружено, что полученные результаты согласуются с результатами, полученными с помощью СЭМ анализа (табл. 4.).

**Таблица 4**

**Текстульные характеристики сорбентов состав  $\text{SiO}_2 \cdot x\text{ZrO}_2$  ( $x=0,3\div 0,7$ )**

Адсорбент	pH	$S_{\text{БЭТ}}, \text{ м}^2/\text{Г}$	$a_m, \text{ моль}/\text{КГ}$	$a_s, \text{ моль}/\text{КГ}$	D, нм
$\text{SiO}_2 \cdot 0,3\text{ZrO}_2$	2,0	$975,6 \pm 100$	$2,6 \pm 0,2$	$6,2 \pm 0,8$	$0,8 \pm 0,05$
	5,2	$710,2 \pm 100$	$1,2 \pm 0,1$	$3,7 \pm 0,5$	$2,5 \pm 0,42$
	10,2	$816,3 \pm 100$	$1,75 \pm 0,6$	$4,5 \pm 0,2$	$1,3 \pm 0,23$
$\text{SiO}_2 \cdot 0,5\text{ZrO}_2$	2,0	$816,2 \pm 50$	$0,45 \pm 0,02$	$4,5 \pm 0,5$	$12,5 \pm 1,1$
	5,2	$523,4 \pm 20$	$0,82 \pm 0,04$	$3,8 \pm 0,4$	$32,4 \pm 2,2$
	10,2	$763,8 \pm 20$	$0,58 \pm 0,03$	$3,8 \pm 0,3$	$25,3 \pm 1,7$
$\text{SiO}_2 \cdot 0,7\text{ZrO}_2$	2,0	$232,4 \pm 20$	$0,44 \pm 0,03$	$1,8 \pm 0,2$	$52,2 \pm 3,8$
	5,2	$110,3 \pm 10$	$0,32 \pm 0,02$	$1,6 \pm 0,2$	$72,8 \pm 6,2$
	10,2	$284,5 \pm 10$	$0,30 \pm 0,03$	$0,8 \pm 0,1$	$60,5 \pm 5,3$

Отмечено, что поры нанокompозита  $\text{SiO}_2 \cdot 0,7\text{ZrO}_2$  со средним диаметром  $10,2 \pm 60,5$  нм оказались на уровне макропор, а адсорбционная способность сорбента была очень низкой.

Использованием теория объемного насыщения микропор в помощью изотерм сорбции паров бензола и объемов адсорбции, определенных при



различных относительных давлениях ( $p/p_s$ ) из уравнения Дубинина-Астахова,  $p/p_s=0,4$  объем микропор  $W_0$ , мезопоры ( $W_{\text{мезо}}=V_s-W_0$ ) адсорбционные объемы ( $V_s$ ) (табл. 5.).

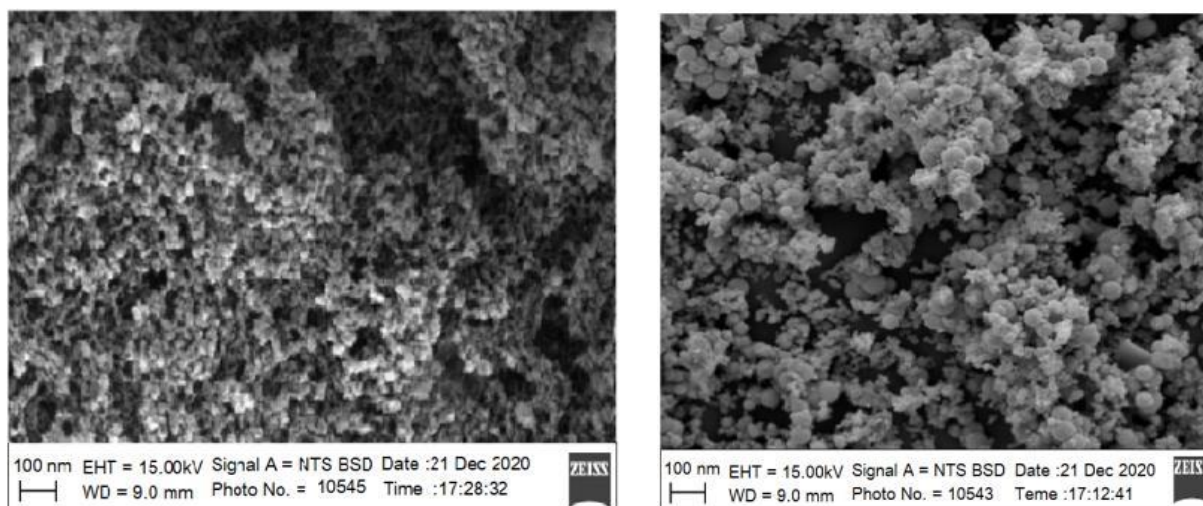
В образце сорбента, полученном в слабощелочной среде, общая пористость составила  $0,386 \text{ см}^3/\text{г}$ , что свидетельствует о том, что объем насыщения был в 2,8 раза меньше, чем у сорбентов, полученных в кислой среде. Это говорит о том, что изменения в среде раствора в процессе синтеза напрямую влияют на размер пор сорбента.

Таблица 5

**При  $30^\circ\text{C}$  и различных значениях pH  $\text{SiO}_2 \cdot 0,3\text{ZrO}_2$  Объем пор по адсорбции паров бензола нанокompозитными сорбентами**

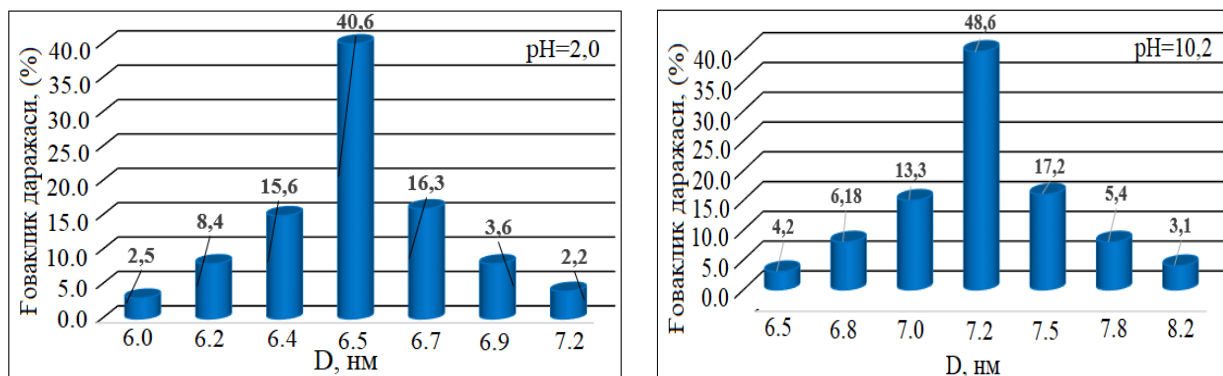
Значение pH процесса синтеза	$W_0 \cdot 10^3, \text{ см}^3/\text{г}$	$W_{\text{ме}} \cdot 10^3, \text{ см}^3/\text{г}$	$V_s \cdot 10^3, \text{ см}^3/\text{г}$
2,0	$0,155 \pm 0,04$	$0,224 \pm 0,2$	$0,309 \pm 0,25$
5,2	$0,216 \pm 0,08$	$0,342 \pm 0,1$	$0,558 \pm 0,12$
10,2	$0,270 \pm 0,04$	$0,416 \pm 0,8$	$0,686 \pm 0,15$

Распределение пор на поверхности нанокompозитных сорбентов  $\text{SiO}_2 \cdot 0,3\text{ZrO}_2$ , полученных при  $50^\circ\text{C}$  и среде раствора pH= 2,0 и pH = 10,2, можно увидеть из изображений, полученных с помощью СЭМ со средним диаметром (рис.4.).



**Рис. 4. СЭМ изображение поверхности сорбентов  $\text{SiO}_2 \cdot 0,3\text{ZrO}_2$  с использованием темплат ПЭГ-400 при pH = 2,0 при  $50^\circ\text{C}$  и ПАВ ЦТАСИ при pH = 10,2**

По результатам анализа изотерм адсорбции и СЭМ поверхностного распределения пор в образцах сорбента при  $50^\circ\text{C}$  можно отметить, что согласно графика (рис. 5), при различных pH 89,6-93,4% от общего количества пор в сорбентах соответствуют мезопорам и 2,3-6,7% - микропорам.



**Рис. 5. Распределение пористости на поверхности сорбентов, полученных при pH 2,0 и 10,2 при 50°C.**

Изучено соответствие изотерм, полученных при адсорбции паров бензола при различных относительных давлениях по линейной форме уравнения БЭТ

$$\frac{p/p_s}{a(1 - p/p_s)} = \frac{1}{a_m \cdot C} + \frac{C - 1}{a_m \cdot C} \cdot (p/p_s)$$

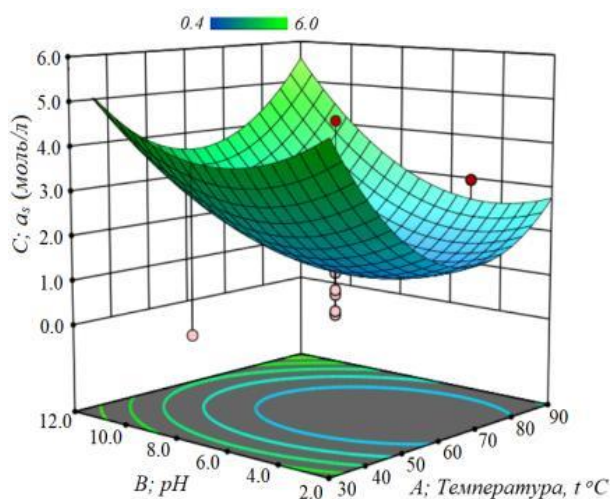
Адсорбция паров бензола при различных относительных давлениях образцов сорбента, полученных при 50°C на основе соотношения  $(p/p_s) / (a(1 - p/p_s)) = f(p/p_s)$  с использованием сорбированного количества адсорбата при различных относительных давлениях  $(p/p_s)$  отмечено соответствие изотермы линейной форме модели БЭТ.

Из изотерм сорбции/десорбции синтезированных из ТЭОС и H<sub>2</sub>O в мольном соотношении 1:4,, полученных при адсорбции бензола и водяного пара на композитных сорбентах SiO<sub>2</sub> · TiO<sub>2</sub>, видно, с что они состоят из мезопорых.

SiO<sub>2</sub> · TiO<sub>2</sub> Изотермы адсорбции паров бензола на нанокompозитных сорбентах относятся к IV типу по ИЮПАК, а кольца гистерезиса образуются за счет капиллярной конденсации при относительном давлении  $p/p_s = 0,4 \div 0,8$ . В ходе синтеза было установлено, что формирование структуры и размера пор в зависимости от среды раствора определяет сорбционную емкость адсорбентов.

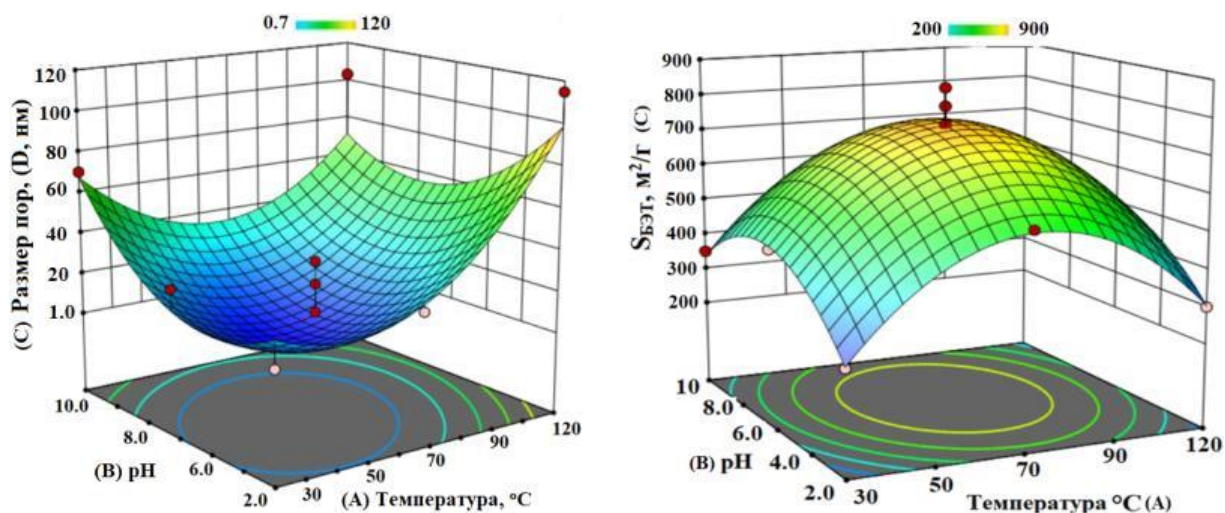
Повышение температуры во время золь-гель процесса напрямую влияет на степень пористости сорбентов. На основании приведенных выше данных можно сделать вывод, что адсорбционная способность различных органических соединений высока на сорбентах, полученных при относительно низких температурах (Рис. 6).

В целом удельная поверхность образцов сорбентов, полученных в процессе синтеза, а также влияние температуры и среды раствора на их формирования среднего диаметра пор изучались на основе 3D-графиков.



**Рис.6. Изменение сорбционной емкости сорбента,  $SiO_2 \cdot 0,3ZrO_2$  при различных температурах и среде раствора.**

На рис. 7. показано изменение размера пор по осям координат, которое является функцией изменения температуры и среды раствора на трехмерной поверхности и сечениях контура, которые реагируют на влияние (а). Как видно из рис. 6, повышение температуры (изменение параметра А) линейно связано с изменением размера пор (параметр С). Было обнаружено, что повышение температуры больше влияет на увеличение размера пор, чем среды раствора (параметр В). По результатам эксперимента установлено, что степень соответствия зависимости размера пористости от температуры и среды раствора составляет 0,8947.



**Рис.7. Влияние среды раствора и температуры на размер пор (а) и формированию удельной поверхности сорбента (b)**

На основе полученных результатов можно сделать вывод, что в процессе золь-гель синтеза при низких температурах можно получить сорбент с монодисперсной порой, упорядочно расположенные по взаимодействию молекулы ПАВ и прекурсоров кремния ( $S^0 H^+$ ) ( $XI^+$ ).

Повышение температуры увеличивает скорость реакции поликонденсации, а также степень неупорядоченности системы с

термодинамической точки зрения и сокращает время образования геля. Однако при высоких температурах взаимодействие между SFM и прекурсором кремния является слабым, что приводит к образованию нерегулярных матриц. В результате после стадии прокаливания получают образцы сорбента с крупными порами.

В главе IV диссертации, озаглавленной «**Применение мезопористых сорбентов**», приведены примеры использования сорбентов, в хроматографии.

Разделение смесей производных тетрагидроизохинолина в мезопористых сорбентах с помощью тонкослойной хроматографии. Возможности применения мезопористых кремнезема и композитных сорбентов оценены методом тонкослойной хроматографии в результате с разделением производных тетрагидроизохинолина, образующихся при конденсации и циклизации гомовератриламина с различными органическими кислотами. Для этого готовили тонкий слой сорбента следующим образом: навеску 0,80 г сорбента ( $SiO_2$ ,  $SiO_2 \cdot 0,3ZrO_2$  или  $SiO_2 \cdot TiO_2$ ) смешивали с 20% раствором натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы. Полученную смесь наносим тонким слоем (толщиной примерно 0,5 мм) на поверхность стеклянной пластины размером 3x10 см. В качестве подвижной фазы использовали системы бензол:метанол, хлороформ:метанол, в зависимости от природы соединений тетрагидроизохинолина. Хроматографию образца проводили в отдельной камере и рассчитывали значение  $R_f$  для оценки распределения смесей тетрагидроизохинолина в тонком слое. Результаты сравнивали с данными, полученными на силикагеле LS 5/40 мкм.

Хлороформ:метанол (объемное соотношение 6:1) использовали в качестве подвижной фазы для разделения производных тетрагидроизохинолина, образованных в результате реакции конденсации и циклизации гомовератриламина с масляной кислотой в тонком слое. В на сорбентах силикагеля LS 5/40 м,  $SiO_2 \cdot 0,3ZrO_2$  и  $SiO_2 \cdot 0,5ZrO_2$  разделение производных изохинолина проводили с помощью системы полярных растворителей, состоящей из 4:1 объемных растворителей хлороформ:метанол. В результате наблюдалось очень небольшое разложение смеси производных тетрагидроизохинолина на составляющие в силикагеле, используемой в практике ( $R_f=0,38$ ). В мезопористых сорбентах разделение непрореагировавших реагентов и продуктов ( $R_f=0,52$  и  $R_f=0,8$ ) осуществлена до конца.

**Изучение адсорбции некоторых красителей в мезопористых сорбентах.** Раствор красителя метиленового синего использовали для исследования адсорбции красителей на мезопористом сорбенте ( $SiO_2$ ). Анализ изотермы показал, что сорбционная емкость сорбента по метиленовому синему составила 20 мг/г. Это говорит о том, что его можно использовать для очистки воды, загрязненной метиленовым синим.

**Определение группового состава нефти и нефтепродуктов методом жидкостной хроматографии.** Синтезированный мезопористый сорбент  $SiO_2$  и композиты  $SiO_2 \cdot 0,3ZrO_2$  и  $SiO_2 \cdot TiO_2$  были использованы для определения группового состава нефти (алканы, циклоалканы и арены). Для этого

хроматографическая колонка из нержавеющей стали с внутренним диаметром 4,6 мм и длиной 150 мм заполнялы сорбентом или композитом. Заполненные колонки устанавливали на жидкостный хроматограф «Цвет 3000» с УФ-детектором. В качестве элюента использовали химически чистый гексан со скоростью расхода  $5 \div 25$  мл/мин. Хроматографические процессы проводили при комнатной температуре. Эффективность колонок оценивалась по бензолу, и ее значение ( $N$ , 1/мм) соответствовало 50-60. Оптимальная скорость потока элюента соответственно для данного сорбента и композитов составляет 12, 15 и 15 мл/мин. Затем было изучено разделение искусственной смеси, состоящей из октана, циклогексана и бензола, входящих в состав нефти, на данных сорбентах и композитах.

В оптимальных условиях изучен групповой состав нефти и некоторых нефтепродуктов и показана возможность определения группового состава нефти и нефтепродуктов с использованием синтезированного мезопористого кремнезема  $SiO_2$  в качестве сорбента в жидкостной хроматографии.

В результате исследований «**Наносорбентов для хроматографии и их физико-химических свойств**» были сделаны следующие выводы:

## ВЫВОДЫ

1. Кремнеземные ( $SiO_2$ ) композитные сорбенты состава  $SiO_2 \cdot xMeO_2$  ( $Me=Zr, Ti$ ) синтезированы с использованием золь-гель технологии и методом обратной микроэмульсии. Изучено влияние температуры, среды раствора и концентрации реагента на формирование текстурных характеристик сорбентов, включая удельную поверхность сорбентов, средний диаметр и объем пор. Отмечены, что согласно которому сорбенты полученные при различных средах и температурах раствора, определены такие геометрическими характеристиками как средний диаметр пор  $D = 2,2 \div 73,2$  нм, площадь поверхности  $S_{БЭТ} = 200 \div 975,6$  м<sup>2</sup>/г, средний объем пор  $V_s = 0,205 \div 0,412$  см<sup>3</sup>/г.

2. Подобраны оптимальные условия получения мезопористых сорбентов. Согласно которому отмечено что доля микропор в сорбенте, полученного при 30°C и рН = 2,0, составила 87,15%, а при 50°C и рН=10,2 доля мезопор составила 93,81%.

3. Соответствия фазового состава кремнеземного и композитных сорбентов с концентрацией реагентов подтверждена методом рентгеновской дифрактометрии, а результаты, полученные СЭМ объясняются тем, что на поверхности сорбента поры распределены равномерно и их средний диаметр одиноковы.

4. Установлено, что изучением изотермы сорбции, полученные при адсорбции воды и некоторых органических веществ в мезопористых сорбентах, состава  $SiO_2 \cdot xMeO_2$ , и изотермы, полученные при 30°C относятся к I типу по классификации ИЮПАК, т.е. однослойная адсорбция в микропорах, при 50°C и 70°C и при 90°C наблюдалась полимолекулярная адсорбция, принадлежащие к IV типу а также изотерма адсорбции водяного

пара относится к типу V и образует большие кольца гистерезиса при относительно высоких давлениях.

5. Отмечено, что в сорбенте, содержащем  $\text{SiO}_2 \cdot 0,3\text{ZrO}_2$ , полученного при  $30^\circ\text{C}$  и  $\text{pH} = 2,0$  сорбция составляют соответственно 6,2 моль /кг паров бензола, 5,13 моль/кг паров толуола, 3,84 моль/кг пара н-гексана и сорбция водяного пара 2,61 моль/кг.

6. Разработаны и внедрены в практику методы определения смесей производных тетрагидроизохинолина методом тонкослойной хроматографии в мезопористых сорбентах, выделения органических красителей из сточных вод и исследования группового состава нефтепродуктов методом ВЭЖХ.

**ONCE-ONLY SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC  
DEGREES PhD.03/30.12.2019.K.02.05 AT SAMARKAND  
STATE UNIVERSITY**

---

**SAMARKAND STATE UNIVERSITY**

**UZOKOV JAVLON RUSTAMBOYEVICH**

**NANOSORBENTS FOR CHROMATOGRAPHY AND THEIR PHYSICO-  
CHEMICAL PROPERTIES**

**02.00.04 – Physical chemistry  
02.00.12-Nanochemistry, nanophysics and nanotechnology (chemistry sciences)**

**DISSERTATION ABSTRACT  
OF DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD) IN CHEMICAL SCIENCES**

**Samarkand - 2022**



Title of the dissertation for doctor of philosophy (PhD) was registered in the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2020.4.PhD/K338.

The dissertation research has been carried out at Samarkand State University.

The abstract of dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is available online on the website Scientific Council [www.samdu.uz](http://www.samdu.uz) and on the «ZiyoNet» information-education portal ([www.ziyoNet.uz](http://www.ziyoNet.uz)).

<b>Scientific supervisor:</b>	<b>Mukhamadiev Nurali Qurbonalievich</b> doctor of chemical sciences, professor
<b>Official pponents:</b>	<b>Eshmamatova Nodira Bakhramovna</b> doctor of chemical sciences, associate professor <b>Eshmetov Izzat Dusimbatovich</b> doctor of technical sciences, professor
<b>Leading organization:</b>	<b>Institute of chemistry and physics of polymers of the ASc of the RUz</b>

The defense of the dissertation will take place on " 21 " 01 2022 at « 10<sup>00</sup> » o'clock at the meeting of Once-only Scientific Council awarding scientific degrees of PhD.03/30.12.2019.K.02.05 at Samarkand State University (address: 140104, Samarkand city, University Blvd., 15, Building of the Physics-Chemistry Department, 3<sup>rd</sup> floor, room 305. Ph: (99866) 239-11-40, fax; (99866) 239-11-40. e-mail: [devonxona@samdu.uz](mailto:devonxona@samdu.uz))

The dissertation has been registered at the Information Resource Centre of the Samarkand State University № 10 (Address; 140104, Samarkand city, University Blvd., 15, IRC, Ph.: (99866) 239-11-51. E-mail: [m\\_nasrullaeva@mail.ru](mailto:m_nasrullaeva@mail.ru))

The abstract of the dissertation has been distributed on « 20 » 01 2022 y.  
(Protocol at the register № 11 dated « 19 » 01 2022 y).



**Nasimov A.M.**  
Chairman of once-only Scientific Council awarding scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

**Sayitkulov Sh.M.**  
Scientific Secretary of once-only Scientific Council awarding scientific degrees, candidate of chemical sciences, docent

**Normakhmatov R.**  
Chairman of once-only Scientific Seminar under Once-only Scientific Council awarding scientific degrees, doctor of technical sciences, professor



## INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

**Purpose of the research is** to obtain nanocomposite mesoporous sorbents of composition  $\text{SiO}_2 \cdot x\text{MeO}_2$  (Me=Zr, Ti;  $x = 0.3 \div 0.7$ ) using surfactants at different pH and temperatures using sol-gel technology and studying their geometric, textural, sorption characteristics.

### **Objectives of the research:**

obtaining nanocomposite mesoporous sorbents  $\text{SiO}_2$  and  $\text{SiO}_2 \cdot x\text{MeO}_2$  (Me = Zr, Ti;  $x = 0.3 \div 0.7$ ) in the presence of surfactants using sol-gel technology in various media and temperatures;

determination of optimal conditions for obtaining mesoporous sorbents;

assessment of the sorption process based on the study of the dependence of the sorption capacity on the synthesis of the sorbent, including temperature and environment;

separation and detection of various compounds in thin layer chromatography using mesoporous sorbents.

### **Scientific novelty of the research:**

obtaining mesoporous sorbents of composition  $\text{SiO}_2 \cdot x\text{MeO}_2$  ( $x = 0.3 \div 0.7$ ) with an average pore diameter of  $2.2 \div 73.0$  nm using a surfactant from TEOS crystalline hydrate  $\text{ZrO}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  and  $\text{TiCl}_4$  using "Sol- Gel" technology at various temperatures and environments;

the optimal conditions for the synthesis of mesoporous sorbents were selected: according to which the obtained sorbent at  $30^\circ\text{C}$  and  $\text{pH}=2.0$ , the microporosity is 87,15% of the total porosity, and at  $50^\circ\text{C}$  and  $\text{pH}=10.2$ , the mesoporosity is 93,81%;

based on the study of the dependence of the sorption capacity on the synthesis conditions in 3D, we note that at  $30^\circ\text{C}$  and  $\text{pH}=2,0$  the sorption of benzene vapor in the sorbent is 6,25 mol/kg, toluene vapor 5.13 mol/kg, hexane vapor 3,84 mol and water vapor 2,61 mol/kg.

in mesoporous sorbents, a mixture of tetrahydroisoquinoline derivatives was separated by thin-layer chromatography, organic dyes were separated from the composition of wastewater, and a method was developed for studying the group composition of oil products.

**Implementation of the research results.** Based on scientific results "Nanosorbents for chromatography and their physical and chemical properties":

The development "Application of a mesoporous sorbent based on  $\text{SiO}_2$  in the purification of industrial wastewater from synthetic dyes" was implemented at the Uzbek-Turkish joint venture ATUSH MIHNAT TEXTILE (Reference No. 38 dated August 6, 2021 of the Uzbek-Turkish foreign enterprise ATUSH MIHNAT TEXTILE in the form OOO.). As a result, the efficiency of wastewater treatment from dyes using a mesoporous sorbent based on  $\text{SiO}_2$  was 99,2%.

The development of "Drainage of residual moisture from a mesoporous sorbent based on  $\text{SiO}_2$ " was implemented at the Uzbek-Chinese JV AHMAD ISROIL TEX LLC (Reference No. 62 of the Uzbek-Chinese JV AHMAD ISROIL TEX dated August 21, 2021 in the form of LLC.). As a result, the shelf life of socks from moisture increases by 50-60%.

**Approbation of research results.** The research results were presented and discussed at 23, including at 7 international and 16 national scientific conferences.

**Publication of research results.** In total, 28 scientific articles were published on the topic of the dissertation, including 5 articles in scientific journals, recommended for publication of the main scientific results of dissertations of the Higher Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan, including 1 article in a foreign journal.

**The structure and volume of the thesis.** The content of the dissertation consists of an introduction, three chapters, a conclusion, a bibliography and annexes. The volume of the thesis is 113 pages.

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

**I бўлим (I часть; I part)**

1. Узоқов Ж.Р., Мухамадиев Н.Қ., Сайиткулов Ш.М. Хроматография учун тетраэтоксисилан ва металл оксидлари асосида золь-гель технологияси бўйича наносорбент олиш // Ўзбекистон Республикаси Фанлар академияси тасарруфидаги Ўзбекистон кимё жўрнали-2019. - № 5.-Б. 85-91 (02.00.00; № 6).

2. Uzokov J. R., Mukhamadiev N. K. Sorption characteristics of mesoporous composite  $\text{SiO}_2 \cdot \text{TiO}_2$  // Central Asian journal of medical and natural sciences. – 2021. – V. 2. – №. 5. – P. 494-498 (02.00.00; № 23).

3. Узоқов Ж.Р. Мухамадиев Н.Қ., Зуфаров А.М. Золь-гель технологияси асосида тетраэтоксисилан ва айрим металл оксидларидан сорбентлар олиш // Самарқанд давлат университети илмий ахборотномаси. – 2020. № 5. –Б. 4-9. (02.00.00; № 9).

4. Uzoqov J.R. Ulug'boyeva G.O., Muxamadiyev N.Q., Tursunqulov O. Iskandarov N. Zol-gel texnologiyasi asosida  $\text{SiO}_2/\text{ZrO}_2$  nanokompozit sorbentlar sintezi va ularning tekstur xususiyatlari // Samarqand davlat luniversiteti ilmiy axborotnomasi. – 2021. № 1.-Б. 18-25 (02.00.00; № 9).

5. Uzokov J.R., Mukhamadiev N.K. Synthesis of mesopore  $\text{SiO}_2 \cdot x\text{ZrO}_2$  nanocomposite sorbents and their texture characteristics // Scientific bulletin of Samarkand State. University. - 2021. - P.32-33 (02.00.00; № 9).

**II бўлим (II часть; II part)**

6. Uzokov J.R., Mukhamadiev N.K. Sorption Characteristics of the mesoporous sorbents based on tetraethoxysilane and titanium oxide //European journal of molecular and clinical medicine. – 2020. – V. 7.– №. 7. – P. 656-660 (Scopus).

7. Узоқов Ж.Р., Мухамадиев Н.Қ., Сайиткулов Ш.М. Хроматография учун кремний алкоксидлардан золь-гель усулида наносорбент олиш //“Ўзбекистоннинг иқтисодий ривожланишида кимёнинг ўрни” мавзусидаги республика илмий-амалий анжумани материаллари. – Самарқанд, 2018.-Б. 77-79.

8. Узоқов Ж.Р., Мухамадиев Н.Қ., Сайиткулов Ш.М. Изучение текстурных характеристик оксида кремния как носителя катализаторов //XXXV Всероссийский симпозиум молодых ученых по химической кинетике. Сборник трудов. – Москва, 2018. –С.162.

9. Узоқов Ж.Р., Мухамадиев Н.Қ., Сайиткулов Ш.М.Хроматография учун кремний алкоксидлардан золь-гель технологияси ёрдамида наносорбент олиш // XXI–аср Аналитик кимёси: муаммолари ва ривожланиш истиқболлари. Республика илмий-амалий анжумани материаллари. Тошкент, 2018.- Б 217-218.

10. Uzoqov J.R., Muxamadiyev N.Q. Sayitqulov Sh. M. Xromatografiya uchun zol-gel texnologiyasi asosida mezog'ovakli nanosorbentlar olish // Biorganik kimyo fani muammolari IX yosh kimyogarlar konferensiyasi. Namangan- 2019.-B 203.

11. Uzoqov J.R., Muxamadiyev N.Q. Xromatografiya uchun nanosorbentlar olish. // Turli fizik-kimyoviy usullar yordamida neft va gazni aralashmalardan tozalash muammolari. Qashi-2019. –B. 285-287.

12. Узоков Ж.Р., Мухамадиев Н.К. Синтез мезопористого сорбента на основе ТЭОС и  $TiO_2$  // Материалы XXVI Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных “Ломоносов-2019”. Москва-2019.-С, 358.

13. Узоков Ж.Р., Мухамадиев Н.К. Хакимов Ф.Х. Получение наносорбентов для хроматографии по “золь-гель технологии на основе тетраэтоксисилана и оксидов d-элементов” // XV Нумановские чтения «Современное состояние химической науки и использование ее достижений в народном хозяйстве республике Таджикистан» Душанбе, 2019.-С.85-87.

14. Uzoqov J.R., Muxamadiyev N.Q., Sayitqulov Sh.M.  $TiO_2$  va  $Al_2O_3$  oksidlari asosida xromatografiya uchun nanosorbentlar sintezi // Kimyo va tovarlar kimyosi muammolari va istiqbollari. VI-respublika ilmiy-amaliy konferensiya materiallari. Andijon-2019.-B.141-143.

15. Uzokov J.R., Muhamadiyev N.K. Synthesis of nanosorbents for chromatography from tetraethoxysilane and metal oxides // Proceedings of the international scientific-practical conference “Achievements, problems and prospects of complex innovative development of the Zarafshan oasis” Navoiy-2019. P. – 366-368.

16. Uzoqov J.R., Muxamadiyev N.Q. Zol-gel texnologiyasi asosida titraetoksisilandan mezog'ovakli sorbentlar sintezi. // “Funksional polimerlar fanining zamonaviy holati va istiqbollari” // Respublika ilmiy-amaliy anjumani materiallari. Toshkent-2020. –B.178-180

17. Uzoqov J.R., Muxamadiyev N.Q. Xromatografiya uchun tetraetoksisilan va  $TiO_2$  asosida nanosorbentlar sintezi // “Neft-gaz sanoati innovatsiyalar, zamonaviy energetika va uning muammolari” -2020.-B. 125

18. Узоков Ж.Р., Мухамадиев Н.К. Синтез мезапористых сорбентов по золь-гель технологии на основе тетраэтоксисилана и  $TiO_2$  // Симпозиум «химия в народном хозяйстве» Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "МИРЭА - Российский технологический университет" Дубровицы -2020. –С. 104-105.

19. Uzoqov J.R., Muxamadiyev N.Q. Xromatografiya uchun titraetoksisilandan mezog'ovak sorbentlar sintezi // Tovarlar kimyosi hamda xalq tabobati muammolari va istiqbollari mavzusidagi VII Xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya materiallari. Andijon-2020. –B. 241-243.

20. Узоков Ж.Р., Мухамадиев Н.К. Сорбционные характеристики мезопористых сорбентов на основе тетраэтоксисилана и диоксида титана //Открытая школа-конференция стран СНГ «Ультрамелкозернистые и

наноструктурные материалы» Уфа, Республика Башкортостан. Уфа – С.400-402.

21. Uzoqov J.R., Muxamadiyev N.Q. Zol-gel texnologiyasi asosida xromatografiya uchun sorbentlar olish // “Zamonaviy kimyoning dolzarb muammolari” Respublika ilmiy-amaliy anjumani materiallar to’plami. Buxoro-2020. –B.352-356.

22. Uzoqov J.R., Muxamadiyev N.Q. Sayitqulov Sh.M. Zol-gel texnologiyasi asosida olingan mezog‘ovak sorbentlarda benzol bug‘i adsorbsiyasi // “Табий фанлар соҳидаги долзарб муаммолар ва инновацион технологиялар”. Тошкент -2020.- 62-65

23. Uzoqov J.R., Muxamadiyev N.Q., Xromatografiya uchun tetraetoksisilan va  $TiO_2$  asosida nanosorbentlar sintezi // “Neft-gaz sanoatida innovatsiyalar, zamonaviy energitika va uning muammolari” xalqaro konferensiya materiallari -2020. -694-695 bet

24. Узоков Ж. Р., Мухамадиев Н.Қ. Синтез нанокompозитного сорбента  $SiO_2/ZrO_2$  на основе золь-гель технологии и адсорбция паров бензола // Материалы Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных “Ломоносов2021” -2021.

25. Uzoqov J.R., Muxamadiyev N.Q., Zufarov A.M. Zol-gel texnologiyasi asosida  $SiO_2/ZrO_2$  nanokompозит sorbentlar sintezi va ularning tekstur xususiyatlari. // “Kimyo-texnologiya fanlarining dolzarb muammolari” mavzusidagi Respublika ilmiy-amaliy anjuman to’plami. Toshkent – 2021. 498-500 bet

26. Uzokov J.R., Muhamadiev N.Q., Muhamadiev A.N. Mezog‘ovak  $SiO_2xZrO_2$  nanokompозит sorbentlar sintezi va ularning tekstur xarakteristikallari // “Kompleks birikmalar kimyosining dolzarb muammolari” Respublika ilmiy-amaliy konferensiya materiallar to’plami -2021.188-189.

27. Uzoqov J. R., Avazova N. Sh., Mardiyeva P.A., zol-gel jarayoni asosida  $SiO_2/ZrO_2$  nanokompозит sorbentlar sintezi va ularning benzol bug‘i adsorbsiyasi // Zamonaviy tibbiyot va farmatseftika: yangi yondoshuvlar va hozirgi tadqiqotlar. Samarqand -2021. –B.149-150.

28. Uzoqov J.R., Ulug‘boyeva G.O.,  $SiO_2$  hamda ba’zi metall oksidlari asosida olingan mezog‘ovak sorbentlarda benzol va suv bug‘lari adsorbsiyasi // Zamonaviy tibbiyot va farmatseftika: yangi yondoshuvlar va hozirgi tadqiqotlar. Samarqand -2021.-B. 168-169.

Автореферат Самарқанд давлат университетининг “Илмий ахборотнома” журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилди (5.01.2022 йил).

2022 йил 17 январда босишга рухсат этилди:  
Офсет босма қоғози. Қоғоз бичими 60×84<sub>1/16</sub>.  
“Times” гарнитураси. Офсет босма усули.  
Ҳисоб-нашриёт т.: 2,8. Шартли б.т. 2,2.  
Адади 100 нусха. Буюртма №17/01.

---

СамДЧТИ нашр-матбаа марказида чоп этилди.  
Манзил: Самарқанд ш, Бўстонсарой кўчаси, 93.