

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.02.30.12. 2019.К/Т.35.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ

АҲРОРОВА РАЪНО ОЛИМ ҚИЗИ

**КРЕМНЕЗЕМ АСОСИДА МЕЗОГЕНИК ТЕМПЛАТЛАР ЁРДАМИДА
ТАРТИБЛАНГАН МЕЗОҒОВАКЛИ АДСОРБЕНТ СИНТЕЗИ ВА
КОЛЛОИД КИМЁВИЙ ХУСУСИЯТЛАРИ**

02.00.11 – Коллоид ва мембрана кимёси

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

Тошкент – 2024

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)

Contents of the dissertation abstract of doctor of filosofy (PhD)

Ахророва Раъно Олим қизи

Кремнезем асосида мезогеник темплатлар ёрдамида тартибланган мезоғовакли адсорбент синтези ва коллоид кимёвий хусусиятлари.....3

Ахророва Раъно Олим кизи

Синтез и коллоидно-химические свойства мезопористого упорядоченного адсорбента, с использованием мезогенных темплатов на основе диоксида кремния.21

Akhrorova Rano Olim qizi

Synthesis and colloidal-chemical properties of mesoporous ordered adsorbent using mesogenic templates based on silicon dioxide.....39

Эълон қилинган илмий ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works 43

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.02.30.12. 2019.К/Т.35.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ

АҲРОРОВА РАЪНО ОЛИМ ҚИЗИ

**КРЕМНЕЗЕМ АСОСИДА МЕЗОГЕНИК ТЕМПЛАТЛАР ЁРДАМИДА
ТАРТИБЛАНГАН МЕЗОҒОВАКЛИ АДСОРБЕНТ СИНТЕЗИ ВА
КОЛЛОИД КИМЁВИЙ ХУСУСИЯТЛАРИ**

02.00.11 – Коллоид ва мембрана кимёси

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

Тошкент-2024

Кимё фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Олий таълим фан ва инновациялар вазирлиги хузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2024.2.PhD/К794 рақам билан рўйхатга олинган

Диссертация Умумий ва ноорганик кимё институтида бажарилган.

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

Илмий раҳбар:

Жумаева Дилноза Жўраевна
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Якубов Йўлдош Юсупбоевич
кимё фанлари доктори, профессор

Эшметов Расулбек Жумязович
техника фанлари доктори, доцент

Етакчи ташкилот:

Фарғона политехника институти

Диссертация химояси Умумий ва ноорганик кимё институти хузуридаги DSc.02.30.12.2019.К/Т.35.01 рақамли Илмий кенгашнинг « 6 » декабр 2024 йил соат 10⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. Манзил: 100170, Тошкент шаҳри, Мирзо Улуғбек кўчаси, 77-а. Тел.: (+99871) 262-56-60; факс: (+99871) 262-79-90, e-mail: iopx@academy.uz.

Диссертация билан Умумий ва ноорганик кимё институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (22 - рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100170, Тошкент шаҳри, Мирзо Улуғбек кўчаси, 77-а. Тел.: (99871) 262-56-60); факс: (+99871) 262-79-90).

Диссертация автореферати 2024 йил « 22 » ноябр куни тарқатилди.
(2024 йил « 22 » ноябрдаги № 22- реестр баённомаси)



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

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

И.Д.Эшметов
Илмий даража берувчи илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси ўринбосари, т.ф.д., профессор

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Дунёдаги юксак глобаллашув натижасида жадал фурсатлар билан ривожланиб бораётган кимё саноатининг тараққий этиши билан сорбцион материалларга бўлган талабнинг ҳам ошиши долзарб муаммолардан биридир. Бугунги кунда углеродли материалларга, юқори сорбцион хусусиятга эга хомашёларга саноатнинг талаби учун йиллик эҳтиёж бир миллион тоннадан ортиқ миқдорни ташкил этишини инобатга олган ҳолда, уни истеъмолга етказиб беришда ишлаб чиқиш сифатини яхшилаш муҳим ва долзарб вазифа ҳисобланади. Мазкур вазифанинг ечими сифатида таркибида кремнийли хомашёлардан кремний диоксидини ажратиб олиш, модификацияланган мезоғовакли, иеархар структурага эга сорбент олиш асосида саноатнинг талабига мос ҳолда илмий ишланмаларни амалга ошириш муҳим аҳамият касб этади.

Жаҳон амалиётида чиқиндиларни қайта ишлаб янги хом ашё маҳсулотини ишлаб чиқиш орқали юқори тозалikka эга сорбцион материаллар олиш бўйича илмий ва амалий тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Бу борада эса бир қатор илмий масалалар ечимларини асослашга алоҳида эътибор қаратилмоқда, жумладан: таркибида кремний сақлаган хом ашёларни танлаш орқали уларнинг кимёвий таркибини ўрганиш; шоли пўстлоғи чиқиндисидан кимёвий тоза кремний диоксидини ажратиб олиш технологиясини ишлаб чиқиш орқали SiO_2 ни ажратиб олиш; кремний диоксиди ва темплат иштирокида тартибланган, бошқариладиган мезоғовакли сорбцион материал олишда муҳитни таъсирини ўрганиш; мезоген темплатни танлаш орқали иеархар структура синтези усулини ишлаб чиқиш; бошқарилувчи мезоғовакли сорбентларни адсорбцион хусусиятларини тадқиқ этиш билан саноатда қўллашнинг самарадор мос ечимларини излашдан иборат.

Республикамызда кимё саноати учун зарурий хом ашё манбаи ҳисобланган кремний диоксидини юқори тозаликда ажратиб олиш орқали модификацияланган тартибли иеархия структурали, мезоғовакли сорбентлар олиш бўйича илмий тадқиқотлар асосида амалий натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясининг «...миллий иқтисодиётни жадал ривожлантириш ва юқори ўсиш суратларини таъминлаш»¹ каби муҳим вазифалар белгилаб берилган. Бу борада эса, шоли пўстлоғи чиқиндиси ёрдамида тоза миқдорда кремний диоксидини ажратиб олиш ва унинг асосида юқори самарадор сорбцион материаллар яратишда синтез усуллари, уларни ишлаб чиқариш шароитлари ҳамда сорбцион қобилиятини тадқиқоти бўйича илмий изланишлар муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60-сон «Янги Ўзбекистонни 2022-2026 йилларга мўлжалланган ривожланиш стратегияси тўғрисида»ги, 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг бешта устувор

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг «2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида»ги 2022 йилнинг 28 январдаги ПФ-60 сонли фармони

йўналиши бўйича ҳаракатлар стратегияси», 2018 йил 25 октябрдаги ПҚ-3983-сон «Ўзбекистон Республикаси кимё саноатини жадал ривожлантириш чоратadbирлари тўғрисида»ги, шунингдек ушбу соҳада қабул қилинган бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда назарда тутилган вазифаларни бажаришда ушбу диссертация иши маълум даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг Республика фан ва технологиялари ривожланишининг асосий устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот Республикада фан ва технологиялар ривожланишининг VII “Кимёвий технологиялар ва нанотехнологиялар” устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Дунёда шולי пўстлоғи каби бошқа чиқинди хомашё ресурслари ҳамда таркибида кремний мавжуд минералларни қайта ишлаш орқали микрокремнезем ажратиб олиш ҳамда юқори сорбцион материаллар олиш бўйича асосан Ҳиндистон, Хитой ҳамда Ветнам олимлари, жумладан Schmidt H., Huang H.H., Chen Y., Bryans T.R., Kuzmin A.N., Ayler R., Shirosaki Y., Wang Y.J., Dong A.G., Zhang B., Xiao F.S., Gridanurak V., Chiarakorn S., Prayoonpokarach S., Jang H.T., Chirra S., Bhagiyalakshmi M., Yun L.J., Anuradha R., Beck J.S., Kumar A.A., Witoon T. каби чет эл олимлари илмий изланишлар олиб боришмоқда.

Ўзбекистонда коллоид кимёнинг муҳим тадқиқотлари, адсорбентларнинг адсорбцион ҳамда коллоид-кимёвий хусусиятларини тадқиқ қилиш бўйича академик К.С. Ахмедов бошчилигида илмий мактаб яратилган бўлиб, унинг вакилларидан Э.А.Арипов, С.С. Хамраев, С.Н. Аминов, А.А. Агзамходжаев, У.К. Ахмедов, Г.У. Раҳматқариев, С.З. Муминов, Г.Р. Нарметова, С.А. Абдурахимов, О.К. Бейсенбаев, И.Д. Эшметов, О.К. Эргашов, Д.С. Салиханова, Ҳ.Н. Бахронов, Д.Ж. Жумаева, А.Б. Абдикамалова ва бошқалар унинг ривожланиши учун салмоқли ҳисса қўшиб келмоқдалар.

Олиб борилган тадқиқотларнинг илмий таҳлили шуни кўрсатдики, шולי пўстлоғини таркибидан кремний диоксидини юқори тозаликда ажратиб олиб, тартибланган иерархия кўринишидаги структурага эга юқори ғовакли сорбцион материаллар олишда бошқариладиган текстура, морфология ва сирт кимёсига эга бўлган янги мезоғовакли силикат материалларини ишлаб чиқишнинг синтез шароитларини ҳароратга таъсири ўрганилмаган. Мазкур тадқиқот ишида шולי пўстлоғи асосида тоза кремний диоксиди реагентини ажратиб олиш ёрдамида тартибланган мезоғовакли сорбцион материал синтезини амалга ошириш бўйича илмий ёндашувларнинг ечими ёритилган.

Тадқиқотнинг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасининг илмий-тадқиқот режалари билан боғлиқлиги. Диссертация иши Умумий ва ноорганик кимё институтининг илмий тадқиқот ишлари режасига мувофиқ П-4821091630 рақамли «Кремний ва мезогеник темплатларнинг альтернатив манбалари асосида тартибланган мезоғовакли материаллар синтези ва физик-кимёвий хусусиятлари» мавзусидаги халқаро Ўзбекистон-Беларус қўшма фундаментал лойиҳаси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади шולי пўстлоғидан тоза кремний диоксидини ажратиб олиш ва унинг асосида мезоген темплатлар ёрдамида мезоғовакли

сорбцион материал синтези усулини ишлаб чиқиш ҳамда адсорбцион хусусиятларини аниқлашдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

ўсимлик чиқиндиси хомашё ресурс базасини тадқиқ этиш орқали уларни таркибидан кремний диоксиди мавжуд турларини танлашнинг илмий асосларини таҳлил этиш;

танланган шולי пўстлоғи чиқинди хомашёсининг кимёвий таркибини таҳлил этиш орқали кремний диоксиди миқдорини аниқлаш;

шולי пўстлоғи таркибидан кремний диоксидини ажратиб олиш усулларини танлаш орқали юқори тозаликдаги кремнезем ажратиб олиш;

кремний диоксидини мезоген темплат (цетилпиридиний хлорид) билан маълум шароит остида синтезини олиб бориш натижасида тартибланган мезоҶовакли сорбент олиш;

мезоҶовакли сорбентларнинг физик кимёвий (ИК-, рентгенфазали-, СЭМ ва ДТА) таҳлилларини олиб бориш;

танланган мақбул сорбентларнинг сорбцион структура кўрсаткичларини H_2O , C_6H_6 ва N_2 адсорбатлари адсорбциясини турли усуллар ёрдамида аниқлаш;

мезоҶовакли сорбентлар иштирокида саноат оқава сувларини тозалашнинг ярим саноат синовини олиб бориш;

мезоҶовакли тартибланган сорбцион материал олишнинг технологиясини ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида шолининг пўстлоқ чиқиндилари, кремний диоксиди, мезоген темплат - цетилпиридиний хлорид, тартибланган мезоҶовакли сорбент, H_2O , C_6H_6 ва N_2 адсорбатлари олинган.

Тадқиқотнинг предмети шолининг чиқинди пўстлоғидан ажратиб олинган тоза кремний диоксиди ва мезоген темплат асосида синтез қилиб олинган тартибланган мезоҶовакли сорбент олиш усули, шунингдек уларнинг физик-кимёвий таҳлил усуллари, сорбцион-структура кўрсаткичлари, коллоид хоссаларидан иборат.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертация тадқиқот ишида мезоҶовакли сорбентларнинг физик-кимёвий (ИК-, Рентгенфазали-, СЭМ-, ДТ ва кимёвий таҳлиллари) ҳамда адсорбция (адсорбентларнинг сорбцион-структура кўрсаткичларини аниқлашдаги адсорбция изотермалари, паст ҳароратли азот адсорбцияси) каби замонавий, анъанавий усуллардан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

илк бора кремний манбаси бўлган шולי пўстлоғидан тоза SiO_2 ни ажратиб олиш ва мезоген темплат–цетилпиридиний хлорид (ЦПХ) ни қўллаш орқали Штёбер усулида тартибланган мезоҶовакли силикат материалларнинг зол-гель синтези усули ишлаб чиқилган;

шולי пўстлоғининг 2.4Ø дисперсликка эга бўлган 650°C ҳароратда қуйдирилган қулини 1%ли HCl да ишлов берилиши орқали олинган намуна таркибида энг юқори – 99,7% миқдорда SiO_2 мавжудлиги аниқланган;

SiO_2 +ЦПХ гибрид композициясида кислотали муҳитда (pH 3≤5) ҳосил бўлган мезоҶоваклар ўлчамлари 30÷40 нм бўлиши физик-кимёвий таҳлил усули

ҳамда азот адсорбция-десорбцияси жараёнлари асосида исботланган;

синтез системасида рН қийматининг 3 дан 8 гача ошиши олинган SiO_2 намуналарининг мезоғоваклар нисбий юзаси ва ғовак ҳажмини 517 дан 968 $\text{м}^2/\text{г}$ гача ва 0,50 дан 0,86 $\text{см}^3/\text{г}$ гача мос равишда ортишига олиб келиши, нисбий юза, мезоғоваклар ҳажми катталиклари ва рН ўзгариши орасидаги боғлиқлиги исботланган;

шоли пўстлоғидан 99,7% дан юқори тозаликдаги кремний диоксиди ҳамда унинг асосида мезоғовакли сорбент олишнинг технологияси ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

кремний манбаалари асосида 99,7% тозаликдаги аморф кремний диоксидига темплатни қўллаш орқали тартибланган ҳамда бошқариладиган мезоғовакли сорбентлар синтезининг илмий-услубий асослари ишлаб чиқилган;

кремний диоксидига тўртламчи алкилпиридин тузларини киритилиши билан олинган мезоғовакли сорбцион материалларда саноатнинг оқава сувларини тозалашнинг имконияти яратилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончилиги. Тадқиқот натижаларининг илмий хулосалари замонавий ҳамда анъанавий физик-кимёвий ва аналитик усуллардан олинган илмий натижалар билан тасдиқланган. Илмий янгиликларнинг амалий натижалари “Бухоро нефтни қайта ишлаш заводи” МЧЖнинг лаборатория ва ишлаб чиқариш шароитларида амалга оширилган синов далолатномалари билан тасдиқланган.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти шолининг чиқинди пўстлоқ хомашёси таркибидан тоза миқдордаги кремний диоксидини ажратиб олиш, тоза ҳолатдаги SiO_2 га алкилпиридиний хлоридни мезоген темплат сифатида қўллаш орқали тартибланган, иерарх структурага эга бошқарилувчи мезоғовакли сорбентларнинг олинишига, шунингдек уларда танланган адсорбатлар билан адсорбция жараёнида ўзаро таъсир сорбцион механизмининг асослаш орқали изоҳланади. Бунда эса олинган натижаларнинг илмий аҳамияти хомашё манбаининг тозалик миқдори ва унга бириктирилган темплатнинг структура ҳосил қилиши орқали рН муҳитни бошқарилишида мезоғовакли тузилишга эга материалларни ҳосил бўлиш жараёнини мақсадли амалга ошириши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти эса чиқиндидан иккиламчи тоза маҳсулотни ишлаб чиқиш, унинг асосида янги сорбцион материал синтези усулини амалга ошириш ҳамда олинган адсорбентлар ёрдамида ишлаб чиқариш корхоналари оқава сувларини тозалашда қўллаш учун тавсиялар беришда, шунингдек илмий назарий хулосалардан кимё ва кимёвий технология соҳасидаги таълим муассасаларида бакалавр ва магистрларни тайёрлаш жараёнида хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий этилиши.

Кремний манбаси бўлган шоли пўстлоғи таркибидан ажратиб олинган тоза кремний диоксидига темплат ўрнатилиши натижасида, тартибланган ҳамда бошқариладиган мезоғовакли сорбент материаллар синтези бойича олинган

илмий натижалари асосида:

шоли пўстлоғидан аморф кремний диоксидини олиш усулига Ўзбекистон Республикаси Адлия вазирлиги томонидан ихтиро патенти олинган (IAP № 7776. 24.07.2024). Натижада, шоли пўстлоғидан юқори тозаликдаги аморф кремний диоксидини олиш усули ёрдамида мезоғовакли силикат материалларни олишнинг имконини берган.

шоли пўстлоғидан ажратиб олинган кремний диоксидини тоза миқдорда ажратиб олиш, шунингдек SiO_2 га темплат сифатида алкилпиридин хлоридни киритиш орқали иеархар тузилишга эга тартибланган мезоғовакли сорбент синтез усули «Бухоро нефтни қайта ишлаш заводи» МЧЖнинг «2025-2026 йилларда амалга ошириш учун истиқболли ишланмалар рўйхатига» киритилган (Ўзбекистон Республикаси Ўзбекнефтегаз АЖнинг 2024 йил 16 июлдаги 26-62/2721-сон маълумотномаси). Натижада, нефт ва газ саноати оқава сувларининг таркибидан нефт маҳсулотларини ажратиб олишда маҳаллий сорбцион материаллардан фойдаланиб импорт ўринбосар мезоғовакли сорбцион материалларни ишлаб чиқиш имконини беради;

шоли пўстлоғидан ажратиб олинган тоза кремний диоксиди ва унинг иштирокида олинган тартибланган мезоғовакли сорбентлар нефт-газ саноати оқава сувлари таркибидан нефт маҳсулотларини тозалашда қўллаш усули «Бухоро нефтни қайта ишлаш заводи» МЧЖнинг «2025-2026 йилларда амалга ошириш учун истиқболли ишланмалар рўйхатига» киритилган (Ўзбекистон Республикаси Ўзбекнефтегаз АЖнинг 2024 йил 16 июлдаги 26-62/2721-сон маълумотномаси). Натижада, сорбцион материаллар саноат оқава сувлари таркибидан нефт маҳсулотларини тозалашда рухсат этилган меъёр (РЕМ) таълабларигача, яъни 110,0 мг/лдан 0,13 мг/лгача тозалаш имконини беради.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Ушбу тадқиқот натижалари 2 та халқаро ва 4 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларини эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича жами 13 та илмий иш чоп этилган. Жумладан, диссертациянинг асосий илмий натижалари бўйича 1 та патент, 6 та илмий мақола, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий Аттестация Комиссияси томонидан чоп этишга тавсия этилган журналларда 4 та республика ва 2 таси хорижий журналларда нашр этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 112 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Диссертациянинг кириш қисмида экспериментал тадқиқотларнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, мақсад ва вазифалар белгилаб олинган, тадқиқот объектлари ва предмети тавсифланган, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикаси фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мувофиқлиги, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий

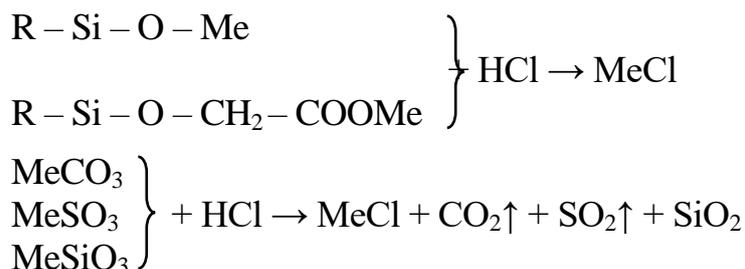
натижалари, олинган натижаларнинг назарий ва амалий аҳамияти, тадқиқот натижаларининг амалиётга жорий этилиш ҳолати, чоп этилган ишлар ва диссертациянинг тузилиши ҳақида маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Молекуляр импринтинг асосида тартибланган мезоғовакли силикат материаллар синтезида кремнийли манбааларни танлашнинг физик-кимёвий асосларини замонавий адабиётлар шарҳи орқали баҳолаш**» деб номланган биринчи бобида долзарб муаммонинг ечимида тадқиқот ишининг мақсади аниқланиб, бошқариладиган текстура, морфология ва сирт кимёсига эга бўлган янги, тартибланган мезоғовакли силикат материалларини ишлаб чиқиш сифатидаги мезонларга асосланилган.

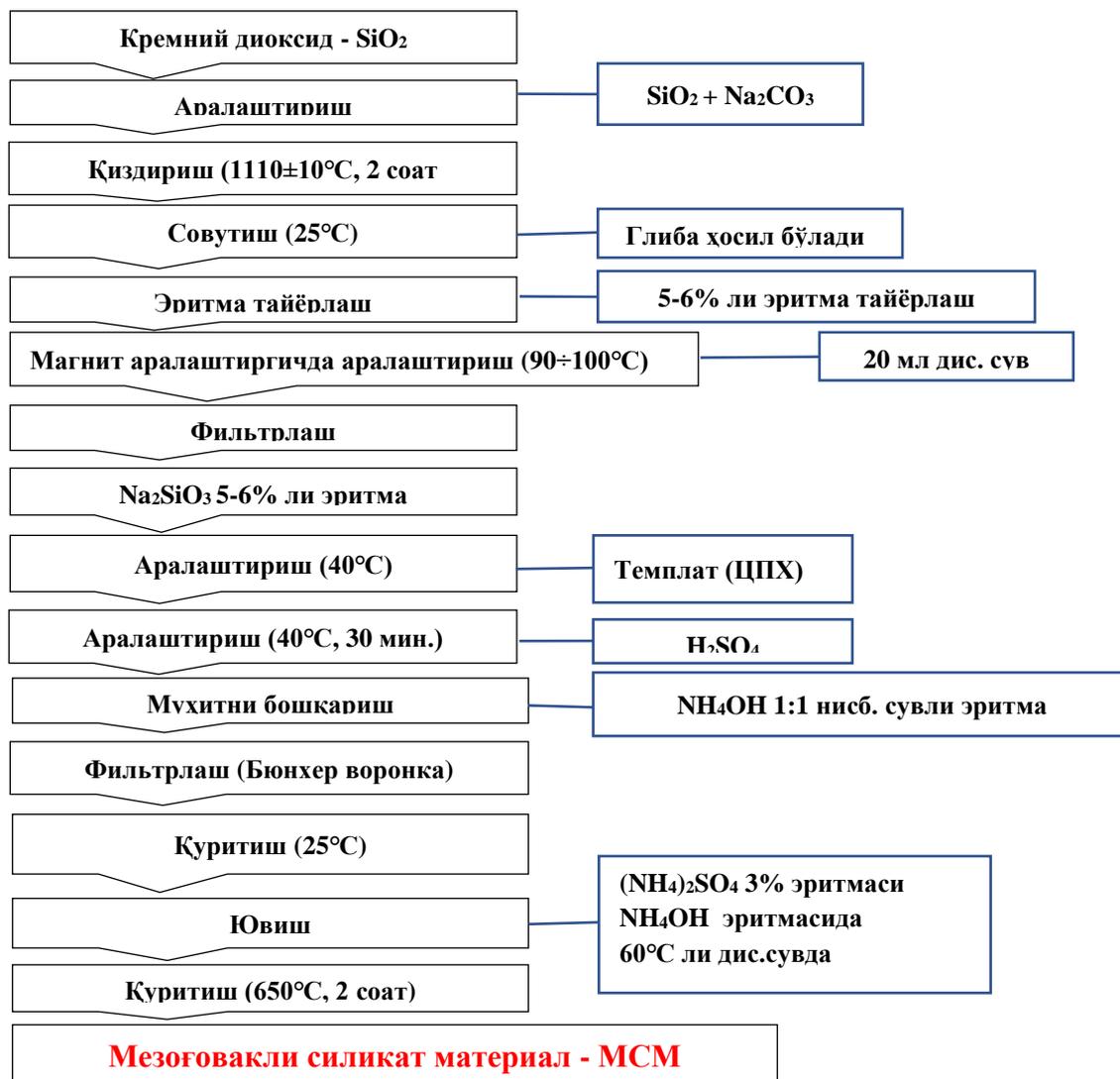
Адабиётларнинг таҳлили ўсимлик хомашёси асосида термокимёвий ишлов бериш орқали юқори самарали адсорбентларни олиш имкониятини кўрсатиш билан бирга тадқиқот ишининг бажарилиши учун хизмат қиладиган мақсад ва вазибаларнинг шакллантирилишга имкон берган.

Диссертациянинг «**Шоли пўстлоғи чиқиндиси асосида тоза кремний диоксидини ажратиб олиш усули ва технологияси**» деб номланган иккинчи бобида тоза кремний диоксиди ва темплат сифатида танланган цетилпиридиний хлоридни қўлланилиши орқали тартибланган мезоғовакли силикат материал синтези, шоли пўстлоғи ҳамда мезоғовакли силикат материалларнинг таркибидаги кремний диоксиди миқдорининг кимёвий таркиби бўйича дисперслик даражасига боғлиқлиги, шоли пўстлоғидан ноорганик аралашмаларсиз, юқори тозалик даражасига эга SiO₂ ни ажратиб олиш усули ва тоза кремнезем ажратиб олиш технологияси, шоли пўстлоғидан тоза кремний диоксидини ажратиб олишда мақбул реагентлар ҳамда силикат модулли эритмаларни сувда эрувчан шароитларини танлаш бўйича тадқиқотлар олиб борилган.

Бунда дастлаб, чиқинди сифатида танланган шоли пўстлоғи механик аралашмалардан тозаланади, ювилади ва хона ҳароратида қуритилади (25-30°C), сўнгра 1% ли HCl да бир сутка бўктирилиб, кейинги босқичда дистилланган сувда массада HCl йўқолгунича ювилади. Сўнгра 100-110°C да намлик 25-30% га келгунча қуритилади. Тадқиқотнинг кейинги босқичида 90 минут давомида 650°C да куйдирилиш билан олиб борилади. Ҳосил бўлган кулни нормал шароитда (25-30°C гача) совутиб, сўнгра 1% ли HCl билан қайта ювилади ҳамда қуритиш печида 100-110°C ҳароратгача, таркибидаги намликнинг миқдори 15-20% қолгунича қуритилади. Бунда SiO₂ ни тоза миқдорига эришишга HCl таъсири орқали эришилади. Бунда жараён куйидаги реакция тенгламалари ёрдамида ифодаланиши мумкин:



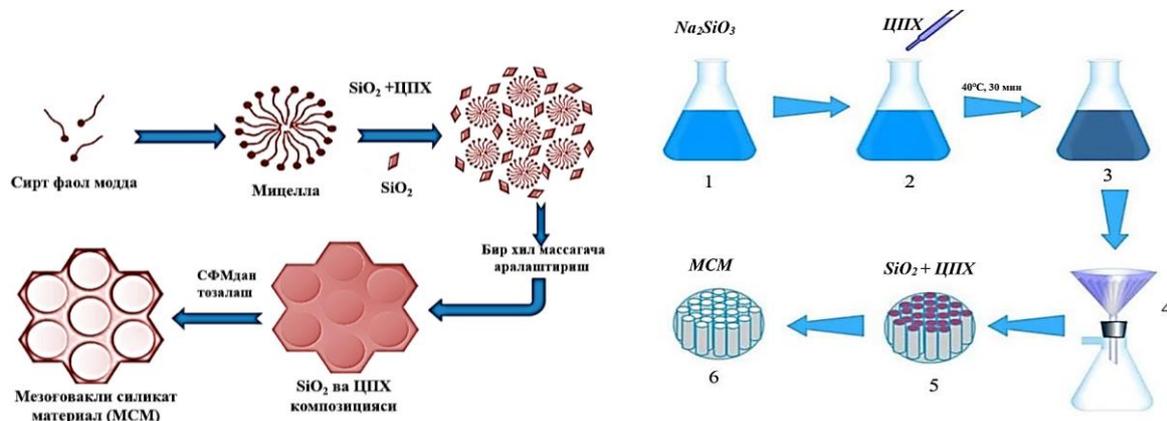
Тадқиқотнинг давомида шולי пўстлоғи тақрибидан SiO_2 ни (99.0÷99.7%) ажратиб олиш асосида, унга темплат (ЦПХ) бириктириш орқали золь-гель синтездан фойдаланиб, Штёбер усулида мезоғовакли силикат материал (МСМ) олиш жараёни амалга оширилади (1-расм). Темплат (ЦПХ) дан 2,5 г ни 47,5 мл SiO_2 (99.0÷99.7%) эритмасида 40°Сда эритиб, 5,0 масс. % ли эритмаси тайёрланди. Тайёрланган СФМ эритмасига 9,19 мл 35,0 масс.%ли H_2SO_4 қўшиб, эритмани 40°Сда 30 дақиқа доимий аралаштирилди. Сўнгра рН нинг 3, 5, 8 birlik қийматларигача ўзгармас бир хил тезликда томчилатиб NH_4OH нинг сувли эритмасини (1:1) нисбатида қўшиб, ҳар бир намуна учун уч қийматли рН-3,-5,-8



1-расм. SiO_2 га СФМ бириктириш орқали золь-гель синтезининг Штёбер усулида тартибланган мезоғовакли силикат материал олишнинг блок схемаси

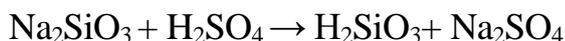
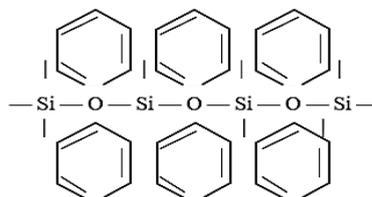
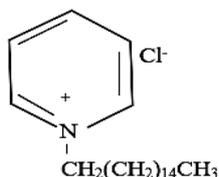
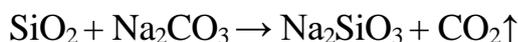
бирликлари бўйича турли намуналар олинди ва намуналардан вакуум фильтрида чўкмалар ажратиб олинди, сўнгра гидрогеллар доимий хона ҳароратида (25-30°С) қуритилди. Олинган ксерогеллар қуйидаги схема бўйича ювилди: дастлаб $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 3,0 масс.% ли эритмаси; сўнгра NH_4OH сувли эритмаси билан 2 марта ва сўнгида, 2 марта дистилланган сув билан ювилди. Кейинги босқичда

чўкмалар хона ҳароратида қуритилиб, кукунларни 2 соат давомида 120°Сда иссиқлик билан термик ишлов берилди, тадқиқот давомида 650°Сда 2 соат вақт оралиғида кукунларни куйдириш орқали таркибидаги органик темплат (ЦПХ) чиқариб юборилди. Золь-гель синтези Штёбер усули орқали бошқариладиган, тартибланган, иерарх структуранинг ҳосил бўлиш жараёни 2-расмда келтирилган.



2-расм. Кремний диоксид ва темплат иштирокида мезоғовакли силикат материал синтези. 1.5-6% ли Na_2SiO_3 эритмаси; 2. Темплат (ЦПХ) қўйиши; 3. Магнит аралаштиргичда аралаштириши; 4. Аралашмани филтрдан ўтказиши; 5. Ғоваклардаги органик моддалардан ювиши; 6. Тартибланган мезоғовакли силикат материал каркаси

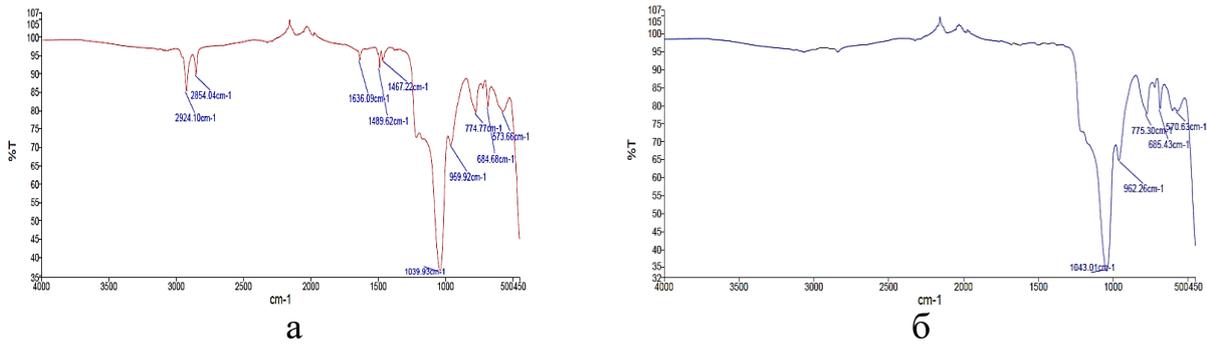
Борган жараённи куйидаги реакция тенгламалари ёрдамида ифодалаш мумкин:



Диссертациянинг «Кремний диоксида ва унинг синтези асосида олинган мезоғовакли силикат материаллар физик-кимёвий характеристикаларининг тадқиқоти» деб номланган учинчи бобида хомашёларнинг турли дисперсликдаги ҳамда синтез қилинган тартибланган мезоғовакли кремнийли материалнинг рентгенфазавий таҳлиллари олиб борилган. Муқобил кремний манбаалари асосида синтез қилиб олинган силикат материалларнинг ИҚ-спектри, кремний диоксида иштирокида синтез қилиб олинган мезоғовакли силикат материалларнинг СЭМ тасвири асосидаги текстура морфологиясининг таҳлиллари олиб борилган.

Қайта ишлаш натижасида олинган олти бурчакли мезоғовакдан иборат намуна ИҚ-спектроскопик усул орқали таҳлил қилинган. Инфрақизил спектроскопик таҳлил натижасига кўра, намуна барча босқичларидан сўнг СФМ мезоғовакли нанозаррачали кремнезем намунасининг ғовакликларида оз миқдорда

ҚОЛГАН.



3-расм. Синтез усулининг а) 25-30°C ҳамда б) 650°C ҳароратда куйдириш орқали олинган МСМ нинг ИҚ-таҳлили

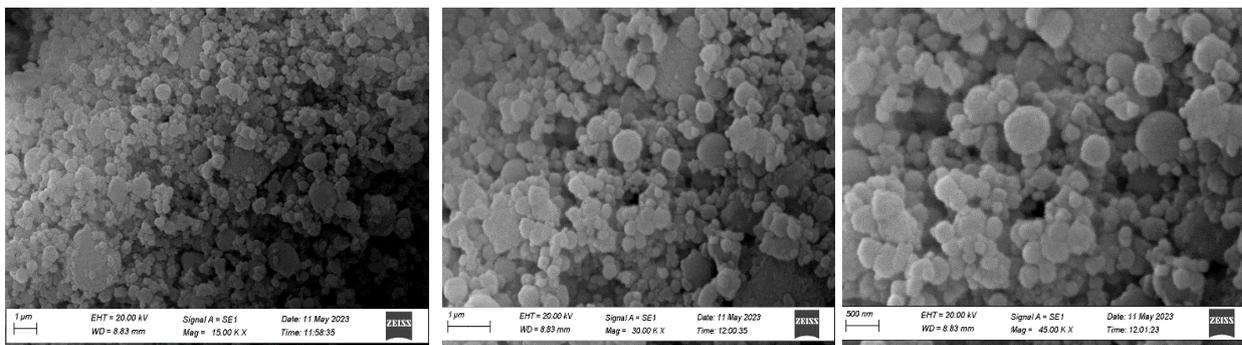
Шунга асосан, ИҚ-спектрнинг 2924 см^{-1} ва 2854 см^{-1} қисмида органик бирикма таркибидаги С-Н боғларнинг ассиметрик ва симметрик валент тебранишлари кузатилган, атоматик халқадаги тўйинмаган С=С боғлари эса бироз қўйроқ соҳада жуда кам интенсивлик билан 1636 , 1490 ва 1467 см^{-1} соҳалардаги ИҚ нурларни ютилиши кузатилган (3-расм (а)). Асосий таркиб SiO_2 молекулаларининг ўзаро тўрсимон ғоваклик ҳосил қилиши улар ўртасидаги боғланишларнинг ортишига олиб келган ва шунинг учун О-Si-O боғлари тегишлича 1040 см^{-1} соҳада юқори интенсивликдаги валент тебранишлари кузатилган. Шунингдек ундан қўйи соҳада Si-O боғларининг деформацион тебранишлари кучсиз интенсивлик билан содир бўлган.

Мезоғовакли кремнийга сўнги ишлов муфел печида 650°C да кислородсиз шароитда берилган, ушбу ишлов натижасида ғовак материал таркибидаги пораларда бўладиган органик қисм парчаланган ва асосий таркибий қисмдан йўқолган. Олинган сўнги намуна ИҚ спектроскопик усул билан анализ қилинди.

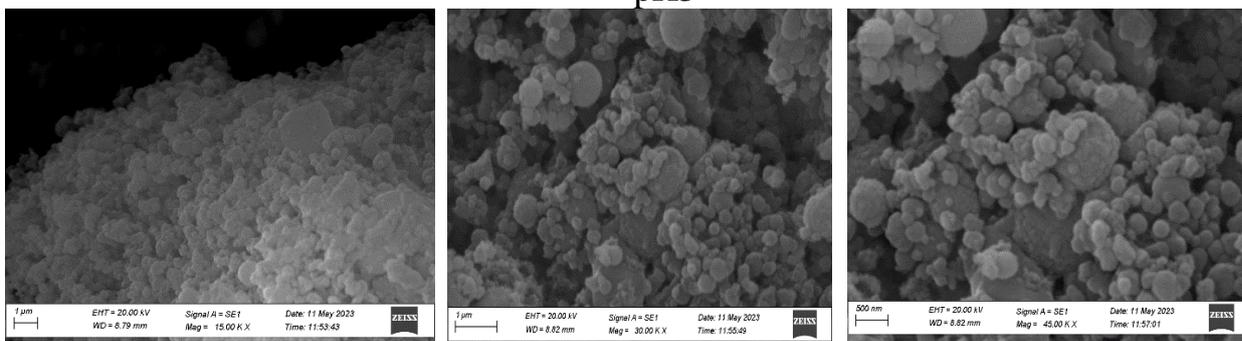
Таҳлил натижасига кўра, ИҚ нурнинг асосий интенсивликлари бармоқ изи соҳаларда намоён бўлди, хусусан 1043 см^{-1} соҳада юқори интенсивлик билан О-Si-O боғларининг ассиметрик валент тебранишлари, 962 см^{-1} соҳаларда ўртача ютилиш интенсивликларида ушбу боғнинг симметрик валент тебранишлари кузатилди. Бармоқ изи соҳаларининг қўйи қисмида 775 , 685 ва 571 см^{-1} соҳаларида Si-O боғининг деформацион тебранишлари кузатилган. (3-расм (б))

Текстур хусусиятларининг таҳлилидан кўринадики, МСМ да асосан икки хил кўринишдаги нанозаррачалар кузатилади. Бунда Штёбер усулида олиб борилган синтез орқали олинган МСМнинг юзалари силлик, текис шарсимон кўринишдаги заррачалар ҳамда сувдаги маржон рифларини эслатувчи кичикроқ ўлчамдаги нанозаррачаларнинг жамланмасидан иборат кўринишни намоён этади. Олинган МСМларнинг СЭМ тасвирларида ($1\text{-}2\text{ }\mu\text{m}$) микро ўлчамдан нано (500 nm) ўлчамгача қиймат кўрсаткичлари оралиғидаги тасвирлар олинган.

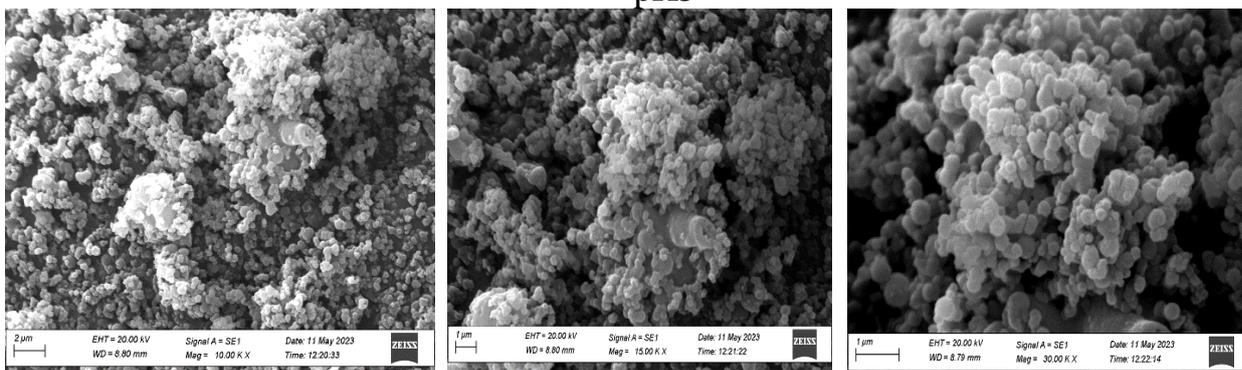
Бунда синтез жараёнида бошқарилган рН-3, рН-5, рН-8 бирлик қийматларда олинган материалларнинг микротасвирлари (5-расм) келтирилган. Микротасвир натижалари асосида олинган заррачалар ҳажми $<0,2\text{ мкм}$ дан 1 мкм гача, ўртача заррачанинг диаметри $0,6\text{ микронга}$ тенглиги тадқиқот натижалари асосида аниқланган.



pH3



pH5



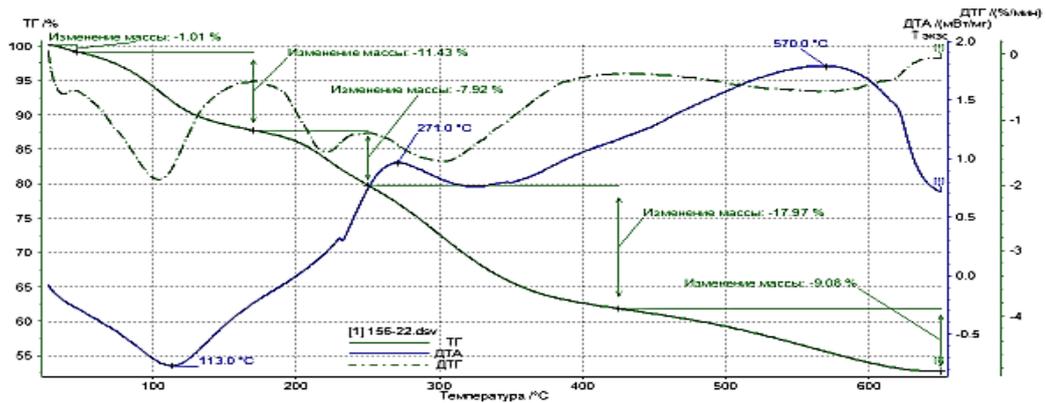
pH8

5-расм. Шоли пўстлоғидан олинган SiO₂ эритмасининг рН нинг 3, 5, 8 бирлик қийматларида ҳосил бўлган МСМнинг СЭМ тасвири

Диссертациянинг «Мезоғовакли силикат материалларнинг сирт морфологияси, структура ва текстур хоссалари ҳамда адсорбция хусусиятлари» деб номланган тўртинчи бобида мезоғовакли силикат материалларнинг ТГ ва ДТ таҳлили, сув буғи ҳамда бензол буғи адсорбцияси, паст ҳароратли азот адсорбция-десорбция изотермаси натижалари келтирилган.

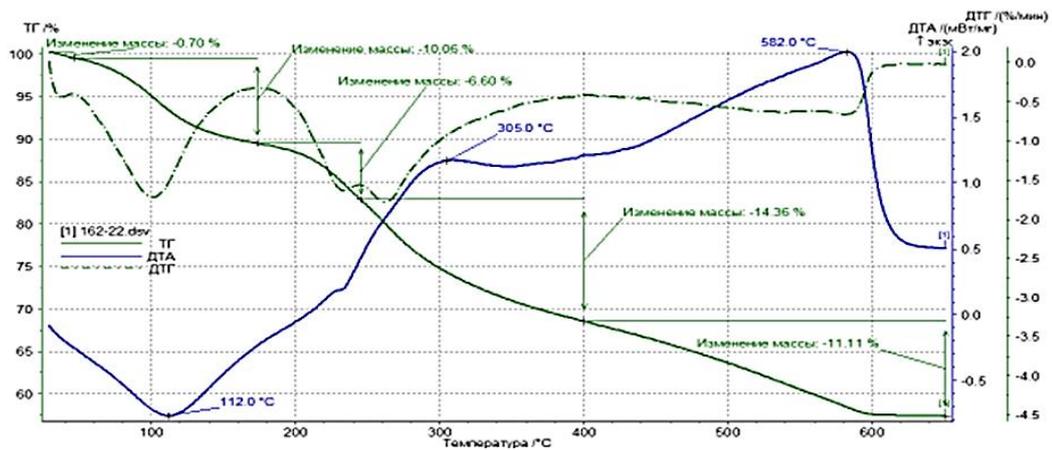
МСМ намуналарнинг ТГ ва ДТ таҳлили келтирилган 6-8 расмларда натижалар 100°C дан паст кўрсаткичда, 100°C÷200°C гача бўлган ораликда ҳамда 200°Cдан юқори ҳарорат ораликларида уч босқичдан иборат бўлган масса йўқотилиши орқали изоҳланади. Бунда, мос ҳолда қолдиқ сувларнинг десорбцияси, шунингдек боғланган сув молекулаларининг буғланиб кетиши, ҳамда темплат (ЦПХ)нинг чиқиб кетиши билан изоҳланади. МСМ синтези жараёнида темплат цетилпиридиний хлоридни синтез жараёни сўнггида ювиш босқичида чиқариб юборилади. Бунда, муҳит рН нинг ортиши билан темплатнинг структура ғовақларини қоплаши камаяди. Бунда мусбат

зарядланган силикат кремний ва цетилпиридиний ўртасида кучли ўзаро таъсирлашув боради.



6-расм. МСМнинг рН-5 бирлик қийматида олинган ТГ-, ДТГ- ва ДТ аналитик эгриликлари

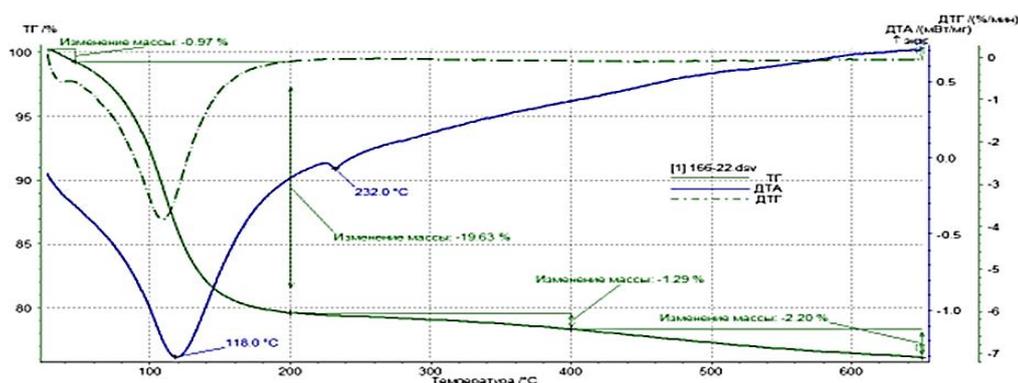
Синтез жараёни сўнггида куйдирилиш жараёнида эса структурада тартибланган кремнийли силикат ғоваклар қолиб, цетилпиридиний хлорид чиқиб кетади. Тадқиқот натижалари силикат матричасига киритилган темплатни микдорини ўрганиш мақсадида термал таҳлил тадқиқ этилди.



7-расм. МСМнинг рН-8 бирлик қийматида олинган ТГ-, ДТГ- ва ДТ аналитик эгриликлари

Синтез жараёнида ЦПХнинг кремнезем сирти бўйлаб конденсацияланиши $\text{Si}(\text{OH})_4$ нинг поликонденсацияланиш реакцияси орқали ҳосил бўлганда SiO_2 нинг юзасида сувни осон адсорбция қиладиган силанол гуруҳларидан иборат бўлганлиги туфайли МСМ намуналарини 120°C ҳароратда қиздирилганда кейингиси осон йўқолиши кузатилди. Шу сабабли, тадқиқотда ҳароратни янада кўтариш орқали уч турдаги силанолларнинг конденсацияси кузатилди. Бунда сувнинг йўқолиши билан боғлиқ бўлган масса йўқолиши - изоляцияланган, геминал ва висинал, силанол гуруҳларининг конденсацияси натижасида ҳосил бўлган масса йўқотилишини аниқлаш мақсадида, шунингдек цетилпиридиний хлорид темплатнинг чиқиб кетиши жараёнини термик таҳлил орқали тадқиқ этилди. Бунда МСМ материалларни олиниши синтезидаги цетилпиридиний хлориднинг парчаланиб кетишининг тадқиқоти натижалари келтирилган ТГ-, ДТГ- ва ДТ-аналитик таҳлил орқали олинган эгри чизиқлар (6-8 расмлар) да

келтирилган ксерогелларнинг ТГА эгри чизиқлари 100°C дан паст, 100 дан 200°C гача ва 200°C дан юқори ҳароратларда масса йўқолишига мос келадиган учта бўлакдан иборат бўлиб, биринчи ва иккинчи бўлақлар мос равишда физик ва кимёвий адсорбцияланган сувга тегишли.



8-расм. МСМнинг рН-3 бирлик қийматида олинган ТГ-, ДТГ- ва ДТ эгриликлари

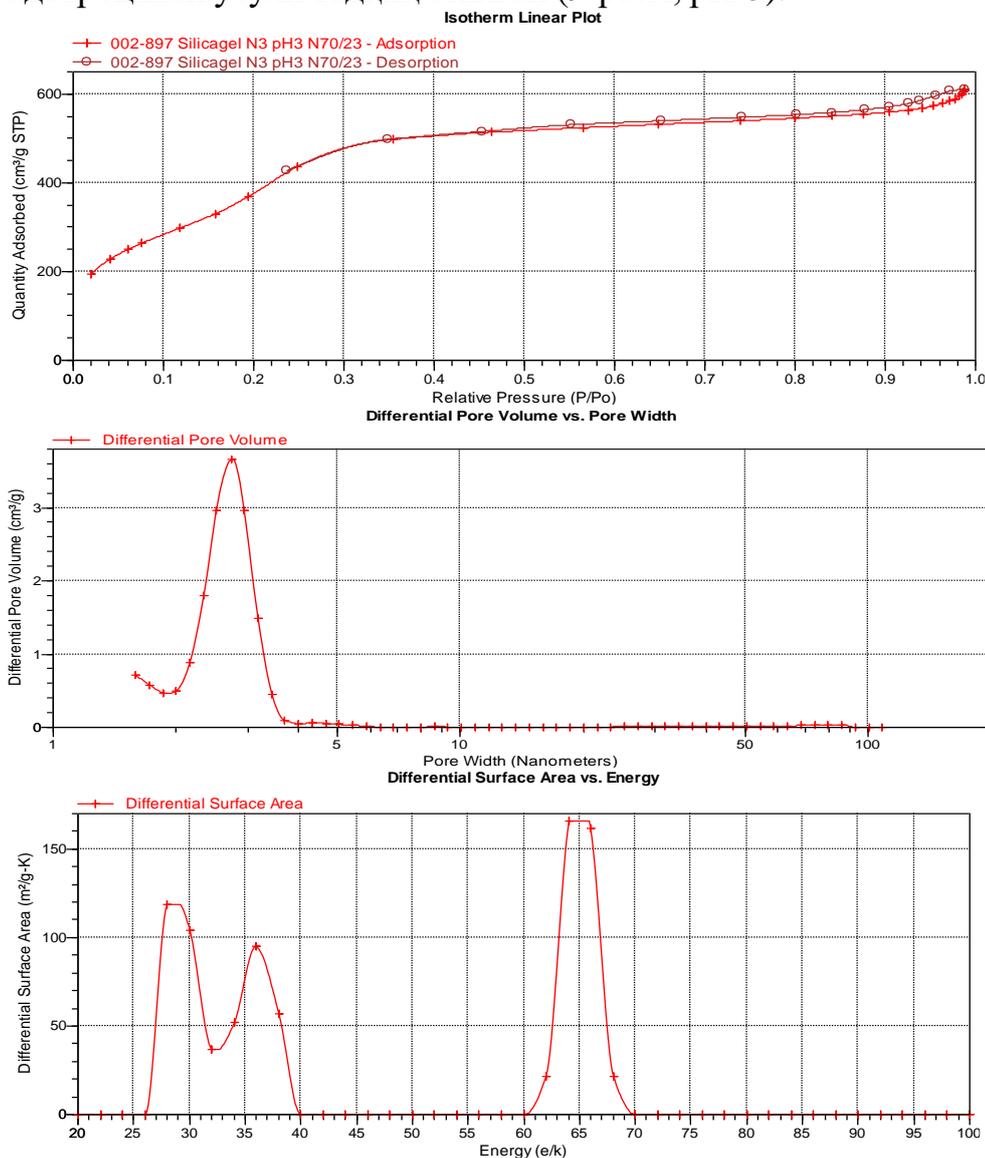
200°C дан юқори қиздирилганда масса йўқотиши билан боришини, силанол гуруҳларининг конденсацияси билан боғлиқ бўлганлиги орқали изоҳланади. Бунда муҳитнинг рН қиймати -3, -5, -8 бирликкача ошса силанол гуруҳларининг конденсацияланиши камаяди, аксинча муҳит рН нинг камайиши билан мазкур силанол гуруҳларининг конденсация реакцияси устунлик қилади ва уларнинг сонининг камайишига олиб келади. ЦПХнинг парчаланиб йўқолиши ва силанолнинг конденсацияланиши натижалари темплатнинг 200°C дан 700°C гача ҳарорат оралиғида олинган термограммалар (ТГ) орқали солиштирилган.

Силикатли ксерогелларининг ДТГ диаграммаларида силанол гуруҳларининг парчаланиши билан боғлиқ бўлган иккита чўкки кўрсатилган. Муҳитнинг пастроқ рН қийматларида синтез қилинган кремний диоксиди ва ЦПХ учун 271°C да қўшимча чўккиннинг кузатилиши мазкур чўккиннинг интенсивлиги рН қийматининг 3 дан 8 гача ортиши билан тушунтирилади. Таҳлиллардан кўринадики, 572°C-580°C ҳароратларда чўккиннинг максимал пики муҳитнинг рН -5 ва -8 бўлганида МСМ синтезидаги сорбент материалларида кузатилади. Бунинг сабаби темплатнинг мицелла таёқчаларининг айримлари кремний диоксидининг атрофидаги ҳалқа билан ўраб олиши билан боғлиқ бўлиши мумкин, бунинг натижасида эса органик полимернинг термал парчаланиши жараёнида кислороднинг ичкирига киришни чеклашга олиб келади. Танланган перекурсорнинг роли оксид тизимидан коллоид эритма тизимига ўтиши билан жараён кетма кетлигида ёки гел ёки дискрет заррачалар ҳосил бўлишидан иборат.

Экспериментал тадқиқотлар натижасида нано ўлчамга эга бўлган мезоғовакли кремнийли силикат материалларда (МКСМ) текстура, функционалик ва морфология каби жараёнларни яхши назорат қилувчи гибрид нанокөмпозитларнинг синтези бўйича янги универсал ёндашув ишлаб чиқилди, бунда макромолекулалардан мезоғовакли каркас сифатида фойдаланиш орқали мақсадга эришилган.

Асосий илмий ёндошув эса турли хил муҳитларда рН- 3, 5, 8 қийматларида ҳосил бўлган силоксан олигомерлари золь-гель жараёнининг “мослашиши” билан сурфактантгли темплат кремний диоксидини ўзаро боғлаши орқали изоҳланади.

Тадқиқот натижалари золь-гель усули билан муҳит рН нинг -3, -5, -8 бирлик қийматларида олинган кремний диоксиди ҳамда цетилпиридиний хлориднинг композицияси орқали синтез жараёни олиб борилган МСМларда азотнинг физикавий адсорбцияси усули тадқиқ этилган (9-расм, рН-3).



9-расм. Азот адсорбция-десорбциясининг изотерма эгрилиги, муҳитнинг рН-3 бирлик қийматида олинган МСМнинг адсорбат-адсорбент ўзаро таъсирининг ғовак ўлчамлари ҳамда интенсивлик тақсимоти

1-жадвалда МСМ намуналарининг нисбий юзаси БЭТ бўйича (A_{sp} , $A_{БЭТ}$), Ленгмюр бўйича эса (A_L), t – усули бўйича (A_{ext}), Барретт-Жойнер-Галенд бўйича эса ($A_{ВЛH адс.}$, $A_{ВЛH дес.}$), DFT (A_{DFT} , A , $A_{ум.}$) ва энергия доимийси $S_{БЭТ}$ паст ҳароратли азот адсорбция-десорбция усули асосида тадқиқ этилган. Бунда маълум бўладики, SiO₂нинг рН муҳит қийматининг ошиб бориши билан нисбий юзаси A_{sp} 10% гача, яъни БЭТ бўйича $A_{БЭТ}$ – 13,5% га, Ленгмюр бўйича A_L - 12,8% га

ҳамда t -усули бўйича эса $A_{ext} - 27,5\%$ га камайиши кузатилади, аммо мезоғовакларнинг Баррет-Жойнер-Галенд бўйича ($A_{ВЛН адс.}, A_{ВЛН дес.}$) солиштирма сирт юзасининг мос равишда 88,3% ва 56,4% ошиши кузатилди, бунда A_{DFT} нинг қиймати эса сезиларсиз кўрсаткич билан жами 2,9% га ошиши кузатилди.

1-жадвал

МСМ ларда паст ҳароратли азот адсорбция-десорбцияси изотермаси натижалари

pH	$A_{sp},$ м ² /Г	$A_{вет},$ м ² /Г	$A_L,$ м ² /Г	$A_{ext},$ м ² /Г	$A_{ВЛН},$ адс., м ² /Г	$A_{ВЛН},$ дес., м ² /Г	$A_{DFT},$ м ² /Г	$A,$ м ² /Г	$A_{ум},$ м ² /Г	$S_{БЭТ}$
3	1293	1418	2024	2496	514	621	1667	48 (ҒОВ.> 108,566 нм)	495 (ҒОВ.> 1,591 нм)	36
5	1220	1319	1871	2291	668	819	1676	26 (ҒОВ.> 294, 478 нм)	475 (ҒОВ.> 1,591 нм)	42
8	1163	1249	1764	1810	968	971	1716	57 (ҒОВ.> 117.233 нм)	484 (ҒОВ.> 1,591 нм)	49

Бундай ҳолда, $S_{БЭТ}$ энергия константасининг қийматлари кетма-кетликда 36 дан 49 гача кўтарилади (1-жадвал). Бу мезоғовакларнинг нисбий юзасининг ошиши ва сирт кутбланишининг ошиши билан мос келади. $S_{БЭТ}$ қиймати БЭТ диапазонидаги изотерма шаклини тавсифлайди ва адсорбция энтальпиясининг миқдорий ўлчови бўлмаса ҳам, у адсорбат ва адсорбент ўзаро таъсирининг энергияси ҳақида фикр беради ва кутблиликни солиштириш имконини беради. Шундай қилиб, $S_{БЭТ}=100$ қиймати гидрофил гидроксилланган SiO_2 юзасига хосдир ва $S_{БЭТ}=20$ қиймати гидрофобик сиртга хосдир, масалан юқори ҳароратларда термал ишлов берилади. Жадвалдаги доимий $S_{БЭТ}$ қийматлари 1-жадвални БЭТ га мувофиқ сирт майдонининг ўзига хос қийматлари билан боғлаш мумкин. 1-жадвал доимий $S_{БЭТ}$ нинг ўзгариши сирт кутбланишининг ўзгариши билан содир бўлади деб тахмин қилиш мумкин. 8 бирлик юқори pH да олинган SiO_2 даги кутбланишнинг ортиши сабаби pH 3 ва 5 дан паст pH қийматларида олинган тартибланган кремнийлардан фарқли ўларок, ҳароратнинг ошиши билан сувсизланиши пайтида SiO_2 таркибининг нисбатан кам гидрофобланиши ҳисобидан амалга ошади.

Намуналарнинг паст ҳароратли азот адсорбция-десорбция изотермалари асосида ҳисоблаб топилган ғовакларнинг ҳажмий кўрсаткич натижалари бўйича, (2-жадвал) умумий ғовакларининг ҳажми ($V_{sp ads.}, V_{sp des.}$), мезоғовакларнинг ҳажми эса ($V_{ВЛН ads.}, V_{ВЛН des.}$), шунингдек, Хорвату-Кавазоэ бўйича максимал ғоваклар ҳажми ($V_{Н-К}$) ҳамда DFT бўйича умумий ғоваклар ҳажми V ва $V_{ум}$ катталиклари натижалари (3-жадвал) олинган. МСМ намуналарининг адсорбат-адсорбент ўзаро таъсирининг интенсивлик тақсимооти $NLDFT$ усули ёрдамида ҳисоблаб топилган. Бунда тарқатиш мультимодал бўлиб, сиртнинг кўп қисми

турли хил ўзаро таъсир кучлари билан тавсифланади. Сирт майдонини тақсимлаш параметрларининг ҳар бири ўзаро таъсир параметрларининг турли диапазонларида барқарор бўлган ўзгарувчан интенсивликнинг учта режимини акс эттиради.

2-жадвал

МСМ намуналарида паст ҳароратли азот адсорбция-десорбцияси изотермаси асосида олинган ғовакларнинг ҳажмий кўрсаткич натижалари

pH	$V_{sp \text{ адс.}}$, см ³ /Г	$V_{sp \text{ дес.}}$, см ³ /Г	$V_{ВЛH \text{ адс.}}$, см ³ /Г	$V_{ВЛH \text{ дес.}}$, см ³ /Г	V_{H-K} , см ³ /Г	V , см ³ /Г	$V_{ум.}$ см ³ /Г
3	0,93	0,94	0,50	0,56	0,94	0,13 (ғОВ <1,591 нм)	0,70 (ғОВ < 108.566 нм)
5	0,91	0,94	0,62	0,71	0,97	0,13 (ғОВ <1,591 нм)	0,78 (ғОВ < 294,478 нм)
8	0,99	1.00	0,86	0,86	1.01	0.12 (ғОВ <1,591 нм)	0,78 (ғОВ < 117,233 нм)

Бунда pH қиймати 3 дан 8 гача ошгани сайин, иккинчи режимнинг интенсивлиги пасаяди, ≈ 100 дан ≈ 75 гача, иккинчи ва учинчи режимларда эса ўзгариши кузатилади. 3-жадвалда – С ўртача тешик ҳажми ($D_{sp \text{ адс.}}$, $D_{sp \text{ дес.}}$), ўртача мезоғовак ҳажми ($D_{ВЛH \text{ адс.}}$, $D_{ВЛH \text{ дес.}}$), ўртача ғовак кенглиги (D_{H-K}), Хорвату-Кавазоэ бўйича МСМ намуналари учун аниқланган.

3-жадвал

МСМ намуналарининг ўртача ғоваклар ҳажмининг Хорвату-Кавазоэ бўйича катталиқ қийматлари натижалари

pH	$D_{sp \text{ адс.}}$ (4V/A _{БЭТ}), нм	$D_{sp \text{ дес.}}$ (4V/A БЭТ), нм	$D_{ВЛH \text{ адс.}}$ (4V/A), нм	$D_{ВЛH \text{ дес.}}$ (4V/A), нм	D_{H-K} , нм
3	2.6	2.6	3.9	3.6	2.0
5	2.8	2.8	3.7	3.5	2.2
8	3.2	3.2	3.6	3.5	2.4

Ғовак ҳажмларининг қийматлари $V_{sp \text{ адс.}}$, $V_{sp \text{ дес.}}$, V_{H-K} , V , $V_{ум.}$ қиймат кўрсаткичлари 2-жадвалда pH қийматига қараб, мезоғовакларнинг ўзига хос ҳажмларидан фарқли ўлароқ, аҳамиятсиз даражада ўзгаради, $V_{ВЛH \text{ адс.}}$ ва $V_{ВЛH \text{ дес.}}$ унинг ўсиши pH нинг 3 дан 8 қийматгача ортиши билан мос равишда 72% ва 54% ни ташкил қилади (3-жадвал). Ўртача тешик диаметрлари $D_{sp \text{ адс.}}$ ва $D_{sp \text{ дес.}}$ 23% га, D_{H-K} - 20% га ошади. Бундай ҳолда, мезоғовакларнинг ўртача диаметрлари $D_{ВЛH \text{ адс.}}$ ва $D_{ВЛH \text{ дес.}}$, мос равишда 7,7% ва 2,8% га камаяди. МСМ намуналари pH муҳитини 3 дан 8 гача ўзгартирганда, pH нинг қиймати, нисбий юза ва мезоғовакларнинг ҳажми ўртасида ўзига хос боғлиқлик кузатилади. Ушбу муносабатлар мезоғоваклар нисбий юзасининг 514 дан 968 м²/Г гача оширилишидан иборат, яъни, заррачалар ҳажмининг камайишида ва

мезоfoваклар ҳажмининг 0,50 дан 0,86 см³/г гача ошишида, бу СЭМ ва паст ҳароратли азот адсорбция-десорбцияси изотермаси натижалари билан тасдиқланади. Бу ҳолат рНнинг -3 ва -5 бирликда олинган материалларга нисбатан рН нинг -8 бирликда олинган сорбентнинг юқори механик мустаҳкамлиги ва барқарорлиги билан боғлиқ, чунки рН ортиб борган сари кичик заррачаларнинг ўз-ўзидан бирлашиши сезиларли даражада кучаяди, шунингдек, энергия доимийси $S_{БЭТ}$ ортиши билан бирга кремний юзаси гидрофилизация даражаси ҳам ўзгариши кузатилади.

ХУЛОСАЛАР

1. Турли (450÷650°C) ҳароратларда куйдирилган 0.075÷5 мм дисперсликдаги шולי пўстлоғи кулларининг ҳосил бўлиш унумидан, 650°C ҳарорат тоза миқдордаги SiO₂ ни ажратиб олиш учун энг мақбул шароит сифатида танланган.
2. Шולי пўстлоғи чиқиндисини таҳлил этиш орқали 2.4 Ø дисперсликка эга бўлган 650°C ҳароратда куйдирилган кул миқдорининг таркибида энг юқори SiO₂ -99,7% миқдорда мавжуд бўлиши аниқланган.
3. Кул таркибидаги минераллар миқдорини таҳлили асосида ҳар бир фазада SiO₂ мавжудлиги, унинг таркибида Китит 21,06% > Тридимит 18,56% > Na₈ (Al₄ Be Si₇ O₂₄) Br₂ 12,87% > Содалит 12,86% > Крестобалит 11,94% > O₂ Si 11,33% миқдорида минераллар мавжудлиги аниқланиб, бунда 2,4Ø ли шולי пўстлоғининг кули таркибида энг юқори 99,7% SiO₂, қолган 0,3 % ини эса китит, тридимит, содалит, крестобалит каби SiO₂ нинг бошқа хил кўринишдаги минераллари мавжудлиги аниқланган.
4. Кремний манбааси бўлган шולי пўстлоғи таркибидан SiO₂ ни ажратиб олиб, унга мезоген темплат (ЦПХ)ни бириктириш орқали, Штёбер усулида тартибланган, бошқарилувчи мезоfoвакли кремнийли иеархар структурага эга материаллар олишнинг зол-гель синтез усули ишлаб чиқилган;
5. Бошқариладиган рН нинг кислотали муҳитда (рН 3≤5) гибрид композиция таркибли SiO₂ ҳамда темплат (SiO₂ +ЦПХ) иштирокида ҳосил бўлган иеархар структурали мезоfoвакларнинг ўлчамлари 30÷40 нм га тенг бўлиши рентгенфазвий, термик таҳлил ҳамда физикавий азот адсорбция-десорбция изотермаси натижалари орқали тасдиқланган.
6. SiO₂ +ЦПХ синтезидаги зол-гель усулида олинган МСМларнинг азот адсорбция-десорбцияси изотермаси ҳамда муҳитни бошқарилиши орқали заррачаларнинг катталигини <0,2 дан 1 мкмгача, ўртача заррача диаметрини эса 0,6 микронгача, рН нинг 3÷8 гача ўзгариши орқали тартибланган мезоfoвакларнинг ҳажми ва нисбий юзаси орасидаги боғлиқлик орқали аниқланган;
7. МСМларнинг нисбий юзаси $S_{БЭТ} = 514÷968$ м²/г ораликда ҳамда мезоfoвак ҳажмининг 0,50÷0,86 см³/г ораликда ўзгариши азот адсорбция-десорбция натижалари орқали тасдиқланган;
8. Шולי пўстлоғидан 99,7% дан юқори тозаликдаги SiO₂, ҳамда у асосида МСМларнинг олиниши технологияси ишлаб чиқилган.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.02.30.12.2019.К/Т35.01 ПО
ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ПРИ ИНСТИТУТЕ
ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

АХРОРОВА РАЪНО ОЛИМ КИЗИ

**СИНТЕЗ И КОЛЛОИДНО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
МЕЗОПОРИСТОГО УПОРЯДОЧЕННОГО АДсорбЕНТА, С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕЗОГЕННЫХ ТЕМПЛАТОВ НА ОСНОВЕ
ДИОКСИДА КРЕМНИЯ**

02.00.11 – Коллоидная и мембранная химия

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

Ташкент – 2024

Тема диссертации доктора философии (PhD) по химическим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистана за номером В2024.2.PhD/K794

Диссертация выполнена в Институте общей и неорганической химии.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета по адресу www.iopx.uz и Информационно-образовательном портале «Ziyounet» по адресу www.ziyounet.uz.

Научный руководитель:	Жумаева Дилноза Жураевна доктор технических наук, профессор
Официальные оппоненты:	Якубов Йулдош Юсупбаевич доктор химических наук, профессор
	Эшметов Расулбек Жумязович доктор технических наук, доцент
Ведущая организация:	Ферганский политехнический институт

Защита состоится « 6 » декабрь 2024 г. в «10⁰⁰» часов на заседании Научного совета DSc.02.30.12.2019.K/T35.01 при Институте общей и неорганической химии по адресу: 100170, г. Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77-а. Тел.: (+99871) 262-56-60; факс: (+99871) 262-79-90; e-mail: iopx@academy.uz.

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Института общей и неорганической химии за № 22 с которой можно ознакомиться в информационно-ресурсном центре (100170, г. Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77-а). Тел.: (+99871) 262-56-60; факс: (+99871) 262-79-90.

Автореферат диссертации разослан « 22 » ноября 2024 года.
(Реестр за № 22 от « 22 » ноября 2024 года).



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

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

И.Д.Эшметов
Зам.председателя научного семинара при научном совете
по присуждению ученой степени, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора (PhD) философии)

Актуальность и востребованность темы диссертации. Во всем мире с развитием химической промышленности, обусловленным стремительной глобализацией и интенсивным прогрессом, потребность в сорбционных материалах становится одной из актуальных проблем. На сегодняшний день годовая потребность промышленности в углеродных материалах и сырье с высокими сорбционными характеристиками превышает один миллион тонн. В связи с этим улучшение качества производства и поставок таких материалов становится важной и насущной задачей. Решением данной задачи является выделение диоксида кремния из кремнийсодержащего сырья и получение модифицированных мезопористых сорбентов с иерархической структурой, что имеет значительное научное и практическое значение для удовлетворения потребностей промышленности.

В мировой практике активно проводятся научные и практические исследования, направленные на переработку отходов для создания новых сырьевых продуктов и получения сорбционных материалов высокой чистоты. Особое внимание уделяется решению таких задач, как выбор кремнийсодержащего сырья и изучение его химического состава, разработка технологии выделения химически чистого диоксида кремния из рисовой шелухи, исследование влияния среды на синтез упорядоченных и управляемых мезопористых сорбционных материалов, создание методов формирования иерархической структуры с использованием мезогенного темплата, а также изучение адсорбционных свойств управляемых сорбентов для их промышленного использования.

В нашей республике ведутся научные исследования, направленные на получение модифицированных, упорядоченных сорбентов с иерархической структурой и мезопористой текстурой путем выделения высокочистого диоксида кремния, являющегося необходимым сырьевым источником для химической промышленности. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан определены важные задачи, такие как «ускоренное развитие национальной экономики и обеспечение высоких темпов роста»¹. В данном контексте научные исследования, посвященные выделению чистого диоксида кремния из отходов рисовой шелухи, созданию на его основе высокоэффективных сорбционных материалов, изучению методов их синтеза, условий производства и сорбционной способности, имеют особое значение.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит осуществлению задач, предусмотренных в Указах Президента Республики Узбекистан № УП-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы», № УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан»,

¹ Указ Президента Республики Узбекистан УП-60 «О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы» от 28 января 2022 года.

№ ПП-3983 от 25 октября 2018 года «О мерах по ускоренному развитию химической промышленности Республики Узбекистан», а также в других нормативно-правовых документах, относящихся к данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий в республике VII. «Химические технологии и нанотехнологии».

Степень изученности проблемы. В мире целенаправленные исследования в области переработки отходов, таких как рисовая шелуха, и минералов, содержащих кремний, для получения микрокремнезема и создания высокоэффективных сорбционных материалов, проводятся учеными из Индии, Китая и Вьетнама, среди которых Schmidt H., Huang H.H., Chen Y., Bryans T.R., Kuzmin A.N., Ayler R., Shirosaki Y., Wang Y.J., Dong A.G., Zhang B., Xiao F.S., Grisdanurak V., Chiarakorn S., Prayoonpokarach S., Jang H.T., Chirra S., Bhagiyalakshmi M., Yun L.J., Anuradha R., Beck J.S., Kumar A.A., Witoon T.

В Узбекистане под руководством академика К.С. Ахмедова была создана научная школа, занимающаяся исследованием коллоидной химии, адсорбционных и коллоидно-химических свойств адсорбентов. Значительный вклад в её развитие внесли Э.А. Арипов, С.С. Хамраев, С.Н. Аминов, А.А. Агзамходжаев, У.К. Ахмедов, Г.У. Рахматкариев, С.З. Муминов, Г.Р. Нарметова, С.А. Абдурахимов, О.К. Бейсенбаев, И.Д. Эшметов, О.К. Эргашов, Д.С. Салиханова, Х.Н. Бахронов, Д.Ж. Жумаева, А.Б. Абдикамалова и другие.

Научный анализ проведённых исследований показал, что до настоящего времени недостаточно изучено влияние температуры на условия синтеза новых мезопористых силикатных материалов с управляемой текстурой, морфологией и поверхностной химией, необходимых для выделения высокочистого диоксида кремния из рисовой шелухи и получения упорядоченных сорбционных материалов с иерархической структурой и высокой пористостью. В данном исследовании представлен научный подход к решению этой задачи, основанный на выделении чистого реагента диоксида кремния из рисовой шелухи и синтезе упорядоченных мезопористых сорбционных материалов.

Связь исследования с научно-исследовательскими планами научно-исследовательского учреждения, в котором была выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательских работ Института общей и неорганической химии в рамках международного узбекско-белорусского совместного фундаментального проекта № ПЛ-4821091630 на тему «Синтез упорядоченных мезопористых материалов и их физико-химические свойства на основе альтернативных источников кремния и мезогенных темплатов».

Целью исследования является выделение чистого диоксида кремния из рисовой шелухи, разработка метода синтеза мезопористого сорбционного материала с использованием мезогенных темплатов, а также определение его адсорбционных свойств.

Задачи исследования:

исследование растительных отходов как сырьевой базы для анализа и научного обоснования выбора видов, содержащих диоксид кремния;

определение содержания диоксида кремния через анализ химического состава выбранного отхода рисовой шелухи;

разработка методов выделения диоксида кремния из рисовой шелухи для получения высокочистого кремнезема;

проведение синтеза диоксида кремния с мезогенным темплатом (цетилпиридиний хлорид) в заданных условиях для получения упорядоченного мезопористого сорбента;

проведение физико-химического анализа (ИК-, рентгенофазовый анализ, СЭМ и ДТА) мезопористых сорбентов;

определение сорбционных структурных характеристик выбранных оптимальных сорбентов через адсорбцию H_2O , C_6H_6 и N_2 с использованием различных методов;

проведение полупромышленных испытаний по очистке промышленных сточных вод с использованием мезопористых сорбентов;

разработка технологии получения упорядоченного мезопористого сорбционного материала.

Объектами исследования являются отходы рисовой шелухи, диоксид кремния, мезогенный темплат - цетилпиридиний хлорид, упорядоченные мезопористые сорбенты, а также адсорбаты H_2O , C_6H_6 и N_2 .

Предметом исследования являются метод получения упорядоченного мезопористого сорбента синтезированного на основе мезогенного темплата и чистого диоксида кремния, выделенного из отходов рисовой шелухи, а также физико-химические методы их анализа, сорбционно-структурные характеристики и коллоидные свойства.

Методы исследования. В диссертационном исследовании использованы современные и традиционные методы, такие как физико-химический анализ (ИК-спектроскопия, рентгенофазовый анализ, СЭМ, термический и химический анализ) и адсорбционный анализ (изотермы адсорбции для определения сорбционно-структурных характеристик адсорбентов, адсорбция азота при низких температурах).

Научная новизна исследования заключается в следующем:

впервые разработан метод золь-гель синтеза упорядоченных мезопористых силикатных материалов по методу Штёбера с использованием чистого SiO_2 , выделенного из рисовой шелухи, и мезогенного темплата — цетилпиридиний хлорида (ЦПХ);

установлено, что содержание SiO_2 в образце золы рисовой шелухи с дисперсностью 2.4Ø, прокаленной при температуре 650°C и обработанной 1%-ным раствором HCl, составляет 99,7%;

доказано, что размеры мезопор в гибридной композиции SiO_2 +ЦПХ, образованных в кислой среде (pH $3 \leq 5$), составляют 30÷40 нм, что подтверждено методами физико-химического анализа и адсорбции-десорбции

азота;

установлено, что увеличение значения рН в системе синтеза от 3 до 8 приводит к росту удельной поверхности мезопор и объема пор образцов SiO_2 с 517 до 968 $\text{м}^2/\text{г}$ и с 0,50 до 0,86 $\text{см}^3/\text{г}$ соответственно, что подтверждает существующую зависимость между удельной поверхностью, объемом пор и изменением рН;

разработана технология получения диоксида кремния с чистотой более 99,7% из рисовой шелухи и получения на его основе мезопористого сорбента.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработаны научно-методические основы синтеза упорядоченных и управляемых мезопористых сорбентов с использованием темплатов на основе аморфного диоксида кремния с чистотой 99,7%, полученного из кремнийсодержащих источников.

созданы условия для применения мезопористых сорбционных материалов, полученных путем введения четвертичных алкилпиридиновых солей в диоксид кремния, для очистки сточных вод промышленности.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследования подтверждена результатами, полученными с использованием современных и традиционных физико-химических и аналитических методов. Практическая значимость научных новшеств подтверждена протоколами испытаний, выполненных в лабораторных и производственных условиях ООО «Бухарский нефтеперерабатывающий завод».

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования заключается в разработке метода выделения чистого диоксида кремния из отходов рисовой шелухи и получения управляемых мезопористых сорбентов с иерархической структурой путем введения алкилпиридиний хлорида в качестве мезогенного темплата. Также научная значимость проявляется в обосновании механизма сорбционного взаимодействия между полученными сорбентами и выбранными адсорбатами в процессе адсорбции. Установлено, что содержание чистого сырья и структура, формируемая с помощью темплата, позволяют целенаправленно регулировать рН среды и получать материалы с мезопористой структурой.

Практическая значимость результатов исследования заключается в создании вторичного продукта высокой чистоты из отходов, разработке метода синтеза новых сорбционных материалов и их применении для очистки сточных вод промышленных предприятий. Кроме того, полученные научные выводы могут быть использованы для подготовки бакалавров и магистров в образовательных учреждениях, специализирующихся в области химии и химической технологии.

Внедрение результатов исследования. На основании научных результатов синтеза упорядоченных и управляемых мезопористых сорбентов, полученных путем введения темплата в чистый диоксид кремния, выделяемого из рисовой шелухи:

на метод получения аморфного диоксида кремния из рисовой шелухи получен патент на изобретение Министерства юстиции Республики Узбекистан (IAP № 7776 от 24.07.2024). В результате разработан способ получения мезопористых силикатных материалов на основе высокочистого аморфного диоксида кремния;

метод выделения чистого диоксида кремния из рисовой шелухи и синтез упорядоченного мезопористого сорбента с иерархической структурой путем введения алкилпиридиний хлорида включен в «Перспективный список разработок для реализации в 2025-2026 годах» на практике ООО «Бухарский нефтеперерабатывающий завод» (справка АО «Узбекнефтегаз» № 26-62/2721 от 16 июля 2024 года). Это открывает возможность разработки импортозамещающих мезопористых сорбционных материалов для очистки сточных вод нефтегазовой промышленности;

метод очистки сточных вод нефтегазовой промышленности с использованием чистого диоксида кремния, выделенного из рисовой шелухи, и синтезированных на его основе упорядоченных мезопористых сорбентов включен в «Перспективный список разработок для реализации в 2025-2026 годах» на практике ООО «Бухарский нефтеперерабатывающий завод» (справка АО «Узбекнефтегаз» № 26-62/2721 от 16 июля 2024 года). Применение данных сорбентов позволяет снизить содержание нефтепродуктов в сточных водах до предельно допустимой концентрации (ПДК) — с 110,0 мг/л до 0,13 мг/л.

Апробация результатов исследования. Основные результаты данного исследования обсуждались на 2 международных и 4 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликование результатов исследования. По теме и материалам диссертации опубликовано 13 научных работ, в том числе 1 патент, 6 научных статей, 4 в республиканских и 2 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертации.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Объём диссертации составляет 120 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

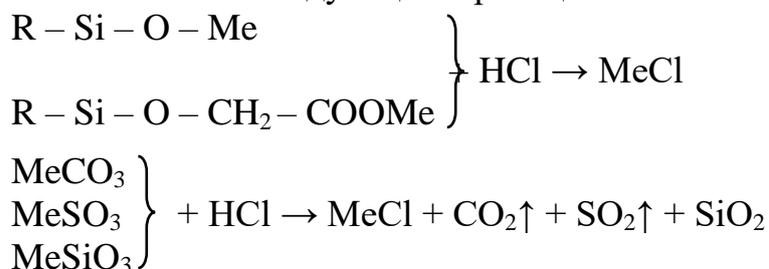
Во **введении** обоснованы актуальность и необходимость экспериментальных исследований, определены цель и задачи, охарактеризованы объекты и предмет исследования, изложено соответствие работы приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан. Также представлены научная новизна и практические результаты исследования, раскрыта теоретическая и практическая значимость полученных результатов, описано внедрение результатов в практику, приведены сведения о опубликованных работах и изложена структура диссертации.

В первой главе диссертации «**Оценка физических и химических основ выбора кремнийсодержащих источников для синтеза упорядоченных мезопористых силикатных материалов с использованием молекулярного импринтинга на основе анализа современной литературы**» определена цель исследования, направленная на разработку новых упорядоченных мезопористых силикатных материалов с управляемой текстурой, морфологией и поверхностной химией.

Анализ литературы демонстрирует возможность получения высокоэффективных адсорбентов путем термохимической обработки растительного сырья, что послужило основой для формирования цели и задач настоящего исследования.

Во второй главе диссертации «**Метод и технология выделения чистого диоксида кремния из отходов рисовой шелухи**» рассмотрены вопросы синтеза упорядоченных мезопористых силикатных материалов с использованием чистого диоксида кремния и цетилпиридиний хлорида в качестве темплата. Изучена зависимость содержания диоксида кремния в составе рисовой шелухи и мезопористых силикатных материалов от степени дисперсности, разработан метод выделения чистого SiO_2 без неорганических примесей, а также технология получения высокочистого кремнезема. Проведены исследования по выбору оптимальных реагентов и условий растворимости силикатных модулей в водных средах для выделения диоксида кремния из рисовой шелухи.

В данном процессе отходы рисовой шелухи изначально очищаются от механических примесей, промываются и высушиваются при комнатной температуре (25-30°C). Затем шелуха замачивается в 1%-ном растворе HCl на сутки, после чего промывается дистиллированной водой до полного удаления HCl из массы. На следующем этапе материал сушится при температуре 100-110°C до достижения влажности 25-30%. На последующих этапах шелуха прокаливается при 650°C в течение 90 минут, затем остужается до нормальных условий (25-30°C), повторно промывается 1%-ным раствором HCl и сушится в сушильной печи при 100-110°C до остаточной влажности 15-20%. Высокая чистота SiO_2 достигается благодаря воздействию HCl . Химический состав высушенного пепла анализируется для определения содержания диоксида кремния. Процесс описывается следующими реакциями:



В ходе исследования из рисовой шелухи было выделено SiO_2 с чистотой 99,0–99,7%, после чего, с использованием темплата (цетилпиридиний хлорида, ЦПХ), был проведен золь-гель синтез мезопористого силикатного материала (МСМ) методом Штёбера (рис. 1). Для подготовки темплатного

раствора 2,5 г ЦПХ растворяли в 47,5 мл раствора SiO_2 (чистота 99,0–99,7%) при 40°C, получая 5,0 мас.% раствор. Подготовленный раствор ПАВ (цетилпиридиний хлорида) смешивали с 9,19 мл 35,0 мас.% H_2SO_4 и выдерживали при постоянном перемешивании в течение 30 минут при 40°C. Затем водный раствор NH_4OH (1:1) добавляли капельно с постоянной скоростью, доводя рН раствора до значений 3, 5 и 8. Для каждого значения рН были получены соответствующие образцы, из которых осадки выделяли с помощью вакуумной фильтрации.

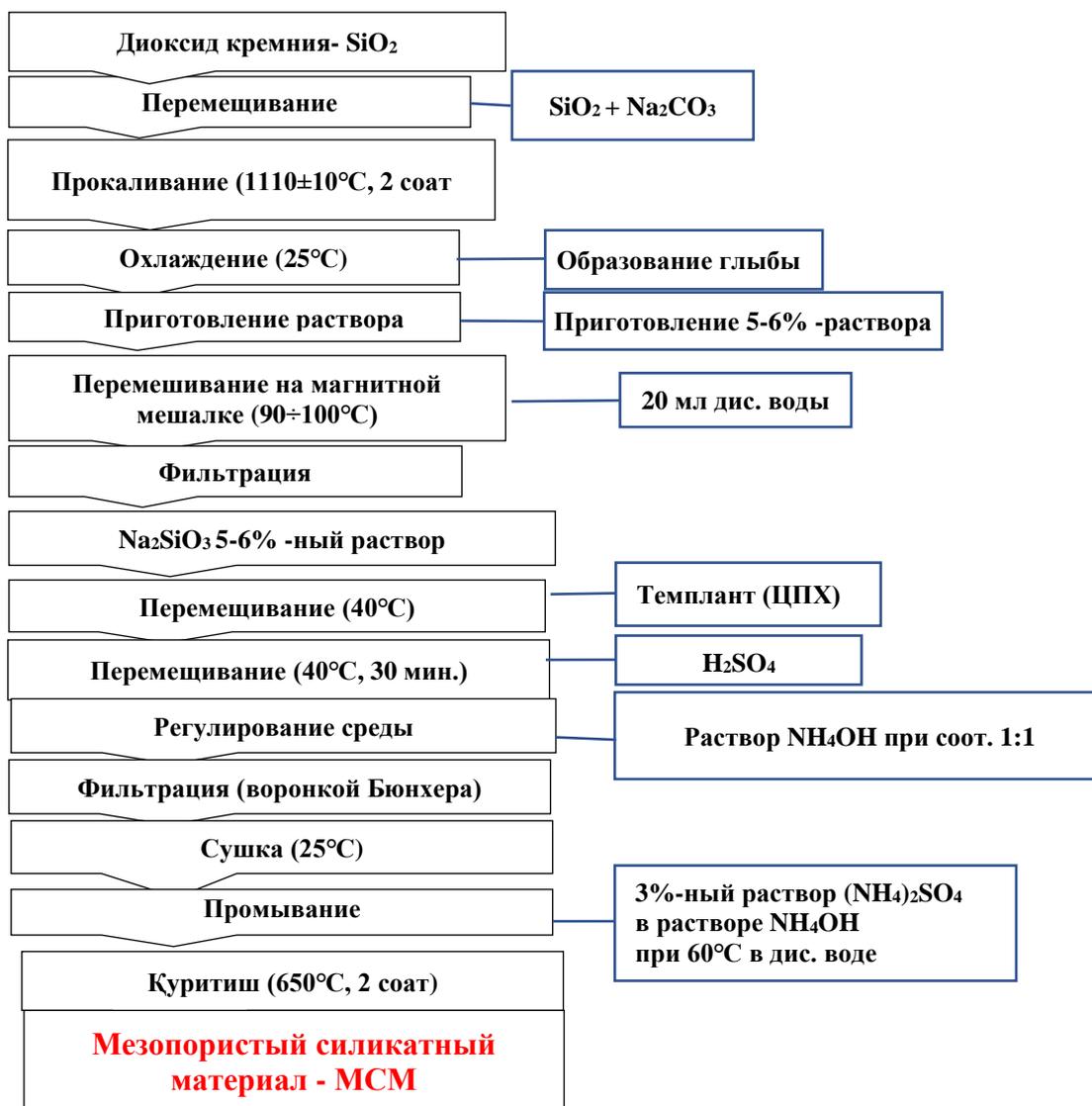


Рис. 1. Блок-схема получения упорядоченного мезопористого силикатного материала методом Штёбера через золь-гель синтез с использованием SiO_2 и ПАВ (цетилпиридиний хлорида)

После этого гидрогели сушили при комнатной температуре (25-30°C), а затем подвергали последовательному промыванию: сначала 3,0 мас.% раствором $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, затем дважды водным раствором NH_4OH и, в завершение, дважды дистиллированной водой. На следующем этапе осадки сушили при комнатной температуре, после чего порошки подвергали термической обработке при 120°C в течение 2 часов. Для удаления

органического темплата (ЦПХ) порошки прокаливали при 650°C в течение 2 часов. Процесс формирования управляемой упорядоченной иерархической структуры золь-гель синтезом методом Штёбера представлен на рисунке 2.

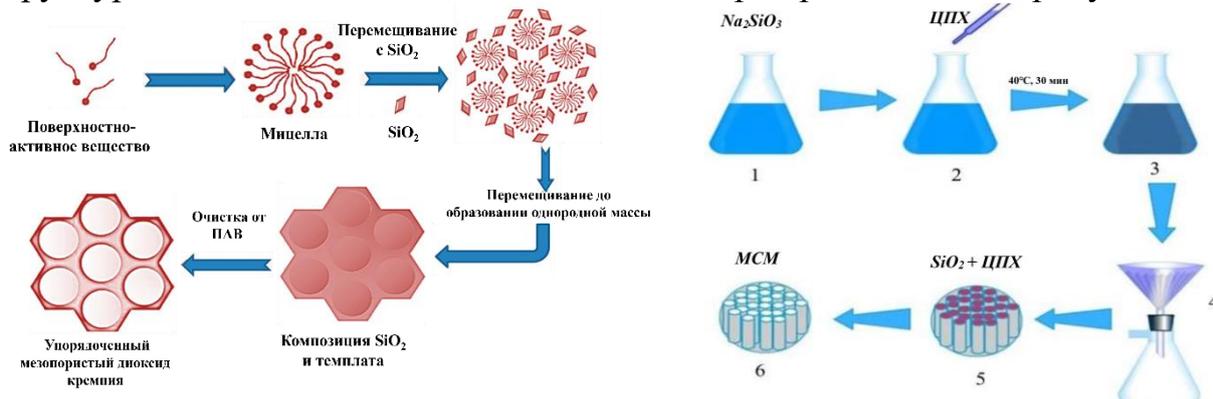
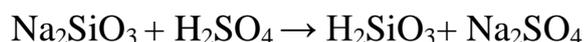
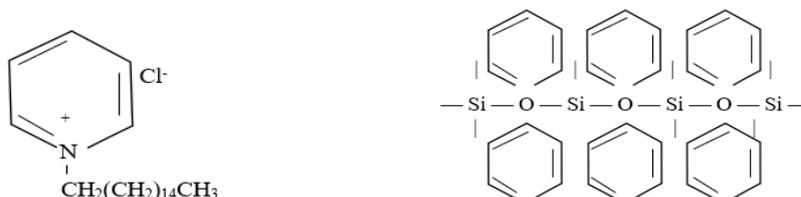
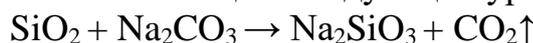


Рис.2. Синтез мезопористого силикатного материала с участием диоксида кремния и темплата. 1- Na_2SiO_3 (1,5–6%); 2-добавление темплата (ЦПХ); 3-перемешивание на магнитной мешалке; 4-фильтрация смеси; 5-промывание пор от органических веществ; 6-каркас упорядоченного мезопористого силикатного материала

Процесс можно выразить с помощью следующих уравнений реакции:



В третьей главе диссертации «Исследование физико-химических характеристик мезопористых силикатных материалов, полученных на основе диоксида кремния и его синтеза» представлены результаты рентгенофазового анализа сырья с различной дисперсностью и синтезированных упорядоченных мезопористых кремниевых материалов. Проведен анализ ИК-спектров силикатных материалов, синтезированных на основе альтернативных источников кремния, а также текстурно-морфологический анализ мезопористых силикатных материалов, полученных с участием диоксида кремния, с использованием СЭМ-изображений.

Шестиугольная мезопористая структура образца, полученного в результате переработки, была проанализирована методом ИК-спектроскопии. По результатам инфракрасного спектроскопического анализа установлено, что после всех стадий синтеза в пористых наночастицах кремнезема осталось небольшое количество поверхностно-активного вещества. В ИК-спектре при 2924 см^{-1} и 2854 см^{-1} наблюдаются асимметричные и симметричные валентные колебания С-Н связей, принадлежащих органическим

соединениям, а ненасыщенные C=C связи в ароматических кольцах проявляют слабую интенсивность в областях 1636, 1490 и 1467 cm^{-1} (рис. 3.4).

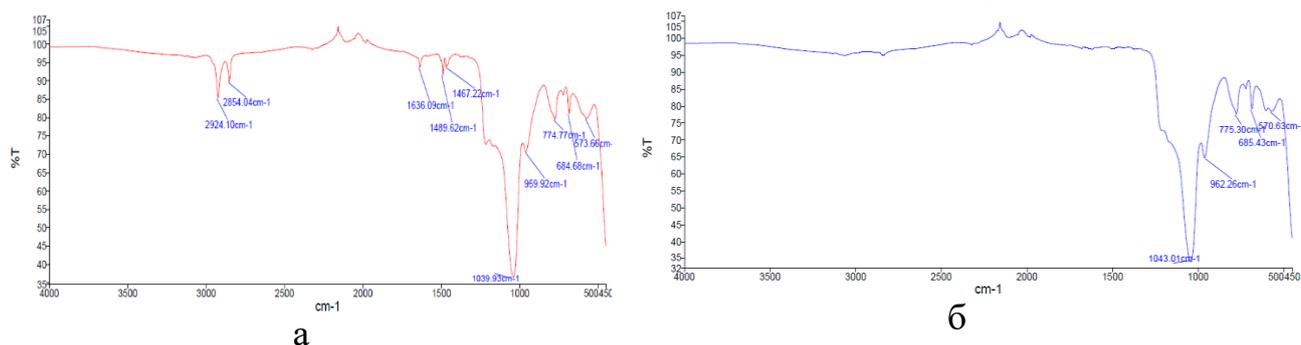


Рис. 3. ИК-анализ МСМ, полученного методом синтеза: а) при 25–30°C и б) при прокаливании при 650°C

Образец с шестигранными мезопорами, полученный в результате переработки, был исследован с использованием метода ИК-спектроскопии. Согласно результатам анализа, после всех стадий обработки небольшое количество СФМ осталось в порах мезопористого наночастичного кремнезема. На основании этого в спектре ИК-излучения в области 2924 cm^{-1} и 2854 cm^{-1} были зафиксированы асимметричные и симметричные валентные колебания связей C-H, присутствующих в органических соединениях, а ненасыщенные C=C связи в ароматическом кольце проявились в области 1636, 1490 и 1467 cm^{-1} с очень низкой интенсивностью (Рис. 3 (а)). Основная структура, состоящая из молекул SiO_2 , сформировала сетчатую пористую структуру, что увеличило количество связей между ними, вследствие чего валентные колебания связей O-Si-O наблюдались в области 1040 cm^{-1} с высокой интенсивностью. В более низкой области проявились деформационные колебания связей Si-O с низкой интенсивностью.

Мезопористый кремнезем подвергли финальной обработке в муфельной печи при 650°C в условиях отсутствия кислорода. В результате этой обработки органические компоненты, находящиеся в порах материала, разложились и полностью удалились из основной структуры. Полученный образец был проанализирован методом ИК-спектроскопии.

Согласно результатам анализа, основные интенсивности ИК-излучения проявились в области «отпечатков пальцев». В частности, асимметричные валентные колебания связей O-Si-O наблюдались с высокой интенсивностью в области 1043 cm^{-1} , а симметричные валентные колебания этих связей — с умеренной интенсивностью в области 962 cm^{-1} . В нижней части области «отпечатков пальцев» зафиксированы деформационные колебания связей Si-O с низкой интенсивностью в диапазонах 775, 685 и 571 cm^{-1} (рис. 3 (б)).

Анализ текстурных характеристик показывает, что в мезопористых силикатных материалах (МСМ) наблюдаются два типа наночастиц. Поверхность МСМ, синтезированных методом Штёбера, представляет собой сочетание гладких, сферических частиц и мелких наночастиц, которые визуально напоминают коралловые рифы в воде. СЭМ-изображения МСМ

демонстрируют широкий диапазон размеров частиц — от микроразмеров (1–2 мкм) до наноразмеров (500 нм).

На рисунке 5 представлены микрофотографии материалов, полученных при контролируемых значениях pH-3, pH-5 и pH-8. На основании анализа микрофотографий установлено, что размер частиц варьируется от <0,2 мкм до 1 мкм, а средний диаметр частиц составляет 0,6 мкм.

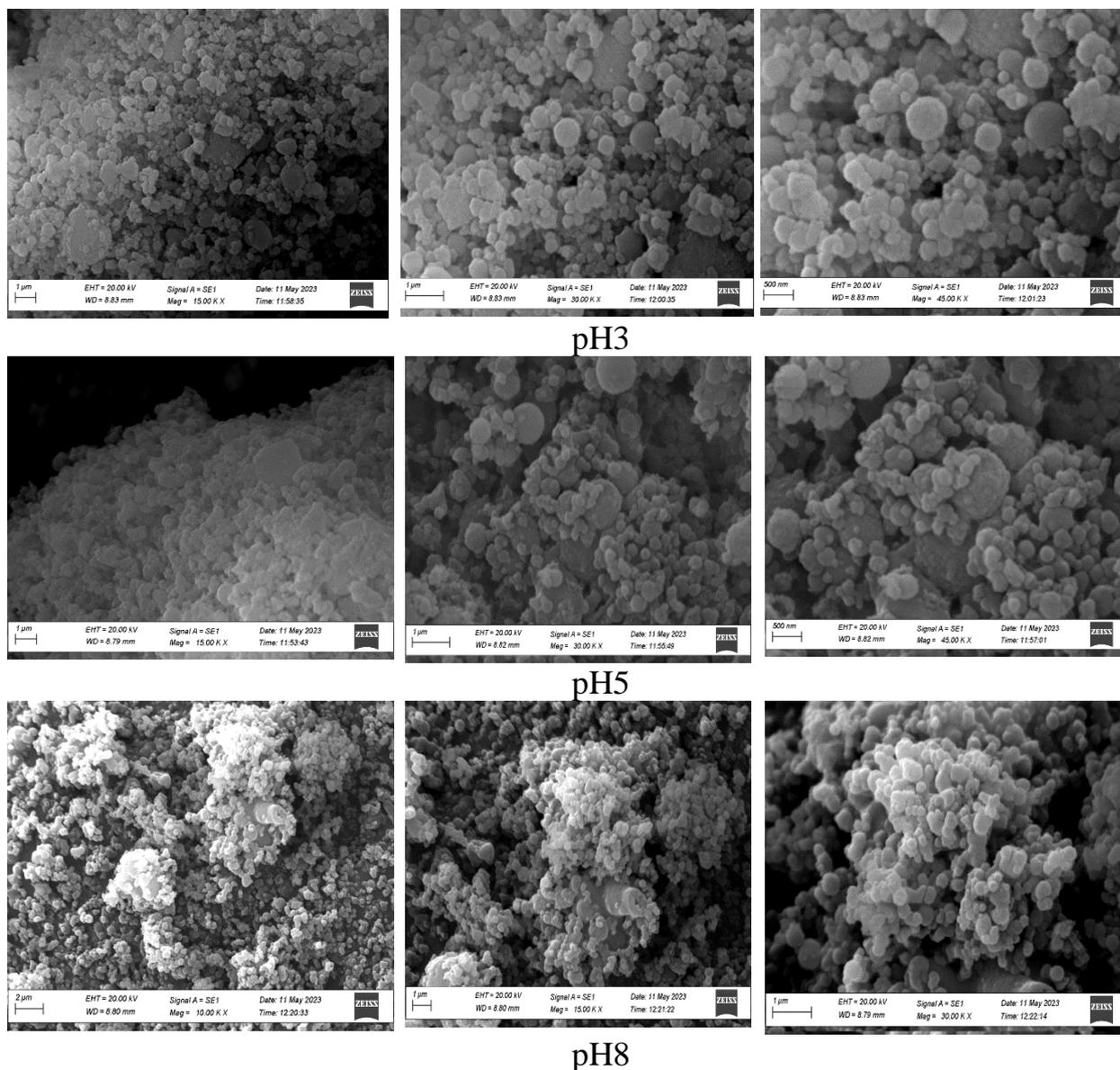


Рисунок 5. СЭМ-изображение МСМ, полученных из раствора SiO₂, выделенного из рисовой шелухи, при значениях pH 3, 5 и 8

В четвертой главе диссертации «**Морфология поверхности, структура, текстурные свойства и адсорбционные характеристики мезопористых силикатных материалов**» представлены результаты ТГ- и ДТА-анализа, адсорбции паров воды и бензола, а также низкотемпературной адсорбции-десорбции азота мезопористыми силикатными материалами.

На рис. 6–8 приведены результаты ТГА и ДТА анализа образцов МСМ,

которые показывают трехступенчатую потерю массы в температурных интервалах: ниже 100°C, от 100°C до 200°C, и выше 200°C. Эти этапы объясняются, соответственно, десорбцией остаточной воды, испарением связанных молекул воды и выгоранием темплата (цетилпиридиний хлорида, ЦПХ). В процессе синтеза МСМ темплат удаляется на стадии промывки после завершения синтеза. С увеличением значения рН среды степень заполнения пор структуры темплатом уменьшается. При этом наблюдается сильное взаимодействие между положительно заряженным силикатом кремния и цетилпиридином.

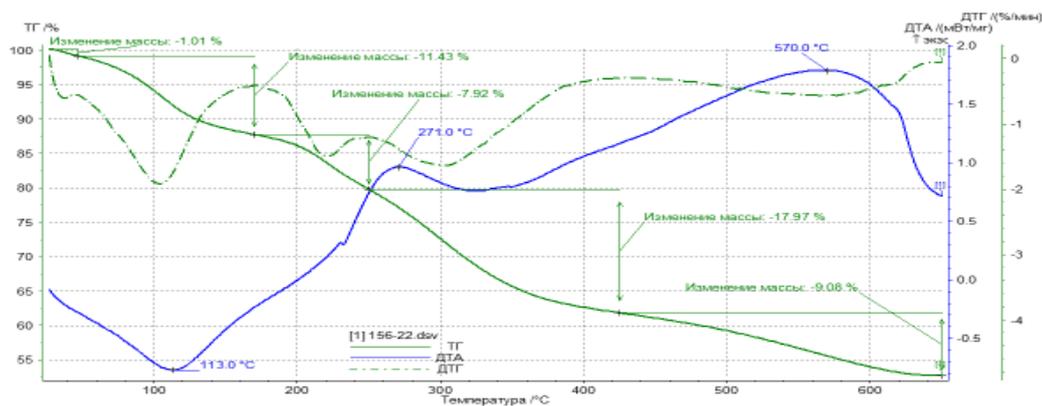


Рис. 6. ТГ-, ДТГ- и ДТА аналитические кривые МСМ, полученного при рН 5

В процессе прокаливания, завершающего синтез, в структуре остаются упорядоченные кремниевые силикатные поры, тогда как цетилпиридиний хлорид удаляется. Для изучения количества темплата, встроенного в силикатную матрицу, проведен термический анализ.

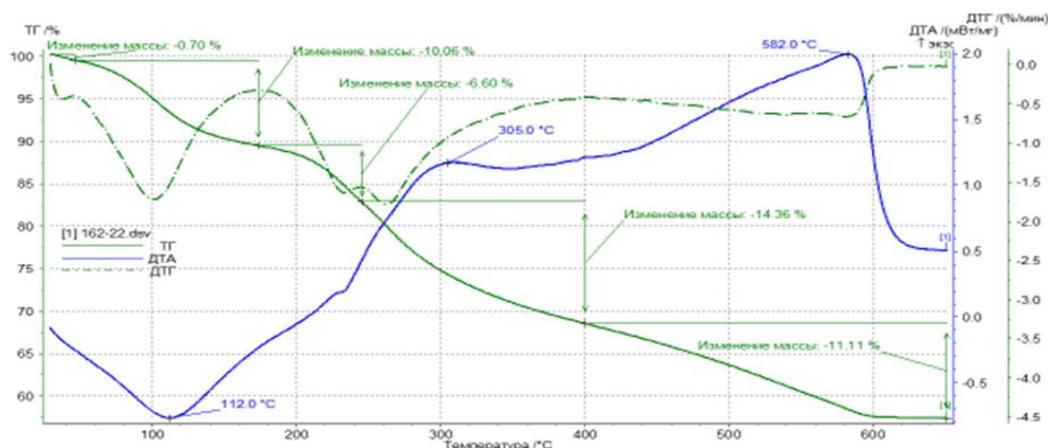


Рис. 7. ТГ-, ДТГ- и ДТ аналитические кривые МСМ, полученного при рН 8

В процессе синтеза конденсация ЦПХ вдоль поверхности кремнезема осуществляется через реакцию поликонденсации $\text{Si}(\text{OH})_4$, что связано с присутствием на поверхности SiO_2 силанольных групп, легко адсорбирующих воду. При нагреве образцов МСМ до 120°C наблюдается лёгкое испарение адсорбированной воды. Вследствие этого в исследовании проводился анализ конденсации трёх типов силанольных групп - изолированных, геминальных и

висинальных - при повышении температуры, сопровождающейся потерей массы из-за удаления воды. Для определения массы, теряемой в результате конденсации указанных силанольных групп, а также для изучения процесса выгорания темплата цетилпиридиний хлорида, проводился термический анализ. В синтезе материалов МСМ исследование процесса разложения цетилпиридиний хлорида представлено на аналитических кривых ТГ-, ДТГ- и ДТ-анализа (рис. 6–8). ТГА-кривые ксерогелей показывают три этапа потери массы: ниже 100°C, в диапазоне от 100 до 200°C и выше 200°C. Первый и второй этапы соответствуют, соответственно, физически и химически адсорбированной воде.

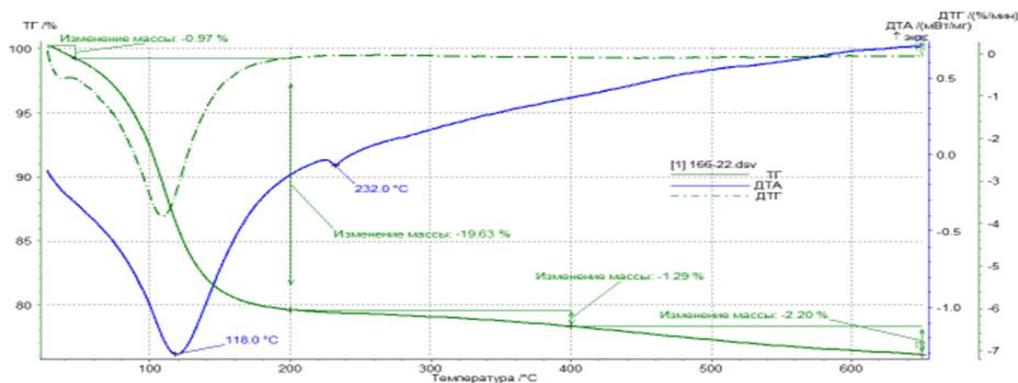


Рис. 8. ТГ-, ДТГ- и ДТ-кривые МСМ, полученные при рН 3

При нагревании выше 200°C наблюдается потеря массы, что связано с конденсацией силанольных групп. С увеличением значения рН среды до 3, 5 и 8 конденсация силанольных групп уменьшается, тогда как при снижении рН среды реакция конденсации силанольных групп усиливается, что приводит к уменьшению их количества. Результаты разложения ЦПХ и конденсации силанольных групп были сопоставлены на основании термограмм (ТГ), полученных в температурном диапазоне от 200°C до 700°C.

На ДТГ-диаграммах силикатных ксерогелей наблюдаются два пика, связанные с разложением силанольных групп. Для кремнезема и ЦПХ, синтезированных при более низких значениях рН среды, на 271°C появляется дополнительный пик, интенсивность которого возрастает с увеличением рН от 3 до 8. Анализы показывают, что максимальный пик при температурах 572°C–580°C наблюдается для сорбентных материалов МСМ, синтезированных при рН 5 и 8. Это может быть связано с тем, что отдельные мицеллярные стержни темплата окружены кольцом кремнезема, что ограничивает доступ кислорода внутрь в процессе термического разложения органического полимера. Роль выбранного прекурсора заключается в переходе из оксидной системы в коллоидную растворную систему, что приводит к последовательности процессов образования геля или дискретных частиц.

В результате экспериментальных исследований разработан новый универсальный подход к синтезу гибридных нанокомпозитов на основе мезопористых силикатных материалов с наноразмерными характеристиками

(МПСМ), позволяющий эффективно контролировать такие параметры, как текстура, функциональность и морфология. Достижение цели обеспечено использованием макромолекул в качестве каркаса для формирования мезопористой структуры.

Основной научный подход заключается в "адаптации" процесса золь-гель, где при различных значениях pH (3, 5, 8) формируются силоксановые олигомеры, а сурфактантный темплат связывает молекулы кремнезема. Результаты исследований включают физическую адсорбцию азота на МПСМ, полученных методом золь-гель при значениях pH 3, 5 и 8 с использованием композиции кремнезема и цетилпиридиния хлорида (рис. 9, pH-3).

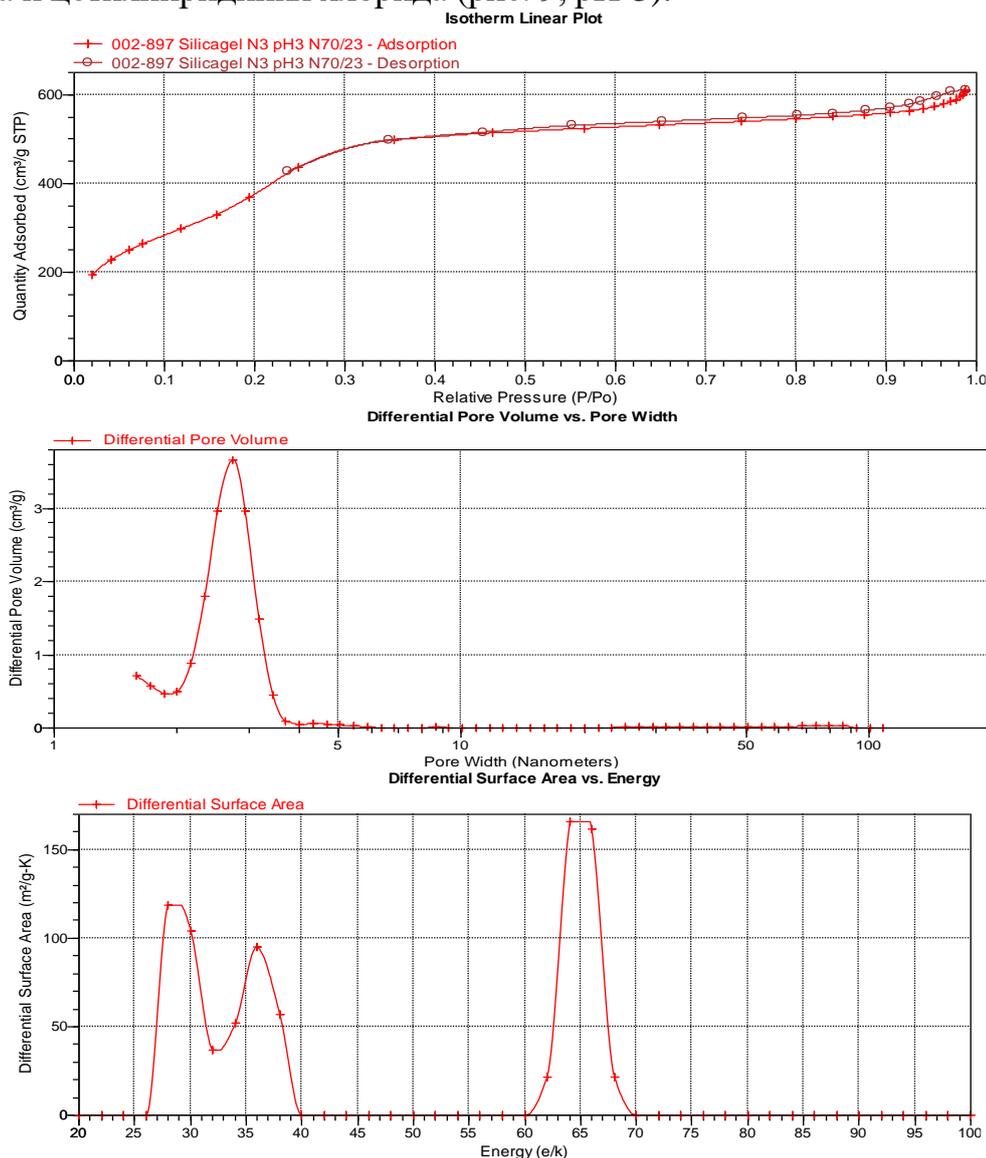


Рис. 9. Изотерма адсорбции-десорбции азота: распределение пор по размерам и интенсивности взаимодействия адсорбата и адсорбента для МПСМ, синтезированного при pH-3

В таблице 1 представлены результаты исследования удельной поверхности образцов МПСМ по методу БЭТ (A_{sp} , $A_{БЭТ}$), по методу Ленгмюра (A_L), методом t-графика (A_{ext}), а также по методу Барретта-Джойнера-Халенда ($A_{ВН адс.}$, $A_{ВН}$

дес.), DFT (A_{DFT} , A , $A_{об.}$) и постоянной энергии адсорбции $C_{БЭТ}$, полученные на основе метода низкотемпературной адсорбции-десорбции азота. Установлено, что с увеличением значения pH среды SiO_2 удельная поверхность A_{sp} снижается на 10%, в частности, $A_{ВЭТ}$ по методу БЭТ — на 13,5%, A_L по методу Ленгмюра — на 12,8%, а A_{ext} по методу t-plot — на 27,5%. Однако удельная поверхность мезопор по Барретту-Джойнеру-Халенду ($A_{ВЛH адс.}$, $A_{ВЛH дес.}$) увеличивается соответственно на 88,3% и 56,4%, при этом значение A_{DFT} возрастает на незначительную величину, всего на 2,9%.

Таблица 1

Результаты изотермы низкотемпературной адсорбции-десорбции азота для МСМ

pH	A_{sp} , м ² /г	$A_{ВЭТ}$, м ² /г	A_L , м ² /г	A_{ext} , м ² /г	$A_{ВЛH адс.}$, м ² /г	$A_{ВЛH дес.}$, м ² /г	A_{DFT} , м ² /г	A , м ² /г	$A_{об.}$, м ² /г	$C_{БЭТ}$
3	1293	1418	2024	2496	514	621	1667	48 (пор.> 108,566 нм)	495 (пор.> 1,591 нм)	36
5	1220	1319	1871	2291	668	819	1676	26 (пор.> 294, 478 нм)	475 (пор.> 1,591 нм)	42
8	1163	1249	1764	1810	968	971	1716	57 (пор.> 117.233 нм)	484 (пор.> 1,591 нм)	49

В этом случае значения энергетической постоянной $C_{БЭТ}$ последовательно увеличиваются от 36 до 49 (Таблица 1). Это соответствует росту удельной поверхности мезопор и увеличению полярности поверхности. Значение $C_{БЭТ}$ характеризует форму изотермы в диапазоне БЭТ и, хотя не является количественной мерой энтальпии адсорбции, оно дает представление об энергии взаимодействия адсорбата и адсорбента, а также позволяет сравнивать полярность. Таким образом, значение $C_{БЭТ} = 100$ характерно для гидрофильной гидроксированной поверхности SiO_2 , а значение $C_{БЭТ} = 20$ характерно для гидрофобной поверхности, например, после термической обработки при высоких температурах. Постоянные значения $C_{БЭТ}$, представленные в таблице, могут быть соотнесены с характерными значениями удельной поверхности, определенными методом БЭТ. Согласно данным Таблицы 1, изменения постоянной $C_{БЭТ}$ можно интерпретировать как изменения в полярности поверхности, что связано с изменением структуры SiO_2 . При высоком pH (8 единиц) увеличение полярности SiO_2 обусловлено меньшей степенью гидрофобизации его состава в процессе дегидратации при повышении температуры, в отличие от кремния, синтезированного при более низких значениях pH (3 и 5).

На основании низкотемпературных изотерм адсорбции-десорбции азота для исследуемых образцов (Таблица 2), были получены показатели объема пор: общий объем пор ($V_{sp адс.}$, $V_{sp дес.}$), объем мезопор ($V_{ВЛH адс.}$, $V_{ВЛH дес.}$), максимальный объем пор по методу Хорвата-Кавазоз ($V_{Н-К}$), а также объем пор по методу DFT (V и $V_{об.}$), представленные в Таблице 3. Для анализа распределения интенсивности взаимодействий адсорбата с адсорбентом применен метод NLDFT, который показал мультимодальный характер распределения. При этом большая часть поверхности характеризуется различными уровнями

взаимодействий. Параметры распределения площади поверхности демонстрируют три устойчивых режима изменяющейся интенсивности взаимодействий в разных диапазонах параметров.

Таблица 2

Результаты объемных характеристик пор, рассчитанных на основе изотерм низкотемпературной адсорбции-десорбции азота для образцов МСМ

рН	$V_{sp \text{ адс.}}$, см ³ /г	$V_{sp \text{ дес.}}$, см ³ /г	$V_{ВЛН \text{ адс.}}$, см ³ /г	$V_{ВЛН \text{ дес.}}$, см ³ /г	$V_{Н-К}$, см ³ /г	V , см ³ /г	$V_{об.}$, см ³ /г
3	0,93	0,94	0,50	0,56	0,94	0,13 (пор <1,591 нм)	0,70 (пор < 108,566 нм)
5	0,91	0,94	0,62	0,71	0,97	0,13 (пор <1,591 нм)	0,78 (пор < 294,478 нм)
8	0,99	1,00	0,86	0,86	1,01	0,12 (пор <1,591 нм)	0,78 (пор < 117,233 нм)

По мере увеличения значения рН с 3 до 8 интенсивность второго режима снижается с ≈ 100 до ≈ 75 , при этом изменения также наблюдаются во втором и третьем режимах. В таблице 3 представлены значения среднего диаметра пор ($D_{sp \text{ адс.}}$, $D_{sp \text{ дес.}}$), среднего диаметра мезопор ($D_{ВЛН \text{ адс.}}$, $D_{ВЛН \text{ дес.}}$), а также среднего диаметра пор ($D_{Н-К}$), определённые для образцов МСМ методом Хорвата-Кавазоз.

Таблица 3

Результаты значений среднего объёма пор образцов МСМ, определённые методом Хорвата-Кавазоз

рН	$D_{sp \text{ адс.}}$ ($4V/A_{БЭТ}$), нм	$D_{sp \text{ дес.}}$ ($4V/A_{БЭТ}$), нм	$D_{ВЛН \text{ адс.}}$ ($4V/A$), нм	$D_{ВЛН \text{ дес.}}$ ($4V/A$), нм	$D_{Н-К}$, нм
3	2.6	2.6	3.9	3.6	2.0
5	2.8	2.8	3.7	3.5	2.2
8	3.2	3.2	3.6	3.5	2.4

Значения объёма пор, такие как $V_{sp \text{ адс.}}$, $V_{sp \text{ дес.}}$, $V_{Н-К}$, V и $V_{об.}$, представлены в Таблице 2 и демонстрируют незначительные изменения в зависимости от значения рН, в отличие от специфического объёма мезопор. Рост $V_{ВЛН \text{ адс.}}$ и $V_{ВЛН \text{ дес.}}$ составляет соответственно 72% и 54% при увеличении значения рН с 3 до 8 (см. Таблицу 3). Средние диаметры пор $D_{sp \text{ адс.}}$ и $D_{sp \text{ дес.}}$ увеличиваются на 23%, а $D_{Н-К}$ — на 20%. При этом средние диаметры мезопор $D_{ВЛН \text{ адс.}}$ и $D_{ВЛН \text{ дес.}}$ уменьшаются соответственно на 7,7% и 2,8%. Таким образом, при изменении рН среды от 3 до 8 наблюдается специфическая зависимость между значением рН, удельной поверхностью и объёмом мезопор образцов МСМ. Эти зависимости характеризуются увеличением удельной поверхности мезопор с 514 до 968 м²/г, что связано с уменьшением размеров частиц и увеличением объёма мезопор с 0,50 до 0,86 см³/г, что подтверждается результатами СЭМ и изотерм низкотемпературной адсорбции-десорбции азота. Это явление связано с более

высокой механической прочностью и устойчивостью сорбента, полученного при рН -8, по сравнению с материалами, полученными при рН -3 и -5, так как с увеличением рН значительно усиливается самоагрегация мелких частиц. Кроме того, наблюдается изменение степени гидрофиллизации поверхности кремния с увеличением энергии постоянной $S_{БЭТ}$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основании анализа выхода золы рисовой шелухи, прокалённой при различных температурах (450–650 °С) и дисперсности 0,075–5 мм, установлено, что температура 650 °С является наиболее оптимальным условием для выделения чистого SiO_2 .
2. Проведённый анализ отходов рисовой шелухи показал, что зола с дисперсностью 2,4 Ø, прокалённая при температуре 650 °С, содержит максимальное количество SiO_2 — 99,7%.
3. Анализ состава минералов в золе показал, что каждая фаза содержит SiO_2 , причём его распределение по фазам следующее: китит 21,06% > тридимит 18,56% > $Na_8(Al_4BeSi_7O_{24})Br_2$ 12,87% > содалит 12,86% > кристобалит 11,94% > O_2Si — 11,33%. При этом зола рисовой шелухи с дисперсностью 2,4 Ø содержит максимальное количество SiO_2 — 99,7%, а оставшиеся 0,3% составляют другие формы минералов SiO_2 , такие как китит, тридимит, содалит и кристобалит.
4. Из рисовой шелухи, служащей источником кремния, был выделен SiO_2 , к которому был добавлен мезогенный темплат (ЦПХ). На основе данного соединения разработан золь-гель метод синтеза, позволяющий получить упорядоченные, управляемые мезопористые кремнийсодержащие материалы с иерархической структурой по методу Штёбера.
5. Установлено, что в кислой среде с регулируемым значением рН (рН 3≤5) в гибридной композиции SiO_2 и темплата (SiO_2 + ЦПХ) формируются мезопоры иерархической структуры размером 30÷40 нм. Этот факт подтверждён результатами рентгенофазового и термического анализа, а также изотермой физической адсорбции-десорбции азота.
6. На основе изотерм азотной адсорбции-десорбции для МСМ, полученных методом золь-гель синтеза с использованием SiO_2 и ЦПХ, установлено, что размер частиц варьируется от <0,2 до 1 мкм, средний диаметр частиц составляет 0,6 мкм. При изменении рН среды от 3 до 8 выявлена взаимосвязь между объёмом и удельной поверхностью мезопор в полученных структурированных материалах.
7. Установлено, что удельная поверхность МСМ ($S_{БЭТ}$) варьируется в диапазоне 514÷968 м²/г, а объём мезопор — в пределах 0,50÷0,86 см³/г, что подтверждено результатами азотной адсорбции-десорбции.
8. Разработана технология получения SiO_2 с чистотой более 99,7% из рисовой шелухи и на его основе синтеза мезопористых силикатных материалов (МСМ).

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

INSTITUTE OF GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY

AKHROROVA RANO OLIM KIZI

**SYNTHESIS AND COLLOIDAL-CHEMICAL PROPERTIES OF
MESOPOROUS ORDERED ADSORBENT USING MESOGENIC
TEMPLATES BASED ON SILICON DIOXIDE**

02.00.11 – Colloid and membrane chemistry

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

Tashkent – 2024

The subject of the PhD thesis has been registered with the Higher Attestation Commission under the Ministry of Higher Education, Science, and Innovation of the Republic of Uzbekistan under the number B2024.2.PhD/K794.

Dissertation work completed at the Institute of general and inorganic chemistry.
Abstract of the thesis in three languages (Uzbek, Russian and English (resume)) posted on the web site of «ZiyoNet» to the address www.ziyo.net/uz.

Academic Supervisor:	Jumayeva Dilnoza doctor of technical sciences, professor
Official opponents:	Yakubov Yuldosh doctor of chemical sciences, professor
	Eshmetov Rasulbek doctor of technical sciences, associate professor
Leading organization:	Fergana Polytechnic Institute

The defense will take place « 6 » December 2024 at 10⁰⁰ o'clock at the meeting of on-time scientific Council No.DSc.02/30.12.2019.K/T.35.01 at General and Inorganic Chemistry Institute (Address: 100170, Tashkent city, Mirzo Ulug'bek district, Mirzo Ulug'bek street, 77-a. Tel.: (+99 871) 262-56-60, fax: (+99 871) 262-79-90, e-mail: ionxanruz@mail.ru).

The dissertation can be reviewed at the Information Resource Centre of the General and Inorganic Chemistry, (is registered under № 22). Address: 100170, Tashkent city, Mirzo Ulug'bek street, 77-a. Tel./fax: (+99871) 262-56-60, (+99871) 262-79-90).

Abstract of dissertation sent out on « 22 » November 2024 y.
(mailing report № 22 from « 22 » November 2024 y.)



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

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

E.D. Eshmetov
Deputy Chairman of the Scientific Seminar at
the Scientific Council on the award of a scientific
degree, doctor of technical, prof

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of the research work: is to extract pure silicon dioxide from rice husk, develop a method for synthesizing mesoporous sorption material using mesogenic templates, and determine its adsorption properties.

The object of the research work: is the method for obtaining an ordered mesoporous sorbent synthesized using a mesogenic template and pure silicon dioxide extracted from rice husk waste, as well as the physicochemical methods of their analysis, sorption-structural characteristics, and colloidal properties.

The scientific novelty of the dissertation research consists is as follows:

for the first time, a sol-gel synthesis method for obtaining ordered mesoporous silicate materials using the Stöber method has been developed, employing pure SiO₂ extracted from rice husk and a mesogenic template-cetylpyridinium chloride (CPC);

it has been established that the SiO₂ content in rice husk ash with a particle size of 2.4 μ m, calcined at 650°C and treated with a 1% HCl solution, amounts to 99.7%;

it has been demonstrated that the mesopore sizes in the hybrid composition of SiO₂+CPC, formed in an acidic medium (pH 3 \leq 5), are 30 \div 40 nm, as confirmed by physicochemical analysis methods and nitrogen adsorption-desorption studies;

it has been determined that increasing the pH value in the synthesis system from 3 to 8 leads to an increase in the specific surface area of mesopores and pore volume of SiO₂ samples from 517 to 968 m²/g and from 0.50 to 0.86 cm³/g, respectively, confirming the relationship between specific surface area, pore volume, and pH variation;

a technology has been developed for obtaining silicon dioxide with a purity of over 99.7% from rice husk and synthesizing mesoporous sorbents based on it.

Implementation of research results. Based on the scientific results of synthesizing ordered and controlled mesoporous sorbents by introducing a template into pure silicon dioxide derived from rice husks:

a patent for the method of obtaining amorphous silicon dioxide from rice husks was granted by the Ministry of Justice of the Republic of Uzbekistan (IAP No. 7776, dated 24.07.2024). This resulted in the development of a method for producing mesoporous silicate materials based on high-purity amorphous silicon dioxide;

the method for extracting pure silicon dioxide from rice husks and synthesizing an ordered mesoporous sorbent with a hierarchical structure by introducing alkylpyridinium chloride has been included in the «Prospective List of Developments for Implementation in 2025-2026» at LLC «Bukhara Oil Refinery» (Certificate No. 26-62/2721, issued by JSC «Uzbekneftegaz» on July 16, 2024). This paves the way for the development of import-substituting mesoporous sorbents for treating wastewater in the oil and gas industry;

The method for treating wastewater in the oil and gas industry using pure silicon dioxide extracted from rice husks and ordered mesoporous sorbents synthesized from it has also been included in the «Prospective List of Developments for Implementation in 2025-2026» at LLC «Bukhara Oil Refinery» (Certificate No. 26-62/2721, issued by JSC «Uzbekneftegaz» on July 16, 2024). The use of these

sorbents reduces the oil product content in wastewater to the maximum permissible concentration (MPC) - from 110.0 mg/l to 0.13 mg/l.

The structure and scope of the thesis. The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and an appendix. The volume of the dissertation is 112 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; part I)

1. Жумаева Д.Ж., Қодиров О.Ш., Эшметов И.Д., Тоиров О.З., Ахророва Р.О., Барноева С.Б., Рахимов У.Ю., Кузнецова Т.Ф. Шоли қобиғидан аморф кремний диоксидини олиш усули //IAP 20230337 Ўзбекистон Республикаси Адлия вазирлиги № IAP 7776. Гувоҳнома Ўзбекистон Республикаси Ихтиролар давлат реестрида 24.07.2024 йилда рўйхатдан ўтказилди.

2. Жумаева Д.Ж., Ахророва Р.О., Рахимов У.Ю., Кодиров О.Ш. Шоли донлари пўстлоғи асосида кремний диоксид олиш технологияси //Наманган муҳандислик-қурилиш институти Механика ва технология илмий журнали №3(3), 2022 Махсус сон 283-289 б. (ЎзР Олий аттестация комиссияси Раёсатининг 2022 йил 01 февралдаги №311/6 қарори билан журнал ОАК нинг илмий нашрлари рўйхатига киритилган).

3. Жумаева Д.Ж., Барноева С.Б., Ахророва Р.О., Хошимов Ш.М., Халимова О.Б. Изотерма адсорбции паров воды на полученных адсорбентах //Universum: Химия и биология: Электронный научный журнал. Выпуск №10(112) Октябрь, 2023 г. Часть 1. 53-57 стр. ООО «МЦНО» (02.00.00 №2).

4. Жумаева Д.Ж., Ахророва Р.О., Барноева С.Б., Эшметов И.Д., Жумаева Г.Ю.. Изотерма адсорбции паров бензола на кремнеземных адсорбентах //Universum: Химия и биология: Электронный научный журнал. Выпуск №10(112) Октябрь, 2023 г. Часть 1. 58-62 стр. ООО «МЦНО» (02.00.00 №2).

5. Jumaeva Dilnoza, Akhrova Rano, Barnoeva Sayyora, Kodirov Orifjon, Rahimov Umidjon. Study of adsorption isotherms of polar and non-polar molecules on silica adsorbents //Scientific and Technical Journal Namangan Institute of Engineering and Technology Volume 8 Issue 4 2023. 144-151. (05.00.00 № 33).

6. Ахророва Р.О., Барноева С.Б., Жумаева Д.Ж., Эшметов И.Д. Гуруч пўстлоғидаги кремний оксидининг дисперсликка боғлиқлиги //Фарғона Политехника институти, Илмий-техника журнали Т.28.спец.выпуск №14, 2024. (05.00.00 №20).

7. Jumayeva D., Akhrova R., Barnoyeva S., Khaydarov B. Adsorption of benzene vapor on mesoporous sorbent materials //Science and innovation international scientific journal Series A Volume 3 Issue 10 October 2024 ISSN:2181-3337 DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14028865> IF-6.755.

II бўлим (II часть; part II)

8. Ахророва Р.О., Барноева С.Б., Жумаева Д.Ж., Тошов Х.С. Технология получения чистого диоксида кремния //Наука молодых – Наука будущего

Сборник статей III Международной научно-практической конференции, состоявшейся 2 февраля 2023 г. в г. Петрозаводске Часть 2 233-238 стр.

9. Жумаева Д.Ж., Ахророва Р.О., Барноева С.Б., Рахматуллаева Н.Т. Пути решения экологических проблем: способы получения сорбентов из отходов и вопросы их применения //Международная научно-практическая конференция «Рациональное использование природных ресурсов в контексте развития нового Казахстана» Международный общественный научный совет по ВИЭ «Инвестиции. Новейшие технологии. Зеленая энергетика» совместно с Восточно-Казахстанским Техническим Университетом им. Д. Серикбаева (ВКТУ). 21 июня 2023 год. г.Усть-Каменогорске. 50-55 стр.

10. Кузнецова Т.Ф., Дроздова Н.В., Копыш Е.А., Жумаева Д.Ж., Ахророва Р.О. Адаптация морфологии и текстуры мезопористого кремнезема, полученного из рисовой шелухи //«Fizikaviy va kolloid kimyo fanlarining fundamental va amaliy muammolarini hamda ularning innovatsion yechimlari» mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy anjuman materiallari to'plami Namangan-2024 9-10 fevral 68-70 б.

11. Барноева С.Б., Ахророва Р.О., Жумаева Д.Ж. Ўсимлик асосидаги чиқинди хомашёси таркибидаги кремний оксидининг рентгенфазавий тахлили //«Кимё таълими, фан ва ишлаб чиқариш интеграциялари» мавзусидаги I-халқаро илмий-амалий конференция материаллар II-шўба тўплами Қўқон-2024 2024-йил 22-май 193-196 б.

12. Ахророва Р.О., Барноева С.Б., Жумаева Д.Ж. Гуруч қипиғи хомашёси таркибидаги SiO_2 микдорининг унинг дисперслигига боғлиқлигини тадқиқ этиш //«Кимё таълими, фан ва ишлаб чиқариш интеграциялари» мавзусидаги I-халқаро илмий-амалий конференция материаллар II-шўба тўплами Қўқон-2024 2024-йил 22-май 196-200 б.

13. Барноева С.Б., Ахророва Р.О., Жумаева Д.Ж. Синтез қилинган мезағовакли нано ўлчамга эга кремнийли сорбентларда паст хароратли азот адсорбция-десорбцияси тадқиқоти //Роль коллоидной химии в сфере нефтегазопереработки, химической технологии и экологии. Материалы I-Международной научно-технической конференции, посвященной 110-летию со дня рождения академика К.С. Ахмедова 10-11 октября 2024 г., г. Ташкент 11-15 стр.

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

Bosmaxona litsenziyasi:



9338

Bichimi: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» garniturasida.
Raqamli bosma usulda bosildi.
Shartli bosma tabogʻi: 2,75. Adadi 100 dona. Buyurtma № 46/24.

Guvohnoma № 851684.
«Tipograff» MCHJ bosmaxonasida chop etilgan.
Bosmaxona manzili: 100011, Toshkent sh., Beruniy koʻchasi, 83-uy.