

**НАМАНГАН МУҲАНДИСЛИК-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.03/29.08.2023.К/Т.66.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ
АСОСИДАГИ БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**НАМАНГАН МУҲАНДИСЛИК-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ
ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ**

СОТИБОЛДИЕВ БЕКЗОД СУЛАЙМОН ЎҒЛИ

**АМФИФИЛЬ КРЕМНЕЗЕМ ВА УНИНГ ПОЛИСАХАРИДЛИ
КОМПОЗИТЛАРИНИНГ КОЛЛОИД-КИМЁВИЙ ХОССАЛАРИ**

**02.00.11 – Коллоид ва мембрана кимёси
02.00.06 – Юқори молекуляр бирикмалар**

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

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

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

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD) on
chemical sciences**

Сотиболдиев Бекзод Сулаймон ўғли

Амфифиль кремнезем ва унинг полисахаридли композитларининг
коллоид-кимёвий хоссалари 3

Сотиболдиев Бекзод Сулаймон угли

Коллоидно-химические свойства амфифильного кремнезема и его
полисахаридных композитов..... 21

Sotiboldiev Bekzod Sulaymon ugli

Colloidal chemical properties of amphiphilic silica and its polysaccharide
composites..... 39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works..... 42

**НАМАНГАН МУҲАНДИСЛИК-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.03/29.08.2023.К/Т.66.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ
АСОСИДАГИ БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**НАМАНГАН МУҲАНДИСЛИК-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ
ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ**

СОТИБОЛДИЕВ БЕКЗОД СУЛАЙМОН ЎҒЛИ

**АМФИФИЛЬ КРЕМНЕЗЕМ ВА УНИНГ ПОЛИСАХАРИДЛИ
КОМПОЗИТЛАРИНИНГ КОЛЛОИД-КИМЁВИЙ ХОССАЛАРИ**

**02.00.11 – Коллоид ва мембрана кимёси
02.00.06 – Юқори молекуляр бирикмалар**

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

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Олий таълим, фан ва инновациялар Вазирлиги ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2024.1.PhD/К677 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Наманган муҳандислик-технология институти ва Ўзбекистон Миллий университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгашнинг веб-саҳифасида (www.nammti.uz) ва Ахборот таълим портали "ZiyoNet" да (www.ziynet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбарлар:

Боймирзаев Азамат Солиевич
кимё фанлари доктори, профессор

Каттаев Нуриддин Тўраевич
кимё фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Қодирхонов Муродхон Рашидхонович
кимё фанлари доктори, доцент

Бахронов Ҳаёт Нуорович
кимё фанлари доктори, доцент

Етакчи ташкилот:

Наманган давлат университети

Диссертация ҳимояси Наманган муҳандислик-технология институти ҳузуридаги илмий даражалар берувчи DSc.03/29.08.2023.К/Т.66.02 рақамли Илмий кенгаш асосидаги бир марталик Илмий кенгашнинг 2025 йил «4» январ соат 11⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. Манзил: 160115, Наманган шаҳри, Косонсой кўчаси, 7-уй. Тел.: (+99869) 228-76-75; факс: (+99869) 228-76-71, e-mail: nei_info@edu.uz.

Диссертация билан Наманган муҳандислик-технология институтининг Ахборот ресурс марказида танишиш мумкин (№ 341 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 160115, Наманган шаҳри, Косонсой кўчаси, 7-уй. Тел.: (+99869) 228-76-75; факс: (+99869) 228-76-71).

Диссертация автореферати 2024 йил “21” декабрь куни тарқатилди.
(2024 йил “21” декабрдаги № 1 рақамли реестр баённомаси)

О.К.Эргашев
Илмий даражалар берувчи
бир марталик Илмий кенгаш
раиси, к.ф.д., профессор

Д.Ш.Шерқўзиёв
Илмий даражалар берувчи
бир марталик Илмий кенгаш
котиби, т.ф.д., профессор

Ж.М. Кадирханов
Илмий даражалар берувчи бир марталик Илмий
кенгаш қошидаги Илмий семинар
раиси, т.ф.д., доцент

КИРИШ (фалсафа доктори(PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Бугунги кунда жаҳонда органик-ноорганик полимер композитлари полифункционал инновацион материаллар сифатида қаралмоқда. Полифункционал хоссали бундай материаллар турли соҳаларда катализаторлар, ярим ўтказгич мембраналар, химоя қопламалари, сенсорлар, сорбентлар кўринишида кенг қўлланилмоқда. Шу сабабли физик-кимёвий хоссалари яхшиланган, паст таннархли, юқори самарали ва экологик хусусиятларга эга бўлган ғоваксимон полимер-кремнезем материалларини яратиш алоҳида аҳамият касб этади.

Жаҳонда кремнезем асосидаги гибрид композицион материалларни яратиш ва физик-кимёвий хоссаларини аниқлаш бўйича илмий тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Бу борада, золь-гель усули ёрдамида органик полимерлар, айниқса, табиий полисахаридлар иштирокидаги гидрофиль-гидрофоб табиати, структуравий морфологик хусусиятлари ҳамда физик-кимёвий хоссалари бошқариладиган анъанавий ҳамда кичик ўлчамли кўп функционал гибрид материалларни олиш ҳамда уларни турли соҳаларда мақсадли қўллашга алоҳида эътибор берилмоқда.

Мамлакатимизда золь-гель усулида янги турдаги гибрид материалларни олиш борасида қатор маълум натижаларга эришилган. Полимер-кремнезем гибрид композитларининг синтези, тузилиши ва хусусиятларини ўрганиш, юқори самарали суюқлик ва юпка қатламли хроматография учун сорбентлар синтези, золь-гель усули ёрдамида турли газларга юқори сезгир сенсорлар олиш учун гибрид материаллар, турли хил оксилларни электрокимёвий усулда аниқлаш учун аминокислоталарни ўз ичига олган функционаллаштирилган гибрид композит сенсор плёнкаларни яратиш бўйича илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегиясида “ишлаб чиқаришни сифат жиҳатидан янги босқичга кўтариш, маҳаллий хом ашё ресурсларини чуқур қайта ишлаш борасида тайёр маҳсулот ишлаб чиқаришни интенсификациялаш”¹ вазифалари белгиланган. Шу сабабли кремнезем ва табиий полисахаридлар асосида амфифиль хусусиятли кўп функционал гибрид полимер композитлари яратиш борасидаги илмий изланишлар муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йилнинг 28 январдаги «2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида»ги ПФ-60-сонли Фармони, 2019 йил 3 апрелдаги ПҚ-4265-сонли «Кимё саноатини янада ислоҳ қилиш ва унинг инвестициявий жозибадорлигини ошириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарори ва 2020 йил 12 августдаги ПҚ-4805-сонли «Кимё ва биология йўналишларида узлуксиз таълим сифатини ва илм-фан натижадорлигини ошириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

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

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожлантиришининг VII. “Кимё, кимёвий технологиялар ва нанотехнология” устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Хорижнинг қатор етакчи илмий марказларида кремнезем асосидаги ғоваксимон гибрид композициялар яратиш бўйича илмий изланишлар олиб борилган. Жумладан, Аҳмад Салама, Сониа Секуеира, Вандана Сингх, Арно Демилекампис, Хуа Зоу, Клемент Санчес, С.Ж.Бринкер, Г.В. Шерер, Даниел Элич-Али-Коми, И.В. Гренбенщиков, В.Я. Шевченко, О.А. Шилова, А.Д. Помогайло, И.П. Суздалев, П.Д. Шабанова, Ю.А. Щипунов, И.Б.Бакеева А.И. Суворова тадқиқотларида ушбу йўналишга кенг ўрин берилган.

Аҳмад Салама, А.И. Суворова, П.Д. Шабанова, Ю.А. Щипунов каби тадқиқотчиларнинг илмий ишлари золь-гель усулида гибрид композитлар синтезига бағишланган. Адабиётлардаги маълумотлар таҳлили шуни кўрсатадики, мазкур гибрид композитларда сув ва бензол буғларининг адсорбцияланиши орқали фаол марказларнинг табиатини аниқлашга эътибор қаратилмаган.

Ўзбекистонда полимерлар ва кремнезем асосидаги системаларни олиш ва уларнинг хоссаларини тадқиқ этиш борасидаги илмий тадқиқотлар Х.У. Усмонов, К.С. Ахмедов, С.Ш. Рашидова, С.С. Негматов, Р.С. Тиллаев, С.А. Ташмухамедов, У.Н. Мусаев, Б.Ж. Кабулов, О.Н. Рўзимуродов, Ғ.Р. Раҳмонбердиев, А.С. Тўраев, Х.И. Акбаровлар томонидан олиб борилган. Натижада органик-ноорганик полимер-кремнезем гибрид композитларни олиш усуллари такомиллаштирилган, шунингдек, олинган системаларни турл соҳаларда, жумладан хроматографияда қўллаш орқали янги натижаларга эришилган. Аммо бундай гибрид системаларнинг тузилиш хусусиятларини очиб берувчи эритувчиларни сорбцияланиш жараёнини механизмлари ва уларни тўлиқ термодинамик ва физик-кимёвий хоссалари етарлича тадқиқ этилмаган.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий–тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Ўзбекистон Миллий университети илмий-тадқиқот ишлари режасининг № Ф-7-54-сон “Наноструктурали, ғовакли ва полимер-кремнезем гибрид нанокомпозит материаллари ҳосил бўлишининг физик-кимёвий қонуниятлари ва механизмларини тадқиқ этиш” (2017-2020) мавзусидаги фундаментал лойиҳаси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади амфифиль кремнезем ва унинг полисахаридли композитларининг структуравий дизайни ва физик-кимёвий хоссаларини аниқлашдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

золь-гель жараёнини бошқариш орқали белгиланган кўрсаткичларга эга бўлган амфифиль табиатли ғоваксимон кремнезем синтез қилиш;

метилтриметоксисиланнинг золь-гель усулда гидролизи жараёнига эритма рН муҳитининг таъсирини тадқиқ этиш;

метилтриметоксисиланнинг полисахаридлар иштирокидаги золь-гель полимерланиши ва конденсация жараёнини бошқариш орқали кремнеземнинг полисахаридли композитларини олиш;

олинган амфифиль кремнезем ва унинг композитларининг структуравий-морфологик хусусиятларини тадқиқ этиш;

амфифиль кремнезем ва унинг гибрид композитларининг адсорбцион, термик ва термодинамик хоссаларини ўрганиш;

адсорбцион-калориметрик тадқиқотлар асосида гидрофоб кремнезем композитларига бензол ва сув буғларининг сорбцияланиш механизми, адсорбцияланиш термокинетикаси, адсорбцион мувозанат қарор топиш вақти ва тўлиқ термодинамик тавсифларини аниқлаш;

амфифиль кремнеземнинг сув билан ҳўлланиш бурчагини орқали гидрофиль-гидрофиль табиатини баҳолаш;

синтез қилинган амфифиль кремнезем ва унинг гибрид композитларини реал объектларда фойдаланиш имкониятларини аниқлаш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида метилтриметоксисилан (МТМС), сувда эрувчан ацетил целлюлоза (СЭАЦ), натрий-карбоксиметил целлюлоза (Na-КМЦ), МТМС нинг СЭАЦ ва Na-КМЦ билан композитлари олинган.

Тадқиқотнинг предмети – амфифиль кремнезем, СЭАЦ ва Na-КМЦ нинг кремнеземли композитларини синтез қилиш шароитлари, уларнинг структуравий морфологик хусусиятлари, адсорбцияланиш термодинамикаси ва физик-коллоид хоссаларини ўрганиш ҳисобланади.

Тадқиқот усуллари. Тадқиқотлар жараёнида эритувчи буғлари ва суюқ азотнинг изотермик адсорбцияси, прецизион адсорбцион-калориметрия, ИҚ-спектроскопия, термик анализ (ТГ, ДТГ, ДТА), сканерловчи электрон микроскопия (СЭМ), энергия дисперсион анализ каби замонавий физик-кимёвий тадқиқот усуллари қўлланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилigi қуйидагилардан иборат:

золь-гель жараёнида гидрофоб метил гуруҳи тутган метилтриметоксисилан прекурсоридан фойдаланиш ва поликонденсацияланиш жараёни шароитлари (реакция давомийлиги, муҳит рНи ҳамда жараён ҳарорати) ни бошқариш орқали олдиндан белгиланган гидрофиль-гидрофоб табиатли кремнезем синтез қилинган;

айрим целлюлоза ҳосилалари иштирокида метилтриметоксисиланнинг золь-гель полимерланиши жараёнини бошқариш орқали кремнеземнинг амфифиль табиатли полисахаридли гибрид композитлари олинган;

гидрофиль-гидрофоб табиатли кремнеземда қуйи ҳароратли азот адсорбцияси асосида унинг структуравий-морфологик хусусиятлари кўп нуқтали БЭТ (МВЕТ) ва зичлик функционали назарияси (DFT) усуллари ёрдамида асосланган;

кремнеземнинг амфифиль табиатли полисахаридли гибрид композитларига сув ва бензол буғлари адсорбцияси асосида Флори-Хаггинс назарияси доирасида полимер ва эритувчи орасидаги таъсирлашувлар табиати ҳамда Цимм-Ландбергнинг статистик назарияси доирасида сорбат молекулаларининг кластер қилишга мойиллиги аниқланган;

прецизион адсорбцион-калориметрик тадқиқотлар ёрдамида “гидрофоб” кремнеземда н-гексаннинг сорбцияланиш механизми, адсорбцияланиш термокинетикаси, адсорбцион мувозанат қарор топиш ва тўлиқ термодинамик тавсифлари аниқланган;

амфифиль кремнеземнинг гидрофиль-гидрофоб табиати сув билан ҳўлланиш кўрсаткичлари асосида баҳоланган ҳамда кремнеземнинг кутбилигини бошқаришда золь-гель жараёнида муҳит рН ини ўзгартиришга эришиш имконияти исботланган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

метил гуруҳи тутган прекурсорни танлаш ва золь-гель жараёнини бошқариш орқали ўзгарувчан гидрофиль-гидрофоб табиатли кремнезем синтез қилиш имконияти аниқланган;

амфифиль кремнеземнинг ёнғинни ўчиришда қўлланиладиган кукунсимон моддаларнинг гидрофоблигини ошириш хусусияти аниқланган;

гидрофиль-гидрофоб табиатли полимер-кремнезем композит материаллар нефть ва газни қазиб олиш, қайта ишлаш ва сақлаш, нефть ва газ маҳсулотларини ташиш жараёнларида, шунингдек, ёқилғи қуйиш станцияларида атроф-муҳитга тарқалиши натижасида сув ресурсларининг ифлосланишини олдини олишда самарали восита эканлиги асосланган.

Тадқиқот натижаларининг ишончилиги. Прецизион адсорбцион-калориметрия, ИҚ- ва Раман-спектроскопияси, рентгенфазавий анализ, термик анализ (ТГ, ДТГ, ДТА), электрон микроскопия (РЭМ, СЭМ, АСЭМ), НДС каби замонавий физик-кимёвий усуллар, шунингдек квант-кимёвий ва термодинамик назарияларни қўлланилганлиги ҳамда амалиётга жорий қилинганлиги билан тасдиқланган.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти золь-гель технологияси ёрдамида синтез қилинган амфифиль кремнезем ва унинг гибрид нанокомпозицияларида сув ва бензол буғларининг сорбцияланиш механизми, адсорбцияланиш термокинетикаси, адсорбцион мувозанат қарор топиш ва тўлиқ термодинамик тавсифлари ҳамда “синтез-структура-хосса” боғлиқликларини аниқланганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти дастлабки прекурсорларни танлаш ва золь-гель жараёнини бошқариш орқали бошқариладиган гидрофоб ва сорбцион материаллар ишлаб чиқиш ҳамда нефть ва газни қазиб олиш, қайта ишлаш, сақлаш ва ташиш жараёнларида, ёқилғи қуйиш шаҳобчаларида атроф-муҳитга тарқалиши натижасида сув ресурсларининг ифлосланиши олдини олишда самарали восита сифатида хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Амфифиль кремнезем ва унинг СЭАЦ ва Na-КМЦ билан композитларини олиш ва хоссаларини аниқлаш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

гидрофиль-гидрофоб табиатли полимер-кремнезем композит материалларини золь-гель усулида олиш технологияси “GISSARNEFTGAZ” Ўзбекистон-Швейцария қўшма корхонасининг “2025-2026 йилларда амалиётга жорий этиш бўйича истиқболли ишланмалари рўйхати”га

киритилган (“GISSARNEFTGAZ” Ўзбекистон-Швейцария қўшма корхонасининг 2023 йил 26 июндаги 325-01/06-сон; 2024 йил 26 июндаги 326-01/06-сон маълумотномалари). Натижада, гидрофилъ-гидрофоб табиатли полимер-кремнезем композит материалларнинг органик эритувчилар учун сорбент сифатида фойдаланиш имконини беради;

янги турдаги полимер-кремнезем композит материаллари “GISSARNEFTGAZ” Ўзбекистон-Швейцария қўшма корхонасида нефть ва газни қазиб олиш жараёнида сорбент сифатида қўлланилган (“GISSARNEFTGAZ” Ўзбекистон-Швейцария қўшма корхонасининг 2023 йил 26 июндаги 325-01/06-сон; 2024 йил 26 июндаги 326-01/06-сон маълумотномалари). Натижада, нефть ва газ маҳсулотларини ташиш жараёнларида, шунингдек ёқилги қуйиш станцияларида уларнинг атроф-муҳитга тарқалиши натижасида сув ресурсларини ифлосланиши олдини олувчи сорбентлар сифатида фойдаланиш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари бўйича 11 та, шу жумладан, 5 халқаро ва 6 республика илмий-амалий конференцияларида маъруза қилинган ва муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши Диссертация иши бўйича жами 15 та илмий ишлар чоп этилган, Ўзбекистон Республикаси ОАК нинг илмий ишлар натижаларини чоп этишга тавсия этилган илмий нашрларда 4 та мақола, жумладан 3 таси республика ва 1 таси халқаро журналларда нашр этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, бешта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 121 бетни ташкил этади².

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

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

Диссертация ишининг **“Амфифиль кремнезем ва унинг полисахаридли композитларининг коллоид-кимёвий хоссалари”** деб номланган **биринчи боби**да сўнги йилларда чоп этилган адабиётлар муҳокама қилинган. Амфифиль кремнеземни олиш усуллари, физик-кимёвий хоссалари ва қўлланиш соҳалари, кремнеземнинг композитларини олиш усуллари ва хоссалари, амфифиль кремнеземнинг полисахаридлар билан композитларининг олиниши ва хоссалари ва уларни қўллаш усуллари бўйича маълумотлар келтирилган. Адабиёт маълумотларининг таҳлили гибрид

² Муаллиф диссертация ишини бажаришда берган илмий маслаҳатлари учун к.ф.д., проф. Х.И.Ақбаровга ўзининг самимий миннатдорчилигини билдиради.

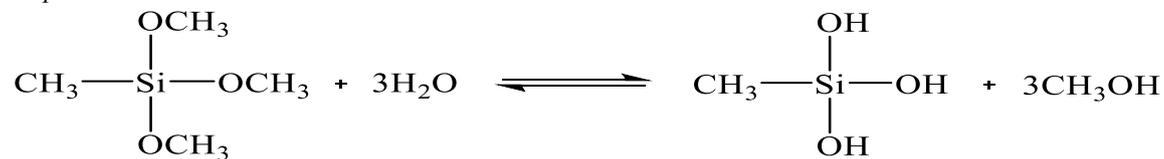
нанокомпозитларни адсорбцияланиш хоссаларини тизимли равишда тўлиқ термодинамик ва физик-коллоид кимёвий хусусиятлари тўлиқ ўрганилмаганлигини кўрсатди. Адабиётларни таҳлил қилиш мазкур ишнинг мақсади, вазифалари ва объектларини асослашга имкон берди.

Диссертациянинг **“Метилтриметоксисилан асосидаги кремнезем, полисахаридлар ва улар иштирокидаги композитларни олиш ва тадқиқ этиш усуллари”** деб номланган **иккинчи бобида** фойдаланилган реактивлар тавсифлари, синтез усуллари, сувда эрийдиган ацетат целлюлозани олиш методикаси, “гидрофоб” кремнезем $\text{CH}_3\text{-SiO}_2\text{-НВ}$ синтези методикаси, “Гидрофиль” кремнезем $\text{CH}_3\text{-SiO}_2\text{-НЛ}$ синтези методикаси, $\text{CH}_3\text{-SiO}_2\text{+СЭАЦ}$ композити синтези методикаси, $\text{CH}_3\text{-SiO}_2\text{+Na-КМЦ}$ композити синтези методикаси, $\text{CH}_3\text{-SiO}_2\text{+СЭАЦ+Na-КМЦ}$ композити синтези методикаси, тадқиқот усуллари, Фурье-ИҚ-спектроскопия, термик таҳлил (ТГ, ДТГ, ДТА), Сканерловчи электрон микроскопия ва энерго-дисперсион спектроскопия, эритувчи буғлари изотермик адсорбцияси, суюқ азот изотермик адсорбцияси, прецизион адсорбцион-калориметрия, хўлланиш бурчагини аниқлаш, вискозиметрия, молекуляр массани хроматографик усулда аниқлаш ҳақида маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **“Амфифиль кремнезем ва унинг полисахаридли композитларининг синтези ва характеристикаси”** деб номланган **учинчи бобида** Метилтриметоксисилан асосида золь-гель усули ёрдамида “гидрофиль” ва “гидрофоб” кремнезем ва кремнеземнинг СЭАЦ, Na-КМЦ ва СЭАЦ+Na-КМЦ билан композитлари синтез қилиш, таркибий ва тузилиш хусусиятлари таҳлили амалга оширилган.

Синтез жараёни бир неча босқичда олиб борилди. Биринчи босқичда МТМС 0,1 М NH_4OH ёки CH_3COOH иштирокида этанол муҳитида гидролизга учратилди. Иккинчи босқичда эса ҳосил бўлган масса дастлаб хона шароитида, сўнгра 60 °С ҳароратда қуритилди ҳамда 500 °С температурада кальцинация қилинди. Таъкидлаш жоизки, конденсация жараёни вақтини ўзгартириш орқали олинадиган кремнеземнинг гидрофиль-гидрофоблиги бошқарилди. Кремнеземни олиш жараёнини қуйидаги схема билан ифодалаш мумкин:

гидролиз:

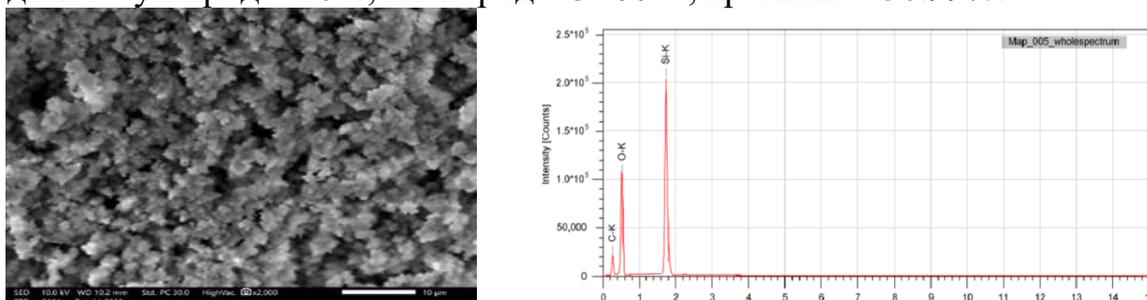


конденсация

C – H боғининг симметрик валент тебранишларига мос келади. 794.58 см^{-1} ва 779.52 см^{-1} соҳалардаги ютилишларни Si – CH₃ боғига хосдир.

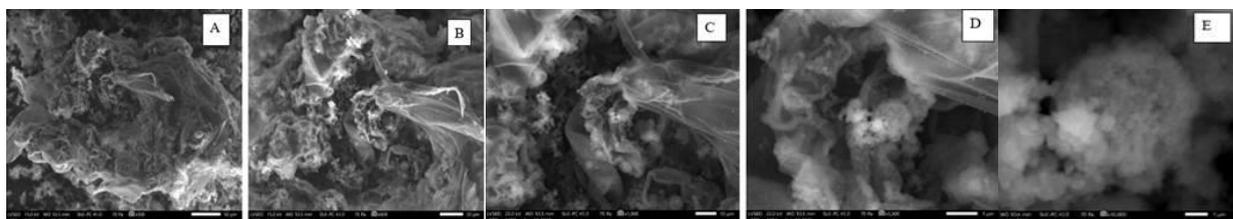
3-расмда метилтриметоксисиландан синтез қилинган гидрофоб кремнезем (CH₃-SiO₂-НВ) нинг СЭМ (x2000) микроскопик морфологияси сифат ва миқдорий таркибини характерловчи элементларнинг тарқалиш хариталари ва энергия-дисперсион спектри (EDX) келтирилган маълумотлардан кўриш мумкинки, композит таркибига кирувчи асосий элементлар (C, O, Si) тарқалиш хариталари композитнинг сирт морфологиясини такрорлайди. Кремнеземнинг иккиламчи заррачаларининг бир-бирининг устига қопланиши натижасида ҳосил бўлган маржон қоялари занжирига ўхшаш тармоқ тузулишига эга. Бунда композит заррачалари нисбатан зич жойлашган, аморф тузулишга эгалигини кўришимиз мумкин.

Бунда ушбу элементларнинг композит матрицаси бўйича текис тақсимланганини кўришимиз мумкин. 3-расмда CH₃-SiO₂-НВ композити EDX спектрида C, O, Si элемент атомларига тегишли кучли сигналларнинг мавжудлиги келтирилган. Бунда намунада элементларнинг миқдор улушлари қуйидагича: углерод – 26%, кислород – 34.99%, кремний – 38.99%.



3-расмда келтирилган CH₃-SiO₂-НВ композити EDX спектри

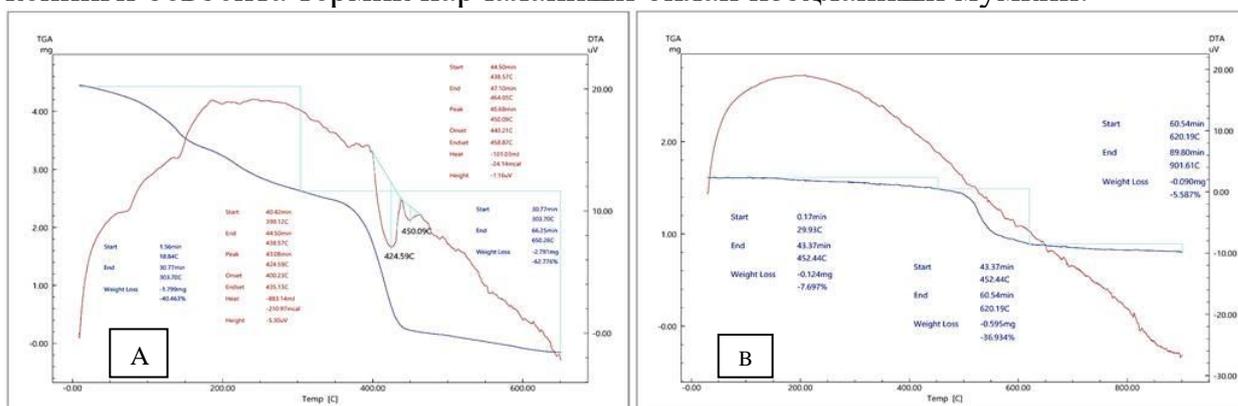
4-расмда МТМС асосида олинган гидрофил кремнезем (CH₃-SiO₂-НЛ) нинг СЭМ-таъсирлари келтирилган. Намунанинг структуравий морфологияси асосан икки хил тузулишга эга бўлиб, унда ғоваксимон аморф агрегатлар ва улар билан чатишиб кетган плёнкасимон компонентлар яққол кўзга ташланади.



4-расм. МТМС асосида олинган гидрофил кремнезем (CH₃-SiO₂-НЛ) нинг СЭМ-таъсирлари: А - x300, В – x600, С - x1000, D – x3000, Е – x10000 марта катталаштирилган.

Тадқиқотлар давомида олинган кремнезем ва унинг ҳосилаларининг термик барқарорлиги 10-900 °C ҳарорат оралиғида ўрганилди. 5-А-расмда CH₃-SiO₂-НЛ кремнеземнинг термограммаси (ТГА-ДСК эгри чизиқлари) келтирилган маълумотлардан кўриш мумкинки, намуна 650 °C гача қиздирилганда массасининг 79.65% и камайган. 150 °C гача бўлган масса йўқотишларини наmunанинг намлиги билан тушунтирилади.

Бунда масса йўқотилишини 2 та босқичга бўлиб таҳлил қилиш мумкин. Дастлаки босқичда ҳарорат 303.7 °С гача кўтарилганда кремнезем дастлабки массасининг 40.46% ини йўқотади ва буни Si-OH боғларининг ўзгариши, яъни конденсацияланиш жараёнининг бориши натижасида сувнинг ажралиб чиқиши ва Si-O-Si боғларининг ҳосил бўлиши кузатилади. Бунда 424.59 °С да кучли ва 450 °С да сезиларли эндо-эффектлар кузатилади. Ҳарорат 650 °С га етганда намуна массасининг 62.77% ини йўқотади ҳамда буни Si-OH гуруҳларининг дегидратланиш ва поликонденсацияланиш жараёнларидан кейинги бевосита термик парчаланиши билан изоҳланиши мумкин.



5-расм. А) CH₃-SiO₂-НL кремнезем ва В) CH₃-SiO₂-НВ кремнеземнинг ТГА-ДСК эгри чизиқлари

Шундай қилиб, тадқиқот натижалари CH₃-SiO₂-НL нинг 10-650 °С ҳарорат оралиғида юқори термик барқарорликка эга эканлигини кўрсатди. 5-В-расм ва 1-жадвалда CH₃-SiO₂-НВ нинг термик барқарорлиги таҳлили натижалари келтирилган. “Гидрофоб” намунанинг ТГА-ДСК эгриларини 3 та босқичга ажратиб қараш мумкин.

1-жадвал

CH₃-SiO₂-НВ нинг термик барқарорлиги таҳлили натижалари

	Ҳарорат, °С	Йўқотилган масса, %	Сарфланган вақт, Δt	Модданинг парчаланиш тезлиги, мг/мин	Сарфланган энергия микдори, (μV*s/mg)
1	50	0,58	2,70	0,0094	10,3480
2	100	0,26	5,12	0,0042	16,4700
3	200	1,70	10,08	0,0275	18,9690
4	300	1,30	10,05	0,0210	16,4400
5	400	2,29	10,12	0,0369	10,4880
6	500	5,96	10,20	0,0961	1,9270
7	600	31,3	10,27	0,5043	-5,6130
8	700	4,42	10,28	0,0713	-12,2170
9	800	1,64	10,40	0,0264	-19,2230
10	900	1,33	10,53	0,0214	-26,6640

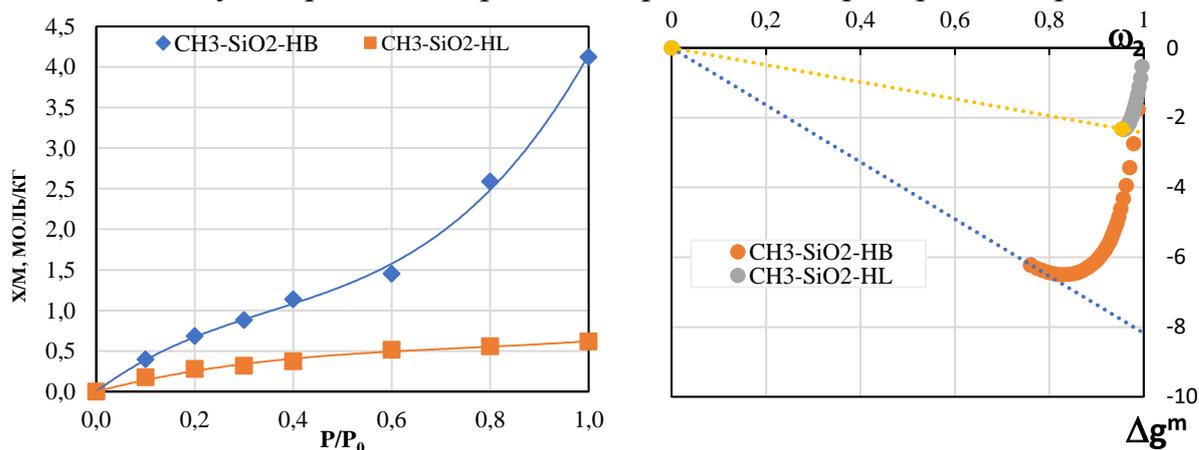
Биринчи босқич 29.93-452.44 °С ҳарорат оралиғида бўлиб, унда намунанинг умумий масса йўқотиши 7.7% ни ташкил этади. Ушбу масса йўқотилиши намунанинг намлиги билан тушунтирилади. Кейинги босқич ўз ичига 452.44 – 620.19 °С ҳарорат оралиғини қамраб олади. Бу ораликда масса

йўқотилиши 36.9 % ни ташкил этади. Масса йўқотилишининг юқорилиги асосан Si-OH боғларининг конденсацияланиши жараёнининг кечиши ва сув молекулаларининг ажралиб чиқиши билан боғлиқдир. Учинчи босқич (620.19 - 901.61 °C) да кескин масса йўқотилиши кузатилмайди ва унинг қиймати атиги 5.6 % дан иборат.

Диссертациянинг “**Амфифиль кремнезем ва унинг полисахаридли композитларининг адсорбцион хусусиятлари**” деб номланган **тўртинчи бобида** “Гидрофиль” ва “гидрофоб” кремнеземга бензол ва сув буғлари адсорбцияси тўғрисида маълумотлар келтирилган.

Маълумки, кремнеземнинг сорбцион хоссалари унинг тузилиш хусусиятлари, яъни капилляр-ғоваклилигига боғлиқ. Олинган намуналарнинг тузилиши хусусиятларини аниқлашда эритувчи буғларининг адсорбцияси усули муҳим аҳамият касб этади.

МТМС асосида олинган гидрофиль – гидрофоб хусусиятли кремнезем намуналарининг ғоваклик хусусиятлари ва кутблилигини баҳолаш мақсадида “гидрофиль” ($\text{CH}_3\text{-SiO}_2\text{-HL}$) ва “гидрофоб” ($\text{CH}_3\text{-SiO}_2\text{-HB}$) хусусиятли кремнеземнинг кутбли (сув) ва кутбсиз (бензол) эритувчилар буғларини адсорбцияси тадқиқ этилди. 7-расмда $\text{CH}_3\text{-SiO}_2\text{-HL}$ ва $\text{CH}_3\text{-SiO}_2\text{-HB}$ нинг бензол молекулаларини изотермик адсорбциялаш эгрилари келтирилган.



6-расм. $\text{CH}_3\text{-SiO}_2\text{-HL}$ ва $\text{CH}_3\text{-SiO}_2\text{-HB}$ нинг бензол молекулаларини адсорбциялаш изотермалари ва ўртача аралашуш энергияларининг полимернинг концентрациясига боғлиқлиги.

6-расмда келтирилган изотермалар S-симон шаклга эга бўлиб, бу эса полимер ғовакларидида физикавий адсорбциянинг бориши ва унинг бўқишидан далолат беради. Изотермалардан кўриниб турибдики, $\text{CH}_3\text{-SiO}_2\text{-HB}$ бензол буғлари бўйича юқори сорбцион сиғимга эга. Буни адсорбция изотермасининг нисбий босим (P/P_0)нинг деярли барча қийматлари соҳасида кескин ўсиш характерига эга эканлиги ҳам тасдиқлайди. Бунда адсорбция қиймати нисбий босим $P/P_0=0,4$ да адсорбция қиймати 1.37 моль/кг ни ташкил этса, нисбий босим қиймати 0.8 ва 1.0 га тенг бўлганда мос равишда 2.587 ва 4.122 моль/кг ни ташкил этади. Бу эса $\text{CH}_3\text{-SiO}_2\text{-HB}$ нинг нафақат микроғовакли, балки мезоғовакли тузилишли структурага эгалигидан далолат беради. Мувозанатли сорбция қиймати $\text{CH}_3\text{-SiO}_2\text{-HL}$ да унчалик кескин равишда ўзгармайди. Бунда $P/P_0=0,4$ да адсорбция қиймати 0.371 моль/кг ни ташкил

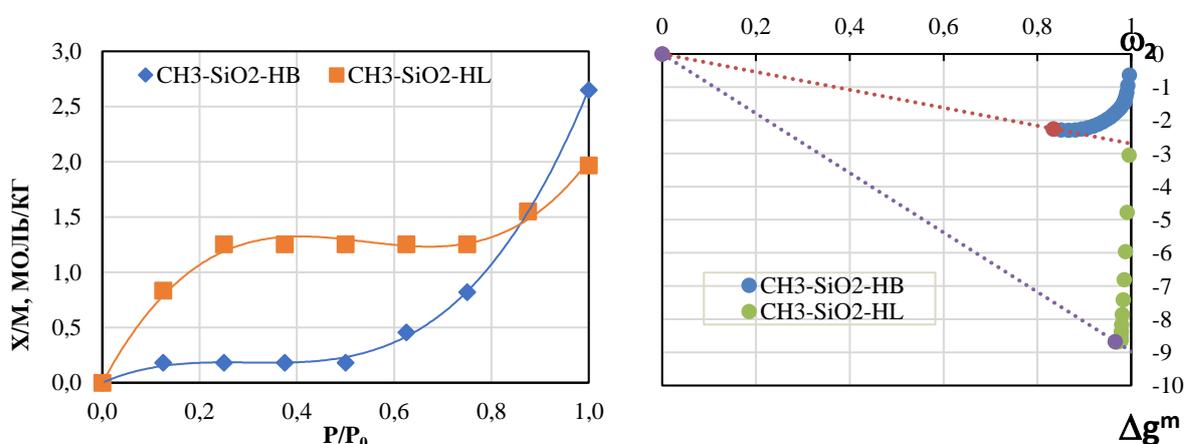
этса, нисбий босим қиймати 0.8 ва 1.0 га тенг бўлганда мос равишда 0.556 ва 0.618 моль/кг ни ташкил этади. Кўриниб турибдики, адсорбция қийматлари $\text{CH}_3\text{-SiO}_2\text{-HL}$ да $\text{CH}_3\text{-SiO}_2\text{-HB}$ га нисбатан бир неча барабар камроқдир. Адсорбция изотермаларининг чизиқли кўринишидан фойдаланиб, график усулда аниқланган S (оғиш бурчаги тангенци) ва (кесма) асосида ҳисобланган капилляр-ғоваклик кўрсаткичлари қийматлари ҳамда полимер – эритувчи ўртача эркин аралашуш энергиялари ҳамда Гиббс энергиялари қийматлари 2-жадвалда келтирилган.

2-жадвал

$\text{CH}_3\text{-SiO}_2\text{-HL}$ ва $\text{CH}_3\text{-SiO}_2\text{-HB}$ нинг “бензол” бўйича капилляр – ғоваклик кўрсаткичлари ва полимер – эритувчи ўртача эркин аралашуш энергиялари ҳамда Гиббс энергиялари қийматлари

№	Намуналар	X_m , г/г	$S_{\text{сол}}$, м ² /г	W_0 , см ³ /г	$\Gamma_{\text{ўрт}}$, Å	Δg^m , Ж/г	ΔG_i , Ж/г
1	$\text{CH}_3\text{-SiO}_2\text{-HB}$	0.057	134.781	0.322	47.71	-6.218	-8.176
2	$\text{CH}_3\text{-SiO}_2\text{-HL}$	0.028	65.741	0.048	14.66	-2.323	-2.435

Тадқиқотлар давомида “гидрофиль” ва “гидрофоб” кремнезем намуналарига қутбли эритувчи – сув буғларининг адсорбцияси ўрганилди. 7-расмда $\text{CH}_3\text{-SiO}_2\text{-HL}$ ва $\text{CH}_3\text{-SiO}_2\text{-HB}$ га сув буғларининг адсорбцияланиш изотермалари келтирилган. Ушбу натижалардан кўриниб турибдики, адсорбция изотермалари S-симон кўринишига эга бўлсада, “гидрофиль” ва “гидрофоб” намуналарда ютилиш турли хоссаларни намоён этади. $\text{CH}_3\text{-SiO}_2\text{-HB}$ нинг сув буғини адсорбциялаш изотермаси дастлаб кескин кўтарилиб, нисбий босим қиймати $P/P_0=0.1 - 0.5$ оралиғида x/m қиймати (0.183 кг/моль) ўзгармай қолади. Сўнгра яна кескин кўтарилиш кузатилиб, $P/P_0=0.5 - 1.0$ оралиғида x/m нинг қиймати 2.65 кг/молгача кўтарилади. “Гидрофоб” намунада адсорбция қийматининг бундай кескин кўтарилиши капилляр конденсация ва қутбли гуруҳлар ҳисобига қисман бўкиш ҳодисасининг юзага келиши билан тушунтирилади. $\text{CH}_3\text{-SiO}_2\text{-HL}$ да адсорбция изотермасида сув буғлари нисбий босим $P/P_0=0,25$ гача намунага интенсив равишда ютилади ва x/m қиймати 1.253 кг/молни ташкил этади.



7-расм. $\text{CH}_3\text{-SiO}_2\text{-HL}$ ва $\text{CH}_3\text{-SiO}_2\text{-HB}$ нинг сув молекулаларини адсорбциялаш изотермалари ва ўртача аралашуш энергияларининг полимернинг концентрациясига боғлиқлиги.

$P/P_0=0.25 - 0.75$ оралиғида эса адсорбцион мувозанат сақланиб қолади. $P/P_0=0.75 - 1.0$ оралиғида эса адсорбция изотермасида ўсиш кузатилиб, x/m қиймати 1.969 кг/молгача кўтарилади. Сўнгги оралиқда сув буғларининг ютилишини “гидрофиль” матрицанинг бўйиши билан изоҳлаш мумкин.

Адсорбция изотермаларининг чизиқли кўриниши асосида “сув” бўйича капилляр-ғоваклик кўрсаткичлари ва полимер – эритувчи ўртача эркин аралашуш энергиялари ҳамда Гиббс энергиялари қийматлари ҳисобланди ва улар 3-жадвал кўринишида келтирилди.

3-жадвал

CH₃-SiO₂-HL ва CH₃-SiO₂-HB нинг “сув” бўйича капилляр – ғоваклик кўрсаткичлари полимер – эритувчи ўртача эркин аралашуш энергиялари ҳамда Гиббс энергиялари қийматлари

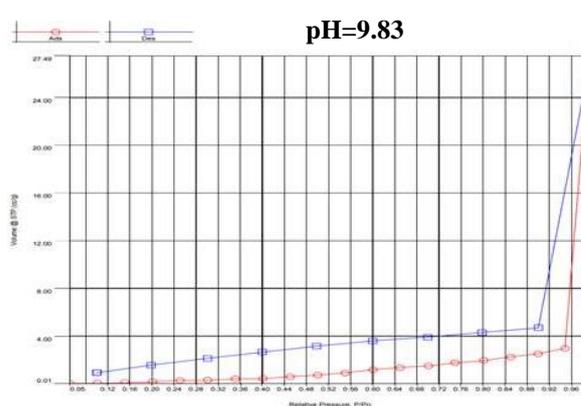
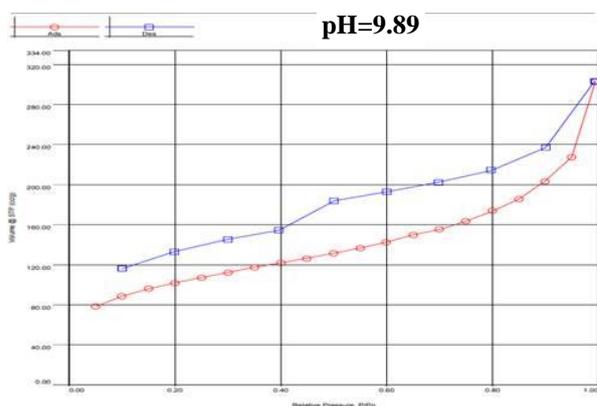
№	Намуналар	X _m , г/г	S _{сол} , м ² /г	W ₀ , см ³ /г	r _{ўрт} , Å	Δg ^m , Ж/г	ΔG _i , Ж/г
1	CH ₃ -SiO ₂ -HB	0.006	14.58	0.207	283.45	- 2.257	- 2.705
2	CH ₃ -SiO ₂ -HL	0.019	66.97	0.035	10.58	- 8.669	- 8.973

Қуйи температурали азот адсорбцияси қаттиқ ғоваксимон материалларнинг текстуравий, яъни, капилляр-ғоваклик кўрсаткичларини аниқлашда самарали усул ҳисобланади. Ушбу кўрсаткичларни билиш материалларнинг хоссаларини тавсифлаш, шунингдек, кимёвий реакциялардаги макрокинетик параметрларни баҳолашда муҳим аҳамиятга эга. Азот гази инерт ва молекуласи ўлчами кичик юзани ($16,2 \text{ \AA}^2$) эгаллагани сабабли микроғовакли структураларни ўрганишда анча самарали ҳисобланади. Суюқ азот адсорбциясидан фойдаланиб, турли усуллар (моделлар) ёрдамида модданинг ғоваклик кўрсаткичлари баҳоланади.

Тадқиқотлар давомида олинган кремнезем намуналарининг ғоваксимон-капилляр хусусиятларини тавсифлашда суюқ азот адсорбциясидан фойдаланилди. Ўлчашлар Quantachrome ASiQwin 5.21 автоматик газ сорбцияси қурилмасида олиб борилди. Бунда системанинг қолдиқ босими $6.58 \cdot 10^{-5}$ Торр ($8,77 \cdot 10^{-3}$ Па), температура $77,35 \text{ K}$ ($195,8 \text{ }^\circ\text{C}$), намуна массаси 0.0411 г ни ташкил этди.

8-расмда МТМС асосида золь-гель усулида этанол муҳитида ($pH=9.89$) ва сув-этанол муҳитида ($pH=9,83$) синтез қилинган кремнезем намунасининг азот молекуласини сорбциялаш-десорбциялаш изотермалари келтирилган. Сорбция-десорбция изотермаларидан кўриниб турибдики, этанол муҳитида сорбция қилинган кремнезем намунаси юқори ғовакликка эга бўлиб, нисбий босим қиймати 0.994 га яқинлашганда ютилиш миқдори $303.03 \text{ см}^3/\text{г}$ ни ташкил этади. Сувли-спиртли муҳитда МТМС асосида синтез қилинган кремнезем нисбий босимнинг тажриба шароитидаги энг юқори қиймати ($P/P_0=0.994$) да азот молекуласи бўйича юқори сорбция даражаси $27.28 \text{ см}^3/\text{г}$ ни ташкил этади.

Олинган тажриба натижалари асосида намуналарнинг ғоваклик кўрсаткичларини аниқлаш мақсадида турли адсорбция назарияларидан ёки ҳисоблаш моделларидан фойдаланилди.



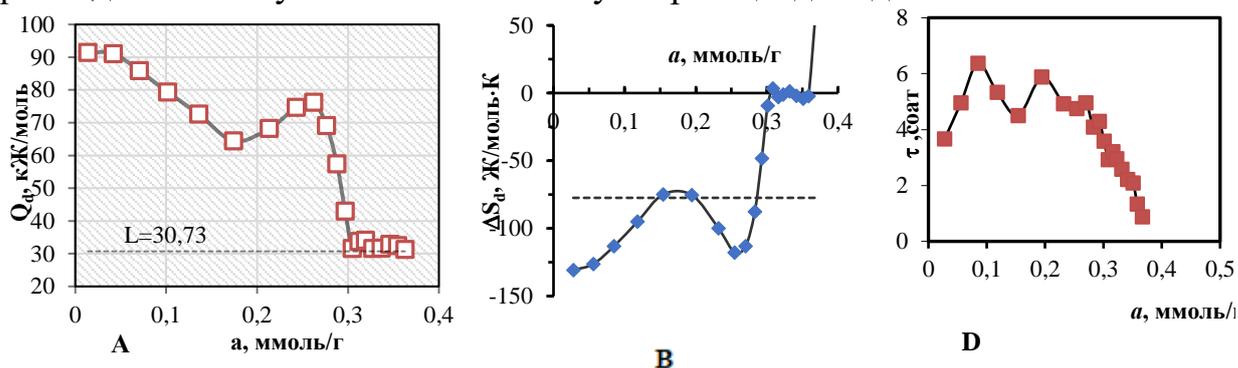
8-расм. МТМС асосида золь-гель усулида этанол муҳитида (рН=9.89) ва (рН=9.83) синтез қилинган кремнезем намунасининг азот молекуласини сорбциялаш-десорбциялаш изотермалари

Кўп нуқтали МВЕТ усули ёрдамида ҳисоблашда Оғма – 9.7617, Кесма – 0.0311, Корреляция коэффиценти, R^2 – 0.9992, С константаси – 313.881, натижаларидан кўришиб турибдики, синтез қилинган кремнезем жуда юқори ғовакликка эга. Буни унинг солиштирма сиғим қиймати юқорилигидан (368.08 м²/г) кўришимиз мумкин. “Гидрофоб” кремнеземда н-гексаннинг адсорбциясини микроғовакларнинг ҳажмий тўйиниш назарияси дифференциал адсорбция иссиқлиги универсал юқори вакуумли адсорбцион қурилмага уланган Тиана-Калве ДАК-1-1А дифференциал микрокалориметри ёрдамида аниқланди. Бу қурилма жуда юқори сезгирликка эга бўлиб, жуда кучсиз ажралиб чиқадиган адсорбция иссиқлигини ҳам аниқлай олади.

“Гидрофоб” кремнеземда н-гексан буғлари адсорбциясининг термодинамик хоссасини 9.А-расмда “гидрофоб” кремнезем (CH₃-SiO₂-НВ) да н-гексан буғларининг адсорбцияланиш дифференциал иссиқлигининг адсорбцияланган модда миқдorigа боғлиқлигида кўришимиз мумкин. 9.А-расмда келтирилган адсорбция дифференциал иссиқлиги эгри чизиғидан кўришиб турибдики, адсорбцияланишнинг дастлабки босқичида дифференциал иссиқлик 91.50 кЖ/молни ташкил этади. Гидрофоб табиатли кремнеземда н-гексан буғининг адсорбцияланиш миқдори 0.17 ммол/г гача дифференциал иссиқлиги поғонасимон камайиш хусусиятига эга бўлиб, бунда унинг миқдори 64.40 кЖ/молгача камаяди. Сўнгра адсорбциянинг дифференциал иссиқлиги адсорбатнинг ютилиш миқдори 0.17 ммол/г дан 0.26 ммол/г гача бўлган ораликда ортиб боради. Бу ораликда яққол локал максимум кузатилади ҳамда Q_d нинг қиймати мос равишда 64.40 кЖ/молдан 76.20 кЖ/молгача ортиб боради.

Сўнгра н-гексаннинг адсорбцияланиш миқдори 0.26 ммол/г дан 0.30 ммол/г гача адсорбцияланиш иссиқлигининг қиймати мунтазам равишда 76.20 кЖ/молдан 31.60 кЖ/мол гача камайиш кузатилади. Бунда н-гексан буғининг адсорбцияланиш миқдори 0.30 ммол/г ни такшил этганда Q_d конденсацияланиш иссиқлиги (30.73 кЖ/моль) га амалий жиҳатдан тенглашади. Бу ораликда қаттиқ адсорбент амалий жиҳатдан н-гексан буғлари билан тўйиниб бўлади. Бундан кейинги таъсирлашувлар кучсиз бўлиб, алмашилиб турувчи адсорбция-десорбция жараёнлари билан тушунтирилади.

Шу сабабли адсорбциянинг дифференциал иссиқлиги қиймати 0.30-0.36 ораликда иккита кучсиз локал максимумларни қайд этади.



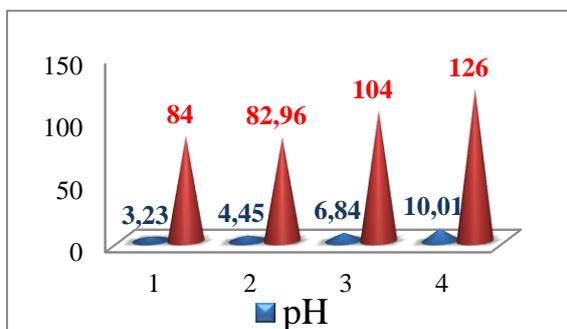
9-расм. А) $\text{CH}_3\text{-SiO}_2\text{-NB}$ да н-гексан буғларининг адсорбцияланиш дифференциал иссиқлигининг адсорбцияланган модда миқдorigа боғлиқлиги. Штрих чизик билан 303 К да н-гексаннинг конденсацияланиш иссиқлиги, В) адсорбцияланган модда миқдorigа боғлиқлиги. Штрих чизик – ўртача моляр интеграл энтропия. Д) адсорбцияланиш миқдorigа боғлиқ равишда адсорбцион мувозанат қарор топиш вақти

Гиббс-Гельмгольц тенгламаси ёрдамида адсорбциянинг дифференциал иссиқликлари ва адсорбцион изотерманинг аниқ қийматларидан фойдаланиб, кремнезем н-гексан буғи адсорбциясининг дифференциал моляр энтропияси (ΔS_d) ҳисоблаб чиқилди. Натижалар 9.В-расмда келтирилган энтропиянинг ўзгариш эгри чизигидан кўриш мумкинки, н-гексаннинг адсорбцияси жараёнида ўртача моляр интеграл энтропиянинг қиймати – 137.0 дан ўртача моляр интеграл энтропияси – 78.1 Ж/мол·К гача камайган, адсорбция қиймати 0.175 ммол/г га етгач, ўртача моляр интеграл энтропияси -113.0 Ж/мол·К гача ортди. Сўнгра адсорбция қиймати 0.28 ммол/г гача ошганда ΔS_d ҳам тўлқинсимон шаклида ўсиб боради. Шунингдек, калориметрик тадқиқотлар давомида адсорбцион мувозантнинг қарор топиш вақти 3.8 соатда бошланиб 6.9 соатгача ортиши кузатлди (9.Д-расмда). Кейинги мувозанат 5 соатда қарор топди.

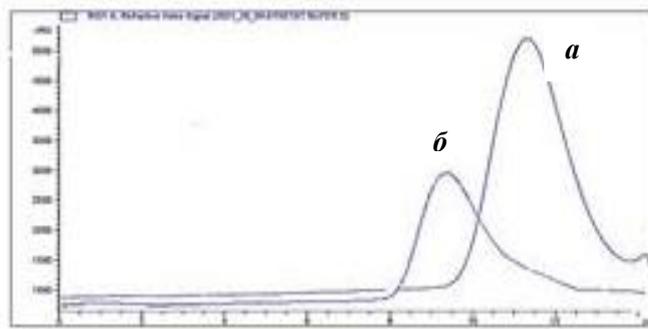
Диссертациянинг “**Амфифиль кремнезем, полисахаридлар ва улар иштирокидаги композитларининг физик-кимёвий хоссалари**” деб номланган бешинчи бобида кремнеземнинг гидрофил-гидрофоблигини сув билан ҳўлланиш бурчаги орқали баҳолаш тўғрисида маълумотлар келтирилган. Синтез қилинган кремнеземнинг гидрофил-гидрофоблиги унинг сув томчиси билан ҳосил қилган таъсирлашиш/контакт бурчагини ўлчаш орқали баҳоланди.

Бунда $pH=3.23$ бўлганда θ_2 қиймати 84° га тенг бўлса, $pH=10.01$ гача оширилганда 126° га етади. Кўришиб турибдики, эритманинг pH қиймати кремнезем юзасининг гидрофоблигига катта таъсир кўрсатади.

Таъкидлаш лозимки, МТМС қопламаси бўлмаган керамикада ҳосил бўлган сув томчилари жуда кенг бўлиб, керамика юзасига тарқалди, керамика юзасида сув билан алоқа қилиш бурчаги 37° ни ташкил этди, МТМС қўшилгандан сўнг, сув томчилари кўпроқ сферик ҳолатга келди ва юзаси кўпроқ гидрофоблик хоссани намоён қилди.



10-расм. Кремнеземнинг сув томчиси билан ҳосил қилган таъсирлашиш/контакт (θ_2) бурчагининг эритманинг рН қийматига боғлиқлиги



11-расм. СЭАЦ (а) ва Na-КМЦ (б) нинг гель-хроматограммаси

10-расмда келтирилган маълумотлардан кўриш мумкинки, гидролиз жараёнидан сўнг олинган кремнеземнинг гидрофиллик хусусияти камайиб борган, буни $-\text{CH}_3$ гуруҳларининг $-\text{OH}$ гуруҳига нисбатан устунлиги билан изоҳланади. Бунда система конденсация жараёни бошланган ёки тармоқланиш ҳолатида бўлади.

Тармоқланишнинг кучайиши билан кремнезем сирти дағаллаша боради, бу эса, ўз навбатида, унинг гидрофоблигини ортишига олиб келади. Бошқача қилиб айтганда, сиртнинг силлиқлиги қанчалик кам ва унинг ғадир-будурлиги қанчалик юқори бўлса, материал сиртининг гидрофоблиги шунчалик юқори бўлади. Сиртнинг нотекислиги оқибатида сув билан хўлланиш бурчаги ортади, шу сабабли сирт кўтарилиб, сувга тўсиқ яратади.

Олинган амфифиль табиатли материаллардан “GISSARNEFTGAZ” Ўзбекистон-Швейцария қўшма корхонаси лабораториясида нефть ва газни қазиб олиш, қайта ишлаш ва сақлаш, нефть ва газ маҳсулотларини ташиш жараёнларида, шунингдек, ёқилғи қуйиш станцияларида уларнинг атроф-муҳитга тарқалиши натижасида сув ресурсларининг ифлосланишини олдини олувчи сорбентлар сифатида синовдан ўтказилди. Синовлар давомида сорбентлар бўкувчанлиги гравиметрик усулда баҳоланди.

СЭАЦ ва Na-КМЦ нинг молекуляр массаси юқори аниқликка эга бўлган гель-хроматография усули ёрдамида аниқланди. Гель-хроматографик ўлчаш натижалари 11-расмда келтирилган. Ўлчаш натижалари таҳлили СЭАЦ ва Na-КМЦ нинг молекуляр массаси тегишли равишда 100000 ва 80000 га тенг эканлигини кўрсатди.

ХУЛОСАЛАР

1. Метилтриметоксисиланнинг золь-гель усулида гидролизи ва конденсацияланиши реакцияси орқала амфифиль табиатли кремнезем синтез қилинди. Сув билан хўлланиш бурчаги қийматларига асосланиб, гидролиз жараёнида эритма рН қийматининг ортиб бориши билан кремнезем матрицасининг гидрофиллиги камайиб, гидрофоблигининг кучайиши кўрсатиб берилди. Бунда энг юқори хўлланиш бурчаги ($\theta_2=126^\circ$) рН=10.01 да кузатилди.

2. Синтез қилинган амфифиль кремнезем ва унинг полисахаридли композитларининг структуравий-морфологик хусусиятлари замонавий физик-кимёвий усуллар ёрдамида тадқиқ этилди. СЭМ тадқиқотлари асосида гидрофиль кремнеземнинг сирт-морфологияси деярли бир жинсли ғовакссион текстурадан иборат бўлса, гидрофоб намуна эса ғоваксимон аморф агрегатлар билан чатишиб кетган қопламсимон компонент уйғунлигидан иборат тузилишга эгадир.

3. Олинган амфифиль кремнезем ва унинг полисахаридли композитлари кенг ҳарорат оралиғида термик барқарор материаллар бўлиши билан биргаликда гидрофиль ва гидрофоб эритувчилар буғларига нисбатан юқори сорбцион фаолликни намоён этади. Шу сабабли бензол буғлари бўйича гидрофиль ва гидрофоб кремнезем мос равишда 65.74 ва 134.78 м²/г, сув буғлари бўйича эса 66,97 ва 14,58 м²/г сирт юзасига эгадир. Суюқ азот адсорбцияси бўйича эса солиштирма сирт юзаси қийматининг 368.08 м²/г ни ташкил этишини кўрсатди.

4. Гидрофоб кремнеземда н-гексаннинг адсорбцияси микроғовакларнинг ҳажмий тўйиниш назарияси ва прецизион калориметрик ўлчашлар орқали тадқиқ этилди. Дубини-Астахов тенгламасидаги n , a_0 ва E нинг қийматлари мос равишда 0,297 ммоль/г ва 16,6 кЖ/моль га тенглиги кўрсатиб берилди. Адсорбция жараёни дифференциал иссиқлик эгриси зинасимон кўринишга эга бўлиб, бир нечта кучли ва локал кучсиз максимумлар кузатилди.

5. Амфифиль кремнезем ва унинг полисахаридли композитларини бўкиш хусусиятларини тадқиқи уларнинг органик эритувчиларга нисбатан самарали сорбент сифатида нефть ва газни қазиб олиш, қайта ишлаш ва сақлаш, нефть ва газ маҳулотларини ташиш жараёнларида, шунингдек, ёқилғи қуйиш станцияларида уларнинг атроф-муҳитга тарқалиши натижасида сув ресурсларининг ифлосланишини олдини олувчи сорбентлар сифатида қўллаш имконияти кўрсатилди.

6. Тадқиқот доирасида қўлланилган полисахаридлар СЭАЦ ва Na-КМЦ нинг молекуляр-массавий кўрсаткичлари Гель-хроматография усули ва вискозиметрик усулларда тадқиқ этилди. Гель-хроматография усули ёрдамида аниқланган молекуляр масса қийматлари мос равишда 100000 ва 80000 га тенгдир. Сувли эритмалар СЭАЦ одатдаги полимерлар хос хусусиятларни намоён этса, Na-КМЦ эса полиэлектродит хусусиятларини намоён этади.

7. Амфифиль кремнезем ва уларнинг композитлари гидрофоб материал ва сорбент сифатида Ўзбекистон-Швейцария қўшма корхонасининг “2025-2026 йилларда амалётга жорий этиш бўйича истиқболли ишланмалари рўйхати”га киритилган.

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЁНЫХ
СТЕПЕНЕЙ НА ОСНОВЕ НАУЧНОГО СОВЕТА
DSc.03/29.08.2023.К/Т.66.02 ПРИ НАМАНГАНСКОМ ИНЖЕНЕРНО-
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

**НАМАНГАНСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ УЗБЕКИСТАНА**

СОТИБОЛДИЕВ БЕКЗОД СУЛАЙМОН УГЛИ

**КОЛЛОИДНО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АМФИФИЛЬНОГО
КРЕМНЕЗЕМА И ЕГО ПОЛИСАХАРИДНЫХ КОМПОЗИТОВ**

**02.00.11 – Коллоидная и мембранная химия
02.00.06 –Высокомолекулярные соединения**

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

Наманган – 2024

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан под номером B2024.1.PhD/K677

Диссертационная работа выполнена в Наманганском инженерно-технологическом институте и Национальном университете Узбекистана.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета (www.nammti.uz) в информационно-образовательном портале «Ziyonet» по адресу www.ziyonet.uz

Научный руководители:

Боймирзаев Азамат Солиевич
доктор химических наук, профессор

Каттаев Нуритдин Тураевич
доктор химических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Қодирхонов Муродхон Рашидхонович
доктор химических наук, доцент

Бахронов Ҳаёт Нурувич
доктор химических наук, доцент

Ведущая организация:

Наманганский государственный университет

Защита диссертации состоится «4» января 2025 год в «11⁰⁰» часов на заседании разового Научного совета на основе Научного совета DSc.03/29.08.2023.К/Т.66.02 при Наманганском инженерно-технологическом институте по адресу: 160115, г. Наманган, ул. Косонсой, 7, Тел: (+99869) 228-76-75; факс: (+99869) 228-76-71; e-mail: niei_info@edu.uz.

С диссертация можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Наманганского инженерно-технологического института. (зарегистрирована по номерам №341). (по адресу 160115, г. Наманган, ул Косонсой, 7). Тел: (+99869) 228-76-75; факс: (+99869) 228-76-71.

Автореферат диссертации разослан «21» декабря 2024 года.
(Реестр протокола рассылки за № 1 от «21» декабря 2024 года).

О.К.Эргашев
Председатель разового Научного совета
по присуждению учёных степеней, д.х.н., профессор

Д.Ш.Шеркузиев
Учёный секретарь разового Научного совета
по присуждению учёных степеней, д.т.н., профессор

М.Кадирханов
Председатель разового Научного семинара
при Научном совете, по присуждению
учёных степеней, д.т.н., доцент

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и необходимость темы диссертации. На сегодняшний день в мире органо-неорганические полимерные композиты рассматриваются как многофункциональные инновационные материалы. Такие материалы с многофункциональными свойствами широко используются в различных областях в виде катализаторов, полупроводниковых мембран, защитных покрытий, сенсоров и сорбентов. Поэтому создание пористых полимер-кремнеземных материалов с улучшенными физико-химическими свойствами, низкой стоимостью, высокой эффективностью и экологическими свойствами приобретает особое значение.

В мире проводятся научно-исследовательские работы по созданию гибридных композиционных материалов на основе кремнезема и определению их физико-химических свойств. В связи с этим с использованием золь-гель метода особое внимание уделяется получению традиционных и малогабаритных многофункциональных гибридных материалов с контролируемой гидрофильно-гидрофобной природой, структурно-морфологическими свойствами и физико-химическими свойствами с участием органических полимеров, особенно природных полисахаридов, и их целевое применение в различных областях.

В нашей стране достигнут ряд значимых результатов по получению новых типов гибридных материалов золь-гель методом. Проводятся научно-исследовательские опытно-конструкторские работы по синтезу, изучению структуры и свойств полимер-кремнеземных гибридных композитов, синтезу сорбентов для высокоэффективной жидкостной и тонкослойной хроматографии, гибридных материалов для получения высокочувствительных сенсоров различных газов золь-гель методом, функционализированных аминокислот, содержащих аминокислоты, кислоты для электрохимического обнаружения различных белков, созданию гибридных композитных сенсорных пленок. В стратегии развития нового Узбекистана определены задачи «поднятия производства на новый уровень качества, интенсификации производства готовой продукции в условиях глубокой переработки местных сырьевых ресурсов». Поэтому большое значение имеют научные исследования по созданию многофункциональных гибридных полимерных композитов с амфифильными свойствами на основе кремнезема и природных полисахаридов.

Указ Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года № УП-60 «О стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы», ПП-4265 от 3 апреля 2019 года «Меры по дальнейшему реформированию химической промышленности и повысить ее инвестиционную привлекательность» и Решение № ПП-4805 от 12 августа 2020 года «О мерах по повышению качества непрерывного образования и эффективности науки в областях химии и биологии» и другие нормативные правовые документы, связанные с данной деятельностью. исследования служат в определенной степени.

Соответствие исследований приоритетам развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с

приоритетным направлением развития науки и технологий Республики Узбекистан VII. «Химия, химическая технология и нанотехнология».

Степень изученности проблемы. В ряде ведущих научных центров за рубежом ведутся научные исследования по созданию пористых гибридных композиций на основе кремнезема. В исследованиях Ахмед Салама, Соня Секейра, Вандана Сингх, Арно Демилекамп, Хуа Цзоу, Клемент Санчес, Си Джей Бринкер, Г.В. Шерер, Даниэль Элич-Али-Коми, И.В. Гренбенщиков, В.Я. Шевченко, О.А. Шилова, А.Д. Помогайло, И.П. Суздальев, П.Д. Шабанова, Ю.А. Щипунов, И.Б. Бакеева А.И. Суворова этому направлению отведено широкое место.

Научные работы таких исследователей, как Ахмед Салама, А.И. Суворова, П.Д. Шабанова, Ю.А. Щипунов посвящены синтезу гибридных композитов золь-гель-методом. Анализ литературных данных показывает, что в этих гибридных композитах не уделялось внимания определению природы активных центров по адсорбции паров воды и бензола.

В Узбекистане научные исследования по получению полимеров и систем на основе кремнезема и исследованию их свойств проведены такими учёными, такими как Х.У. Усманов, К.С. Ахмедов, С.Ш. Рашидова, С.С. Негматов, Р.С. Тиллаев, С.А. Ташмухамедов, У.Н. Мусаев, Б.Ж. Кабулов, О.Н. Рузимурадов, Г.Р. Рахмонбердиев, А.С. Тураев, Х.И. Акбаров. В результате усовершенствованы методы получения гибридных органико-неорганических полимер-кремнеземных композитов, а также достигнуты новые результаты при использовании полученных систем в различных областях, в том числе в хроматографии. Однако механизмы процесса сорбции растворителей и их полные термодинамические и физико-химические свойства, раскрывающие особенности строения таких гибридных систем, изучены недостаточно. **Связь темы диссертации с научно-исследовательской работой высшего учебного заведения, в котором выполнена диссертация.** Диссертационные исследования выполнены в рамках фундаментального проекта плана научных исследований Национального университета Узбекистана № Ф-7-54 на тему «Исследование физико-химических закономерностей и механизмов формирования наноструктурных, пористых и полимер-кремнеземных гибридных нанокompозитных материалов» (2017-2020).

Целью исследования является определение структурного строения и физико-химических свойств амфифильного кремнезема и его полисахаридных композитов.

Задачи исследования:

синтез пористого кремнезема амфифильной природы с заданными показателями путем управления процессом золь-гель;

изучение влияния рН раствора на гидролиз метилтриметоксисилана золь-гель методом;

получение полисахаридных композитов кремнезема путем управления процессом золь-гель и конденсации метилтриметоксисилана в присутствии полисахаридов;

изучение структурных и морфологических характеристик полученного амфифильного кремнезема и его композитов;

исследование адсорбционных, термических и термодинамических свойств амфифильного кремнезема и его гибридных композитов;

на основе адсорбционно-калориметрических исследований определить механизм сорбции бензола и паров воды гидрофобными кремнеземными композитами, термокинетику адсорбции, время установления адсорбционного равновесия и полные термодинамические характеристики;

оценка гидрофильно-гидрофильной природы амфифильного кремнезема по углу смачивания водой;

определить возможности использования синтезированного амфифильного кремнезема и его гибридных композитов в реальных объектах.

Объектами исследования являются метилтриметоксисилан (МТМС), водорастворимая ацетилцеллюлоза (ВРАЦ), натрий-карбоксиметилцеллюлоза (Na-КМЦ), композиты МТМС с ВРАЦ и Na-КМЦ.

Предметом исследования является изучение условий синтеза кремнеземных композитов амфифильного кремнезема, ВРАЦ и Na-КМЦ, их структурных и морфологических характеристик, термодинамики адсорбции и физических коллоидных свойств.

Методы исследования. В ходе исследований были использованы современные физико-химические методы исследования, такие как изотермическая адсорбция паров растворителей и жидкого азота, прецизионная адсорбционная калориметрия, ИК-спектроскопия, термический анализ (ТГ, ДТГ, ДТА), сканирующая электронная микроскопия (СЭМ), энергодисперсионный анализ.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

синтезирован кремнезем с заданной гидрофильно-гидрофобной природой путем использования в золь-гель процессе метилтриметоксисиланового прекурсора, содержащего гидрофобную метильную группу, и путем контроля условий процесса поликонденсации (продолжительности реакции, pH среды и температура процесса);

путем управления процессом золь-гель-полимеризации метилтриметоксисилана в присутствии некоторых производных целлюлозы получены амфифильные гибридные композиты кремнезема с полисахаридами;

на основании низкотемпературной адсорбции азота на гидрофильно-гидрофобном кремнеземе обоснован его структурно-морфологические свойства с использованием методов многоточечного БЭТ (МВЕТ) и теории функционала плотности (DFT);

на основе адсорбции паров воды и бензола на амфифильных гибридных полисахаридных композитах кремнезема, определены природа взаимодействия полимера и растворителя в рамках теории Флори-Хаггинса и склонности молекул сорбатов к кластеризации в рамках статистической теории Цимма-Ландберга;

с помощью прецизионных адсорбционно-калориметрических исследований определены механизм сорбции н-гексана в «гидрофобном» кремнеземе, термокинетика адсорбции, время установления адсорбционного равновесия и полные термодинамические характеристики;

на основании показателей смачиваемости водой оценена гидрофильно-гидрофобная природа амфифильного кремнезема, а также доказана возможность изменения рН среды в ходе золь-гель процесса для контроля полярности кремнезема.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

Продемонстрирована возможность синтеза кремнезема с чередующейся гидрофильно-гидрофобной природой путем выбора прекурсора, содержащего метильную группу, и управления золь-гель процессом;

Установлено, что амфифильный кремнезем повышает гидрофобность порошкообразных веществ, используемых при пожаротушении;

Показано, что гидрофильно-гидрофобные полимер-кремнеземные композиционные материалы являются эффективным средством предотвращения загрязнения водных ресурсов в результате добычи, переработки и хранения нефти и газа, транспортировки нефтегазовых продуктов, а также зарекомендовал себя как эффективный инструмент предотвращения загрязнения водных ресурсов в результате разливов окружающей среды на заправочных станциях.

Достоверность результатов исследований. Современные физико-химические методы, такие как прецизионная адсорбционная калориметрия, ИК- и рамановская спектроскопия, рентгенофазовый анализ, термический анализ (ТГ, ДТГ, ДТА), электронная микроскопия (РЭМ, СЭМ, АСЭМ), NDS, также применение квантово-химических и термодинамических теорий и практики, подтвержденных его внедрением.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследований объясняется установлением механизма сорбции паров воды и бензола, термокинетики адсорбции, времени установления адсорбционного равновесия и полными термодинамическими описаниями и связями «синтез-структура-свойства» в амфифильном кремнеземе, синтезированном с помощью золь-гель технология и ее гибридные нанокompозиты.

Практическая значимость результатов исследований заключается в разработке управляемых гидрофобных и сорбирующих материалов за счет подбора исходных прекурсоров и управления золь-гель процессом, а также в предотвращении загрязнения водных ресурсов в результате разливов в окружающую среду. в процессах добычи, переработки, хранения и транспортировки нефти и газа, на автозаправочных станциях служит эффективным инструментом.

Внедрение результатов исследований. На основе получения и изучения свойств амфифильного кремнезема и его композитов с СЭАЦ и Na-КМЦ:

Технология получения гидрофильно-гидрофобных полимер-кремнеземных композиционных материалов золь-гель методом включена в

«Перечень перспективных разработок для реализации в 2025-2026 годах» Узбекско-Швейцарского совместного предприятия «GISSARNEFTGAZ» («GISSARNEFTGAZ» Узбекистан- Швейцарское СП 26 №325-01/06 от июня; Справки № 326-01/06 от 26 июня 2024 г). В результате гидрофильно-гидрофобная природа полимер-кремнеземных композиционных материалов позволяет использовать их в качестве сорбентов органических растворителей; новый тип полимер-кремнеземного композиционного материала использован в качестве сорбента в процессе добычи нефти и газа на совместном предприятии «GISSARNEFTGAZ» Узбекско-Швейцарского предприятия (Обращения № 325-01/06 от 26 июня 2023 года; № 326-01/06 от 26 июня 2024 года Узбекско-Швейцарского совместного предприятия «GISSARNEFTGAZ»). В результате это позволило использовать их в качестве сорбентов для предотвращения загрязнения водных ресурсов при транспортировке нефтегазовых продуктов, а также на автозаправочных станциях.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования были представлены и обсуждены на 11, в том числе на 5 международных и 6 республиканских научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследований. По материалам диссертационной работы опубликовано всего 15 научных работ, из них 4 статьи опубликованы в научных изданиях, рекомендованных к публикации основных научных результатов докторских диссертаций ВАК РУз, 3 из них опубликованы в национальных и 1 зарубежном журналах.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, выводов, списка использованной литературы и приложения. Объем диссертации составляет 121 страницу.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во вводной части обосновывается актуальность и необходимость проводимого исследования, описываются цель и задачи, объекты и предметы исследования, показывается совместимость с приоритетными направлениями развития науки и техники республики, Описаны научная новизна и практические результаты исследования, раскрыта научная и практическая значимость полученных результатов, описано внедрение результатов исследования в практику, структура опубликованных работ и диссертаций.

В первой главе диссертации **“Коллоидно-химические свойства амфифильного кремнезема и его полисахаридных композитов”** обсуждается литература, опубликованная за последние годы. Представлены сведения о методах нанесения амфифильного кремнезема, физико-химических свойствах и областях применения, методах и свойствах кремнеземных композитов, получении и свойствах амфифильных кремнеземных композитов с полисахаридами, способах их использования. На основе анализа изученных данных показано, что адсорбционные свойства гибридных нанокompозитов недостаточно изучены с точки зрения

Каждая молекула МТМС содержит три гидролизуемые метоксигруппы ($-\text{OSiCH}_3$) и одну негидролизуемую метильную ($-\text{CH}_3$) группу. По мере углубления конденсации и полимеризации доля гидрофобных ($\text{Si}-\text{CH}_3$) групп увеличивается, образуя органо-неорганический гибридный кремнеземный сетки. Метильная группа не только придает полимерной матрице гидрофобные свойства, но и обуславливает ее частичную подвижность. Другими словами, метильная группа в МТМ выполняет бифункциональную задачу, то есть определяет гидрофобность и эластические свойства конечного полимера. Образцы амфифильного кремнезема, синтезированные в присутствии различных сред (уксусной кислоты, гидроксида аммония), проявляют сходство с кристаллическими веществами в кислой среде, тогда как образцы, полученные в щелочной среде, имеют аморфную структуру. Композиты кремнезема на основе метилтриметоксисилана ВРАЦ, Na-КМЦ и ВРАЦ+Na-КМЦ синтезированы полимеризацией выбранной соотношении в смеси.

Структуру полученных кремнеземных гибридных композитов также анализировали методом ИК-Фурье-спектроскопии. Инфракрасные спектры образцов гибридных составов на основе ВРАЦ кремнезема и Na-КМЦ (CH_3SiO_2 :ВРАЦ и $\text{CH}_3\text{-SiO}_2$: Na-КМЦ в соотношении 1:1 и 1:5) представлены на рисунках 1 и 2.

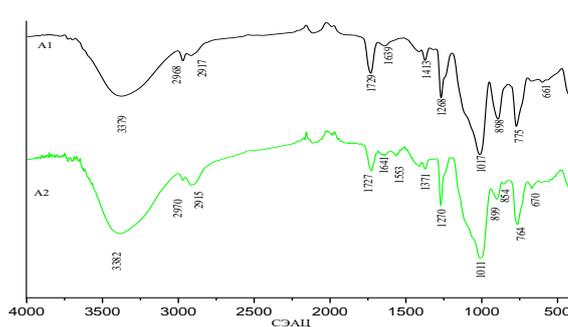


Рис. 1. ИК- спектры образцов $\text{CH}_3\text{-SiO}_2$: ВРАЦ 1:1 ва 1:5

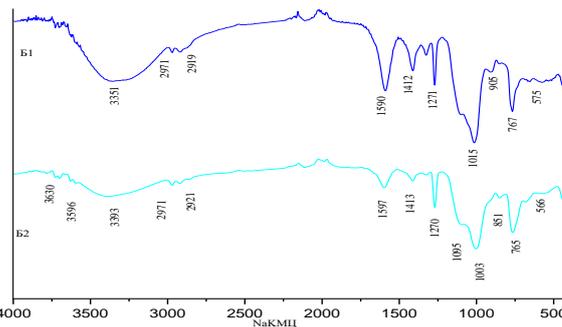


Рис. 2. ИК- спектры образцов $\text{CH}_3\text{-SiO}_2$:Na-КМЦ (соотношение 1:1 и 1:5)

В ИК-спектре образца кремнезема, полученного в щелочной среде в присутствии аммиака, характерная характеристика поглощения амфифильного кремнезема, включая сигналы в областях $2970,43 \text{ см}^{-1}$ и $2867,84 \text{ см}^{-1}$, принадлежит валентным колебаниям связь С - Н. Пик поглощения с очень высокой интенсивностью при $1271,68 \text{ см}^{-1}$ соответствует деформационному колебанию связи $\text{Si}-\text{CH}_3$ ($\delta_{\text{Si}-\text{CH}_3}$) и симметричным валентным колебаниям связи С-Н. Поглощения при $794,58 \text{ см}^{-1}$ и $779,52 \text{ см}^{-1}$ характерны для связи $\text{Si}-\text{CH}_3$.

На рисунке 3, SEM (x2000) микроскопическая морфология гидрофобного кремнезема ($\text{CH}_3\text{-SiO}_2\text{-НВ}$), синтезированного из метилтриметоксисилана, карты распределения и энергодисперсионный спектр (EDX) элементов, характеризующие его качественный и количественный состав, видно, что в состав основных элементов вошли в композите (S, O, Si) карты рассеяния воспроизводят морфологию поверхности композита. Он

имеет сетчатую структуру, похожую на цепь коралловых рифов, образованную перекрывающимися вторичными частицами кремнезема. В этом случае мы видим, что частицы композита имеют относительно плотную аморфную структуру.

Здесь мы видим, что эти элементы равномерно распределены по составной матрице. В EDX-спектре композита $\text{CH}_3\text{-SiO}_2\text{-НВ}$, представленном на рисунке 3, можно увидеть наличие сильных сигналов, связанных с элементарными атомами S, O, Si. При этом пропорции элементов в образце следующие: углерод – 26 %, кислород – 34,99 %, кремний – 38,99 %.

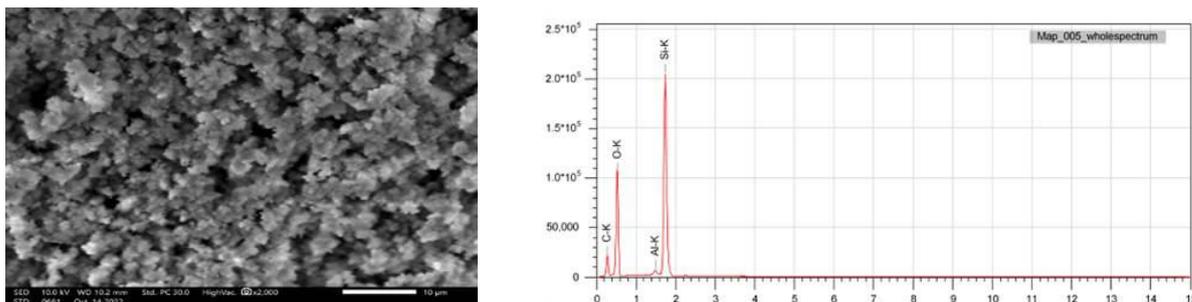


Рис 3. EDX-спектр данного композита $\text{CH}_3\text{-SiO}_2\text{-НВ}$

На рис. 4 представлены СЭМ-изображения гидрофильного кремнезема ($\text{CH}_3\text{-SiO}_2\text{-НЛ}$), полученные на основе МТМС. Структурная морфология образца имеет преимущественно два типа структур, в которых отчетливо видны пористые аморфные агрегаты и переплетающиеся с ними пленкообразные компоненты.

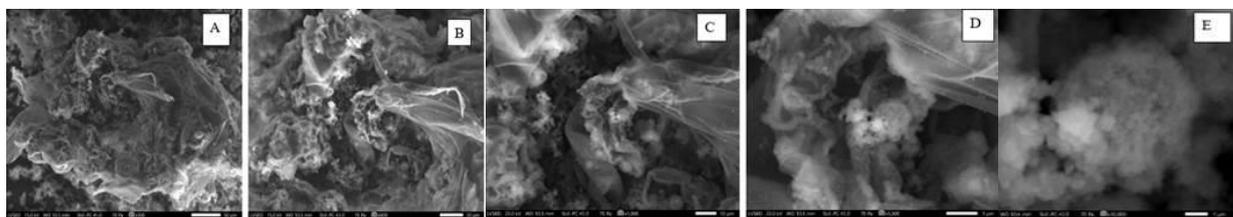


Рис 4. СЭМ-изображения гидрофильного кремнезема ($\text{CH}_3\text{-SiO}_2\text{-НЛ}$), полученные на основе МТМС: А - x300, Б - x600, С - x1000, D - x3000, Е - x10000.

Термическую стабильность полученного в ходе исследований кремнезема и его производных изучали в интервале температур 10-900 °С. На рисунке 5-А представлена термограмма (кривые ТГА-ДСК) кремнезема $\text{CH}_3\text{-SiO}_2\text{-НЛ}$, на которой видно, что образец потерял 79,65% своей массы при нагревании до 650 °С. Колебания массы до 150 °С объясняются влажностью образца.

В этом случае потерю массы можно анализировать в 2 этапа. На начальном этапе, при повышении температуры до 303,7 °С, кремнезем теряет 40,46% своей первоначальной массы, и это происходит за счет изменения связей Si-OH, то есть выделения воды и образования Si-O-Si-связи образуются в результате процесса конденсации. Сильные эндоэффекты наблюдаются при 424,59 °С и заметные эндоэффекты при 450 °С. При достижении температуры 650 °С образец теряет 62,77% своей массы, что можно объяснить прямое

термическое разложение групп Si-OH после процессов дегидратации и поликонденсации.

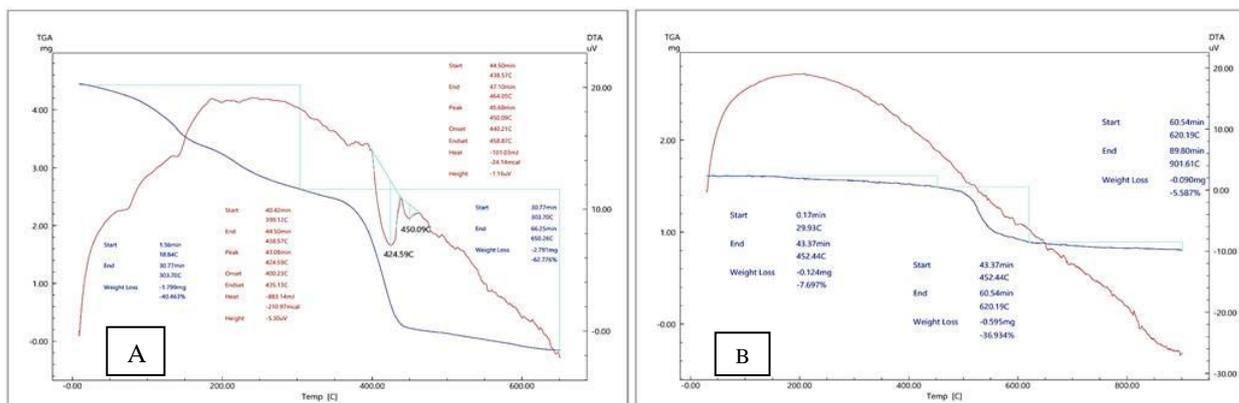


Рис 5. Кривые ТГА-ДСК А) диоксида кремния $\text{CH}_3\text{-SiO}_2\text{-HL}$ и В) диоксида кремния $\text{CH}_3\text{-SiO}_2\text{-HB}$

Таким образом, результаты исследований показали, что $\text{CH}_3\text{-SiO}_2\text{-HL}$ обладает высокой термостабильностью в диапазоне температур 10-650 °С. Результаты термической стабильности $\text{CH}_3\text{SiO}_2\text{-HB}$ представлены на рисунке 5-В и в таблице 1. Кривые ТГА-ДС «гидрофобного» образца можно разделить на 3 этапа.

Таблица 1

Результаты анализа термической стабильности $\text{CH}_3\text{-SiO}_2\text{-HB}$

	Температура, °С	Потерянная масса, %	Потраченное время, Δt	Скорость разложения вещества, мг/мин	Количество затраченной энергии, (μV*с/мг)
1	50	0,58	2,70	0,0094	10,3480
2	100	0,26	5,12	0,0042	16,4700
3	200	1,70	10,08	0,0275	18,9690
4	300	1,30	10,05	0,0210	16,4400
5	400	2,29	10,12	0,0369	10,4880
6	500	5,96	10,20	0,0961	1,9270
7	600	31,3	10,27	0,5043	-5,6130
8	700	4,42	10,28	0,0713	-12,2170
9	800	1,64	10,40	0,0264	-19,2230
10	900	1,33	10,53	0,0214	-26,6640

Первая стадия проходит в интервале температур 29,93-452,44 °С, при котором общая потеря массы образца составляет 7,7%. Такая потеря массы объясняется содержанием влаги в образце. Следующий этап охватывает диапазон температур 452,44 – 620,19 °С. Потеря массы в этом интервале составляет 36,9%. Высокая потеря массы обусловлена главным образом процессом конденсации связей Si-OH и высвобождением молекул воды. На

третьем этапе (620,19 – 901,61 °С) резкой потери массы не наблюдается и ее величина составляет всего 5,6%.

Адсорбция бензола и паров воды на «гидрофильном» и «гидрофобном» кремнеземе описана в **четвертой главе** диссертации **“Адсорбционные свойства амфифильного кремнезема и его полисахаридных композитов”**.

Известно, что сорбционные свойства кремнезема зависят от его структурных свойств, т.е. капиллярной пористости. Метод адсорбции паров растворителя играет важную роль в определении структурных характеристик полученных образцов.

Была исследована оценка свойств пористости и полярности гидрофильно–гидрофобных характеристик образцов кремнезема на основе МТМС в области "гидрофильной" (CH₃-SiO₂-HL) и "гидрофобной" (CH₃-SiO₂-HB) характеристической полярной (вода) абсорбции парами неполярных растворителей (бензол). На рисунке 7 представлены кривые изотермической адсорбции молекул бензола CH₃-SiO₂-HL и CH₃-SiO₂-HB.

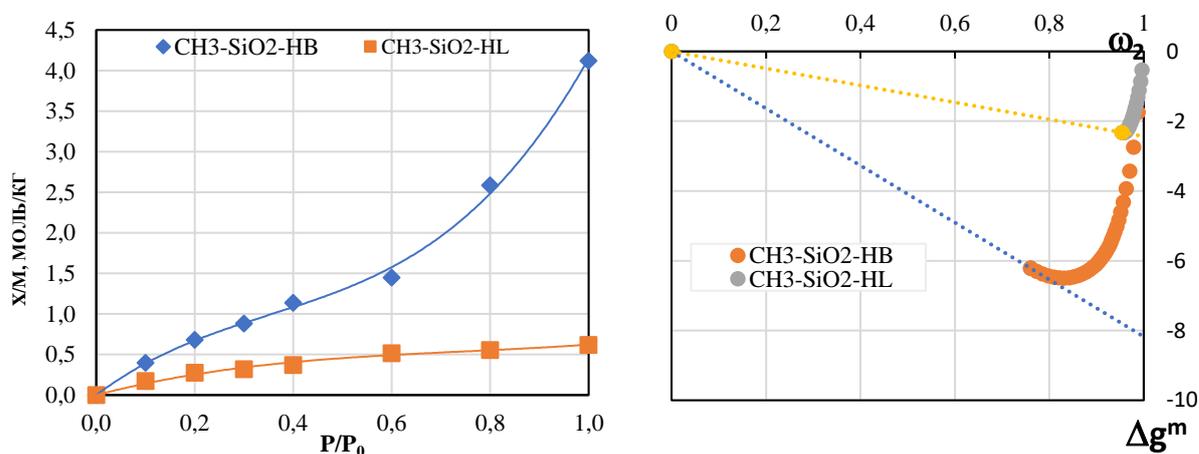


Рис 6. Изотермы адсорбции молекул бензола CH₃-SiO₂-HL и CH₃-SiO₂-HB, а также зависимости средние энергии смешения от концентрации полимера

Изотерма, представленная на рис. 6, имеет S-образную форму, что указывает на медленный процесс физической адсорбции порошкового полимера. След изотермы показывает, что CH₃-SiO₂-HB обладает высокой сорбционной емкостью по отношению к парабензолу. Это подтверждается и тем, что изотерма адсорбции имеет резкий рост практически всех значений относительного давления (P/P₀). В обоих случаях величина адсорбции составляет 1,37 моль/кг при относительном давлении P/P₀=0,4 и 2,587 и 4,122 моль/кг при относительном давлении 0,8 и 1,0 соответственно. Это указывает на то, что CH₃-SiO₂-HB не имеет ни микропористой, ни мезопористой структуры. Равновесная величина сорбции в CH₃-SiO₂-HL меняется не так зко. При P/P₀=0,4 размер адсорбции составляет 0,371 моль/кг, а при 0,8 и 1,0 относительная адсорбция составляет 0,556 и 0,618 моль/кг соответственно. Видно, что означает адсорбция в CH₃-SiO₂-HL несколько раз меньше, чем в CH₃-SiO₂-HB.

В таблице 2 приведены значения показателей капиллярно-пористости, рассчитанные на основе S (тангенса угла отклонения) и (поперечного сечения), а также значений средних свободных энергий смешения полимер-растворитель и энергий Гиббса с использованием линейное представление изотерм адсорбции.

Таблица 2

Показатели капиллярно-пористости и средние свободные энергии смешения полимер-растворитель и энергии Гиббса $\text{CH}_3\text{-SiO}_2\text{-HL}$ и $\text{CH}_3\text{-SiO}_2\text{-HB}$ в «бензоле»

№	Образцы	X_m , г/г	$S_{\text{кол}}$, м ² /г	W_0 , см ³ /г	$r_{\text{упр}}$, Å	Δg^m , Ж/г	ΔG_i , Ж/г
1	$\text{CH}_3\text{-SiO}_2\text{-HB}$	0.057	134.781	0.322	47.71	-6.218	-8.176
2	$\text{CH}_3\text{-SiO}_2\text{-HL}$	0.028	65.741	0.048	14.66	-2.323	-2.435

В ходе исследований изучена адсорбция паров полярного растворителя-воды на «гидрофильных» и «гидрофобных» образцах кремнезема. На рис. 7 представлены изотермы адсорбции паров воды на $\text{CH}_3\text{-SiO}_2\text{-HL}$ и $\text{CH}_3\text{-SiO}_2\text{-HB}$. Из этих результатов видно, что хотя изотермы адсорбции имеют S-образную форму, поглощение в «гидрофильных» и «гидрофобных» образцах имеет разный характер. Изотерма адсорбции паров воды $\text{CH}_3\text{-SiO}_2\text{-HB}$ сначала резко возрастает, а значение x/m (0,183 кг/моль) остается неизменным в диапазоне относительных давлений $P/P_0=0,1 - 0,5$. Затем наблюдается резкий рост, и значение x/m возрастает до 2,65 кг/моль в диапазоне $P/P_0=0,5 - 1,0$. Столь резкое увеличение величины адсорбции в «гидрофобном» образце, по-видимому, объясняется возникновением явления частичного тушения за счет капиллярной конденсации и полярных групп. На изотерме адсорбции $\text{CH}_3\text{-SiO}_2\text{-HL}$ пары воды интенсивно поглощаются образцом до относительного давления $P/P_0=0,25$, а значение x/m составляет 1,253 кг/моль.

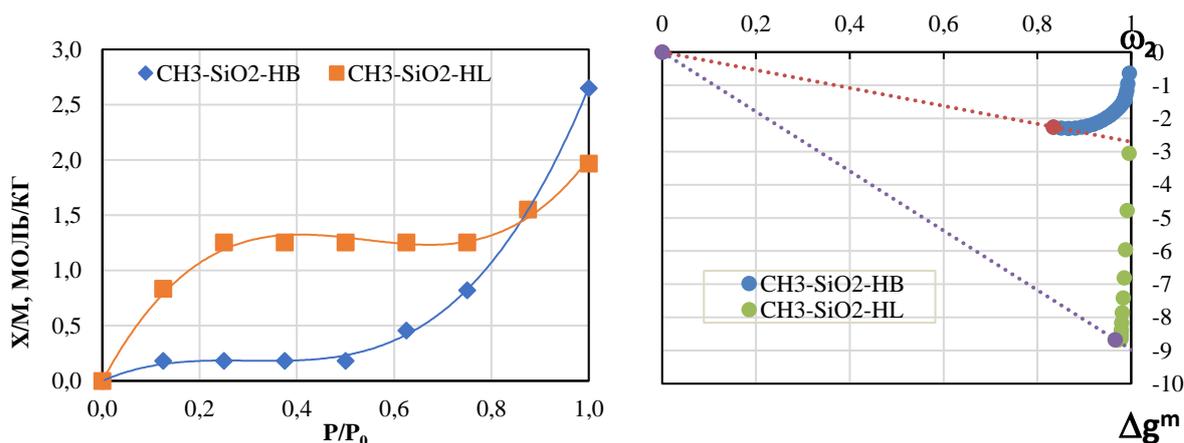


Рис 7. Изотермы адсорбции молекул воды $\text{CH}_3\text{-SiO}_2\text{-HL}$ и $\text{CH}_3\text{-SiO}_2\text{-HB}$ а также зависимости средние энергии смешения от концентрации полимера

В диапазоне $P/P_0=0,25-0,75$ сохраняется адсорбционное равновесие. В диапазоне $P/P_0=0,75-1,0$ происходит увеличение изотермы адсорбции, а значение x/m увеличивается до 1,969 кг/моль. Поглощение паров воды в

последнем интервале можно объяснить поглощением «гидрофильной» матрицы.

На основе линейного представления изотерм адсорбции рассчитаны показатели капиллярной пористости, средние свободные энергии смешения полимер-растворитель и энергии Гиббса для «воды», которые представлены в таблице 3.

Таблица 3

Показатели капиллярной пористости $\text{CH}_3\text{-SiO}_2\text{-HL}$ и $\text{CH}_3\text{-SiO}_2\text{-HB}$ в «воде», средние свободные энергии смешения полимера с растворителем и энергии Гиббса

№	Образцы	X_m , г/г	$S_{\text{сол}}$, м ² /г	W_0 , см ³ /г	$r_{\text{урт}}$, Å	Δg^m , Ж/г	ΔG_i , Ж/г
1	$\text{CH}_3\text{-SiO}_2\text{-HB}$	0.006	14.58	0.207	283.45	- 2.257	- 2.705
2	$\text{CH}_3\text{-SiO}_2\text{-HL}$	0.019	66.97	0.035	10.58	- 8.669	- 8.973

Низкотемпературная адсорбция азота является эффективным методом определения текстурных, т. е. параметров капиллярно-пористости твердых пористых материалов. Знание этих показателей важно для описания свойств материалов, а также для оценки макрокинетических параметров в химических реакциях. Газообразный азот инертен, и его молекулярный размер занимает небольшую площадь поверхности (16,2 Å²), поэтому он более эффективен при изучении микропористых структур. Показатели пористости вещества оцениваются с помощью различных методов (моделей) с использованием адсорбции жидкого азота.

Адсорбцию жидкого азота использовали для характеристики пористо-капиллярных свойств образцов кремнезема, полученных в ходе исследований. Измерения проводились на автоматическом газосорбционном приборе Quantachrome ASiQwin 5.21. При этом остаточное давление системы составляло $6.58 \cdot 10^{-5}$ Торр ($8,77 \cdot 10^{-3}$ Па), температура 77,35 К (195,8 °С), масса образца 0,0411 г.

На рисунке 8 представлены изотермы сорбции-десорбции молекул азота образца кремнезема, синтезированного на основе МТМС методом золь-гель в этанольной среде (рН=9.89) и в водно-этанольной среде (рН=9.83). Из изотерм сорбции-десорбции видно, что образец кремнезема, сорбированный в этанольной среде, обладает высокой пористостью, и при относительном давлении, близком к 0.994, объем адсорбции составляет 303.03 см³/г.. Кремнезем, синтезированный на основе МТМС в водно-спиртовой среде, имеет высокий уровень сорбции 27,28 см³/г для молекул азота при наибольшем значении относительного давления в условиях эксперимента (P/P₀=0,994).

На основе полученных экспериментальных данных для определения показателей пористости образцов были использованы различные теории адсорбции или расчетные модели.

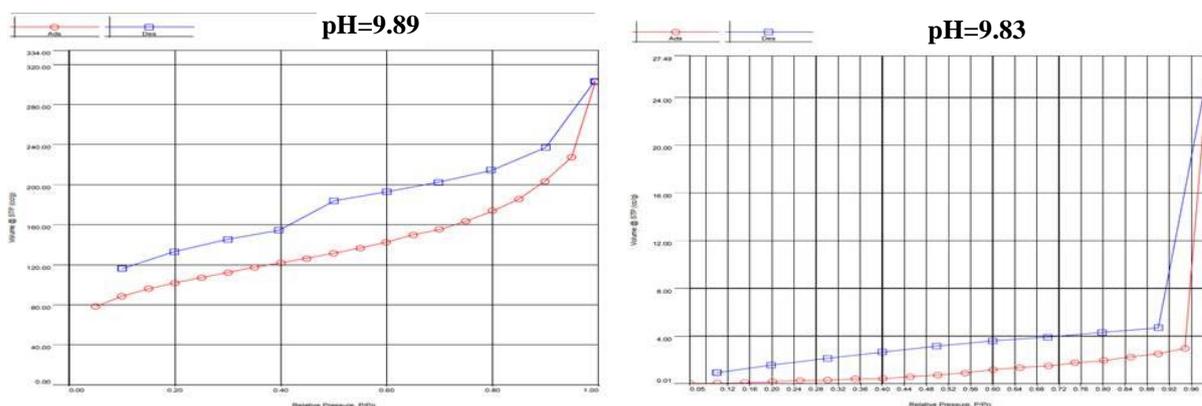


Рис 8. Изотермы сорбции-десорбции молекул азота образца кремнезема, синтезированного в среде этанола (рН =9,89) и (рН =9,83) золь-гель методом на основе МТМС

Результаты расчета многоточечным методом МБЭТ показывают, что синтезированный кремнезем имеет очень высокую пористость. Это видно по его высокому значению удельной емкости ($368,08 \text{ м}^2/\text{г}$). Адсорбцию н-гексана на «гидрофобном» кремнеземе определяли с помощью дифференциального микрокалориметра Tiana-Calve DAK-1-1A, соединенного с универсальным высоковакуумным адсорбционным устройством. Это устройство имеет очень высокую чувствительность и может обнаружить даже самую слабую теплоту адсорбции.

Термодинамическое свойство адсорбции паров н-гексана на «гидрофобном» кремнеземе можно видеть из рис.9.А, где представлена зависимость дифференциальной теплоты адсорбции паров н-гексана на «гидрофобном» кремнеземе ($\text{CH}_3\text{-SiO}_2\text{-НВ}$) от количества адсорбированного вещества. Как видно из кривой дифференциальной теплоты адсорбции, дифференциальная теплота на начальной стадии адсорбции составляет $91,50 \text{ кДж/моль}$. Величина адсорбции паров н-гексана в гидрофобном кремнеземе имеет ступенчатое уменьшение дифференциальной теплоты адсорбции до $0,17 \text{ ммоль/г}$, а ее количество снижается до $64,40 \text{ кДж/моль}$. Далее дифференциальная теплота адсорбции возрастает в диапазоне поглощения адсорбата от $0,17 \text{ ммоль/г}$ до $0,26 \text{ ммоль/г}$. В этом интервале наблюдается четкий локальный максимум и значение Q_d увеличивается с $64,40 \text{ кДж/моль}$ до $76,20 \text{ кДж/моль}$ соответственно.

Далее при величине адсорбции н-гексана от $0,26 \text{ ммоль/г}$ до $0,30 \text{ ммоль/г}$ величина теплоты адсорбции закономерно снижается от $76,20 \text{ кДж/моль}$ до $31,60 \text{ кДж/моль}$. В этом случае при величине адсорбции паров н-гексана $0,30 \text{ ммоль/г}$ Q_d практически равна теплоте конденсации ($30,73 \text{ кДж/моль}$). В этом диапазоне твердый адсорбент практически насыщен парами н-гексана.

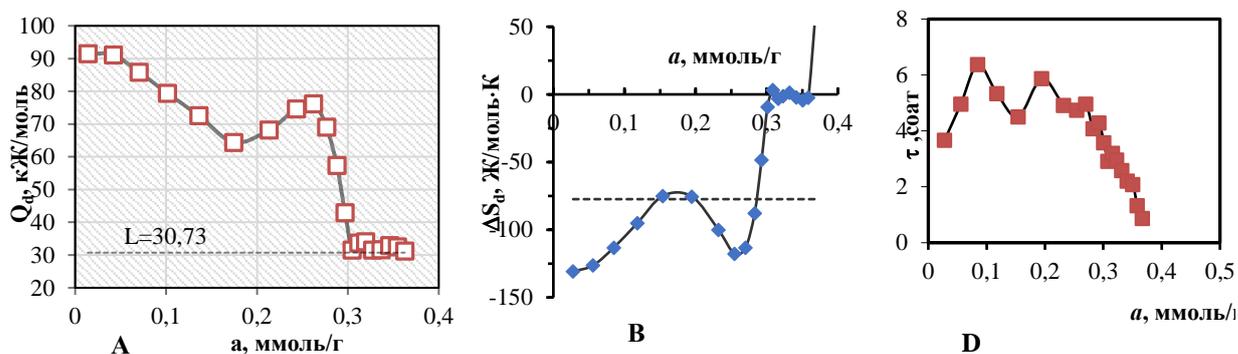


Рис 9. А) Зависимость дифференциальной теплоты адсорбции паров н-гексана на CH_3-SiO_2-NB от количества адсорбированного вещества. Теплота конденсации н-гексана при 303 К пунктирной линией, В) зависимость от количества адсорбированного вещества. Пунктирная линия — средняя молярная интегральная энтропия. Д) время достижения адсорбционного равновесия в зависимости от количества адсорбции

Дальнейшие взаимодействия носят слабый характер и объясняются попеременными процессами адсорбции-десорбции. Поэтому величина дифференциальной теплоты адсорбции фиксирует два слабых локальных максимума в диапазоне 0,30-0,36.

Дифференциальную молярную энтропию (ΔS_d) адсорбции паров кремнезема н-гексана рассчитывали по уравнению Гиббса-Гельмгольца с использованием дифференциальных теплот адсорбции и точных значений изотермы адсорбции. Из кривой изменения энтропии, представленной на рисунке 9.В, видно, что при адсорбции н-гексана значение средней молярной интегральной энтропии уменьшилось с -137,0 Дж/моль до средней молярной интегральной энтропии -78,1 Дж/моль. К, после того как величина адсорбции достигла 0,175 ммоль/г, среднемоллярная интегральная энтропия увеличилась до -113,0 Дж/моль К. Затем, когда величина адсорбции возрастает до 0,28 ммоль/г, ΔS_d также возрастает волнообразно.

Также при калориметрических исследованиях наблюдалось увеличение времени установления адсорбционного равновесия с 3,8 часов до 6,9 часов (рис. 9.Д). Следующее равновесие установилось через 5 часов.

В пятой главе диссертации **“Физико-химические свойства амфифильного кремнезема, полисахаридов и их композитов”** проведена оценка гидрофильно-гидрофобности кремнезема по углу смачивания водой. Гидрофильно-гидрофобность синтезированного кремнезема оценивали путем измерения угла воздействия/контакта, который он образует с каплей воды.

При $pH=3,23$ значение θ_2 равно 84 °, а при повышении $pH=10,01$ оно достигает 126 °. Видно, что значение pH раствора оказывает большое влияние на гидрофобность поверхности крамензема.

Следует отметить, что капли воды, образующиеся на керамике без покрытия МТМС, были очень широкими и растекались по поверхности керамики, угол контакта воды на керамической поверхности составлял 37 °,

после добавления МТМС капли воды проявляли большую сферичность и гидрофобность поверхности.

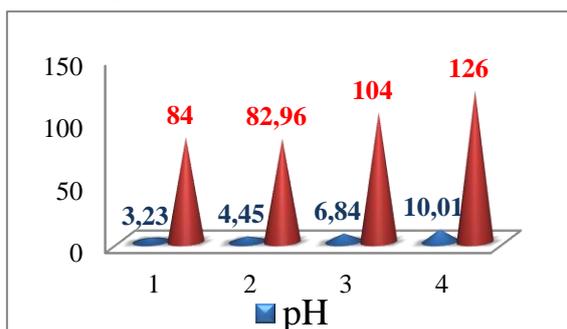


Рис 10. Зависимость угла экспозиции/смачивания (θ_2), образуемого кремнеземом с каплями воды, от значения pH раствора

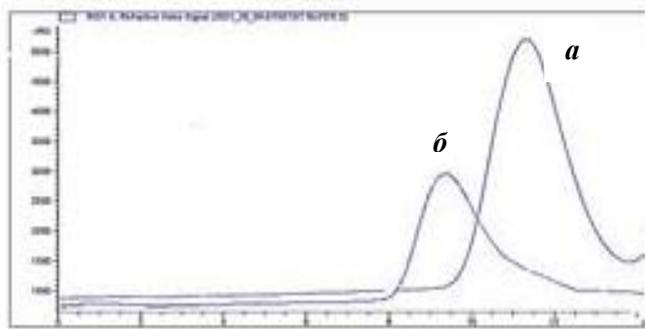


Рис 11. Гель-хроматограмма СЭАЦ (а) и Na-КМЦ.

Из данных, представленных на рисунке 10, видно, что гидрофильность кремнезема, полученного после процесса гидролиза, снизилась, что объясняется доминированием групп $-\text{CH}_3$ над группами $-\text{OH}$. В этом случае система запускает процесс конденсации или находится в состоянии разветвления.

С увеличением разветвленности поверхность кремнезема становится более шероховатой, что, в свою очередь, приводит к увеличению его гидрофобности. Другими словами, чем ниже гладкость поверхности и выше ее шероховатость, тем выше гидрофобность поверхности материала. В результате неровностей поверхности угол смачивания водой увеличивается, за счет чего поверхность приподнимается и создает преграду для воды.

Полученные амфифильные материалы прошли испытания в лаборатории Узбекско-Швейцарского совместного предприятия “GISSARNEFTGAZ” в качестве сорбентов, предотвращающих загрязнение водных ресурсов в процессах добычи, переработки и хранения нефти и газа, транспортировки нефтегазовых продуктов, а также по мере их распространения в окружающую среду на заправках. В ходе испытаний набухание сорбентов оценивали гравиметрически.

Молекулярную массу СЭАЦ и Na-КМЦ определяли методом гель-хроматографии высокого разрешения. Результаты гель-хроматографических измерений представлены на рис.11. Анализ результатов измерений показал, что молекулярная масса СЭАЦ и Na-КМЦ составляет 100 000 и 80 000 соответственно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Кремнезем амфифильной природы синтезирован реакцией гидролиза и конденсации метилтриметоксисилана золь-гель методом. На основании значений угла смачивания водой показано, что с увеличением значения pH раствора в процессе гидролиза гидрофильность образующейся кремнеземной матрицы снижается, а гидрофобность увеличивается. Наибольший угол смачивания ($\theta_2=126^\circ$) наблюдается при pH = 10,01.

2. С использованием современных физико-химических методов изучены структурные и морфологические свойства синтезированного амфифильного кремнезема и его полисахаридных композитов. По данным СЭМ-исследований, морфология поверхности гидрофильного кремнезема представляет собой практически однородную пористую текстуру, тогда как гидрофобный образец имеет структуру, состоящую из комбинации сферических компонентов с вкраплениями пористых аморфных агрегатов.

3. Полученный амфифильный кремнезем и его полисахаридные композиты являются термостабильными материалами в широком диапазоне температур и проявляют высокую сорбционную активность по отношению к гидрофильным и гидрофобным парам растворителей. Таким образом, гидрофильный и гидрофобный кремнезем имеют площадь поверхности 65,74 и 134,78 м²/г для паров бензола и 66,97 и 14,58 м²/г для паров воды соответственно. По данным адсорбции жидкого азота значение удельной поверхности составляет 368,08 м²/г.

4. С помощью теории объемного насыщения микропор и прецизионных калориметрических измерений изучена адсорбция n-гексана на гидрофобном кремнеземе. Показано, что значения n , a_0 и E в уравнении Дубини-Астахова составляют 0,297 ммоль/г и 16,6 кДж/моль соответственно. Дифференциальная тепловая кривая процесса адсорбции имеет ступенчатый вид, наблюдаются несколько сильных и локальных слабых максимумов.

5. Исследование абсорбционных свойств амфифильного кремнезема и его полисахаридных композитов как эффективных сорбентов органических растворителей в процессах добычи, переработки и хранения нефти и газа, транспортировки нефтегазовых продуктов, а также загрязнения водных ресурсов в результате этого. их рассеивания в окружающую среду на автозаправочных станциях показана возможность использования в качестве профилактических сорбентов.

6. Методами гель-хроматографии и вискозиметрии исследованы молекулярно-массовые параметры использованных в работе полисахаридов ВРАЦ и Na-КМЦ. Значения молекулярной массы, определенные вискозиметрическим методом, составляют 36315 Да и 668726 Да соответственно. Водные растворы ВРАЦ проявляют типичные полимерные свойства, а NaКМЦ — полиэлектролитные свойства.

7. Амфифильный кремнезем и их композиты в качестве гидрофобного материала и сорбента включены в «Перечень перспективных разработок для реализации в 2025-2026 годах» Узбекско-Швейцарского совместного предприятия «GISSARNEFTGAZ».

**ONE-TIME SCIENTIFIC COUNCIL FOR AWARDING OF SCIENTIFIC
DEGREE ON THE BASIS OF THE SCIENTIFIC COUNCIL
DSc.03/29.08.2023.K/T.66.02 AT THE NAMANGAN INSTITUTE OF
ENGINEERING AND TECHNOLOGY**

**NAMANGAN INSTITUTE OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY
INSTITUTE NATIONAL UNIVERSITY OF UZBEKISTAN**

SOTIBOLDIEV BEKZOD SULAYMON UGLI

**COLLOIDAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF AMPHIPHILIC
SILICA AND ITS POLYSACCHARIDE COMPOSITES**

**02.00.11-Colloid and membrane chemistry
02.00.06 - Higher molecular compounds**

DOCTOR OF PHILOSOPHY IN TECHNICAL (PhD) DISSERTATION ABSTRACT

Namangan – 2024

The dissertation subject of Doctor of Philosophy (PhD) is registered at Supreme Attestation Commission of the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan in numer B2024.1.PhD/K677

Dissertation was carried out at Namangan engineering and technology institute and National University of Uzbekistan

The abstract of dissertation in three languages (uzbek, russian, english (resume)) is available online (www.nammti.uz) Scientific Council and on the website "ZiyoNet" information-educational portal (www.ziynet.uz).

Research supervisors:

Boymirzaeyev Azamat

Doctor of chemical Sciences, professor

Kattayev Nuritdin

Doctor of chemical Sciences, professor

Official opponents:

Qodirxonov Murodxon

Doctor of chemical Sciences, associate professor

Baxronov Hayot

Doctor of chemical Sciences, associate professor

Leading organization:

Namangan State University

The defense of the dissertation will take place on «4» january 2025 at 11⁰⁰ at the meeting of Scientific council DSc.03/29.08.2023.K/T.66.02 at the Namangan institute of engineering and technology and Research Center at the following address: 7, Kosonsoy Street, Namangan District, 160115, Namangan, Phone: (+99 869) 228-76-75, fax: (+99 869) 228-76-71, e-mail: niei_info@edu.uz

The dissertation is available at the Information Resource Centre of the Namangan institute of engineering and technology (registered under number № 341). (160115 Namangan district, Namangan sity Kosonsoy st. 7. Phone: (+99869) 228-76-75, fax: (+99869) 228-76-71). e-mail: niei_info@edu.uz

Abstract of the dissertation sent out on «21» december 2024 year.
(mailing report № 341 on «21» december 2024 year.)

O.K.Ergashev

Chairman of the one-time scientific council awarding scientific degree, Doctor of chemical sciences, prof.

D.Sh. Sherkuziev

Scientific secretary of the one-time scientific council awarding scientific degree, Doctor of technical sciences, prof.

J.M.Kadir Khanov

Chairman of the one-time scientific seminar at the scientific council for the award of a scientific degree, Doctor of technical sciences, prof.

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The purpose of the research is to determine the structural and physico-chemical properties of amphiphilic silica and its polysaccharide composites.

The objects of research are methyltrimethoxysilane (MTMS), water-soluble acetylcellulose (SEAS), sodium carboxymethylcellulose (NaCMS), MTMS composites with SEAS and NaCMS.

The scientific novelty of the research is as follows:

silica with a given hydrophilic-hydrophobic nature was synthesized by using a methyltrimethoxysilane precursor containing a hydrophobic methyl group in the sol-gel process and by controlling the conditions of the polycondensation process (reaction duration, pH of the medium and process temperature);

amphiphilic hybrid composites of silica with polysaccharides were obtained by controlling the sol-gel polymerization process of methyltrimethoxysilane in the presence of some cellulose derivatives;

based on low-temperature nitrogen adsorption on hydrophilic-hydrophobic silica, its structural and morphological properties were justified in detail using the methods of multipoint BET (MBET) and density functional theory (DFT);

based on the adsorption of water and benzene vapors on amphiphilic hybrid polysaccharide silica composites, the nature of the polymer-solvent interaction was determined within the framework of the Flory-Huggins theory and the tendency of sorbate molecules to clustering within the framework of the Zimm-Landberg statistical theory;

using precision adsorption-calorimetric studies, the mechanism of n-hexane sorption in "hydrophobic" silica, the thermokinetics of adsorption, the time of establishing adsorption equilibrium and complete thermodynamic characteristics were determined;

based on the indicators of wettability with water, the hydrophilic-hydrophobic nature of amphiphilic silica was estimated, and the possibility of changing the pH of the medium during the sol-gel process to control the polarity of silica was proven.

Implementation of the research results. Based on the preparation and study of the properties of amphiphilic silica and its composites with SEAS and NaCMS:

The technology for producing hydrophilic-hydrophobic polymer-silica composite materials using the sol-gel method is included in the "List of promising developments for implementation in 2025-2026" of the Uzbek-Swiss joint venture "GISSARNEFTGAZ" ("GISSARNEFTGAZ" Uzbekistan-Swiss SP 26 No. 325-01/06 of June; Reference No. 326-01/06 of June 26, 2024). As a result, the hydrophilic-hydrophobic nature of polymer-silica composite materials allows them to be used as sorbents of organic solvents;

A new type of polymer-silica composite material was used as a sorbent in the process of oil and gas production at the "GISSARNEFTGAZ" joint venture of the Uzbek-Swiss Enterprise (Appeals No. 325-01/06 dated June 26, 2023; No. 326-01/06 dated June 26, 2024 of the Uzbek-Swiss Joint Venture "GISSARNEFTGAZ"). As a result, it allowed them to be used as sorbents to prevent

pollution of water resources during transportation of oil and gas products, as well as at gas stations.

The structure and scope of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, five chapters, a conclusion, a list of references and appendices. The volume of the dissertation is 121 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; part I)

1. Сотиболдиев Б.С., Шомуродов Д.Қ., Каттаев Н.Т., Боймирзаев А.С., Акбаров Х.И. Гидрофиль-гидрофоб кремнезем синтези ва ғоваклик хусусиятлари тадқиқи // Композицион материаллар илмий-технавий ва амалий журнали, 2022. № 4, 29-32 б. (02.00.00. №4)

2. Sotiboldiyev B.S., Shomurodov D.Q., Kattayev N.T., Boymirzayev A.S., Akbarov X.I. Synthesis of methyltrimethoxysilane-based hydrophobic silica // Scientific and Technical Journal of Namangan Institute of Engineering and Technology, 2022 - n.7. № 4 pp.126-130. (05.00.00. №33)

3. Сотиболдиев Б., Муяссарова Р., Кораев С., Бабамуратов Б., Рахмонов Ж., Акбаров Х., Сагдуллаев Б., Каттаев Н. Низкотемпературная адсорбция азота на амфифильном кремнеземе // Ўзбекистон Миллий университети хабарлари. 2023. С. 521-524. (02.00.00. №12)

4. Сотиболдиев Б.С., Гулямов Б.Б., Рахмонов Ж.А., Каттаев Н.Т., Боймирзаев А.С., Акбаров Х.И. (2023). Синтез и характеристика гидрофобного кремнезема. *Universum: химия и биология*, (10-1 (112)), 63-66. (02.00.00. №2)

II бўлим (II часть; II part)

5. Боймирзаев А.С., Сотиболдиев Б.С. Эксклюзионная хроматография перспективных полимеров для биомедицины // Специальный выпуск материалы Международной конференции SOL-GEL 2020. Научный вестник СамГУ. 2021. С.156.

6. Боймирзаев А.С., Сотиболдиев Б.С. Элюционные свойства анионных полимеров в эксклюзионной хроматографии // Акбаров Х.А. таваллудининг 70 йиллиги хамда илмий фаолиятининг 45 йиллигига бағишланган “Кимёнинг долзарб муаммолари” мавзусидаги Республика илмий-амалий анжумани. 2021 4-5 февраль. 238 б.

7. Боймирзаев А.С., Собиржанова С.Т., Сотиболдиев Б.С. Гидрофил полимерлар эксклюзив хроматографиясида янги полимер сорбентларни ишлатиш хусусиятлари // Кимё, нефт-газни қайта ишлаш хамда озиқ-овқат саноатлари инновацион технологияларнинг долзарб муаммолари. Халқаро илмий-технавий конференция тезислари тўплами. Тошкент. 2021 йил 25-26 май. 19 б.

8. Боймирзаев А.С., Сотиболдиев Б.С., Абдуллаев О.О. Гель-хроматография усули ёрдамида хитозаннинг молекуляр-масавий хоссаларини тадқиқ қилиш // Махсумов Абдухамид Ғофурович таваллудининг 85 йиллиги хамда меҳнат ва илмий фаолиятининг 65 йиллигига бағишланган “Кимё-технология фанларининг долзарб муаммолари” мавзусидаги Халқаро олимлар иштирокидаги Республика илмий-амалий анжумани. 2021 й. 10-11 март, 363-364 б.

9. Акбаров Х.И., Сотиболдиев Б.С., Каттаев Н.Т., Рахманбердиев Г. Молекулярные характеристики и конформация макромолекул ацетатов целлюлозы различных степеней замещения // “Қорақалпоғистон Республикасида кимё ва кимёвий технология соҳалари ривожининг долзарб масалалари” мавзусидаги илмий-амалий конференция материаллари тўплами. 2021 й. 24 март. 71 б.

10. Сотиболдиев Б.С., Шомуродов Д.Қ., Каттаев Н.Т., Боймирзаев А.С., Акбаров Х.И. Гидрофоб кремнеземда сув ва бензол буғларининг изотермик адсорбцияси // “Кимё фанини ўқитишнинг истиқболлари: кеча, бугун, эртага” мавзусидаги Республика илмий-амалий конференцияси материаллар тўплами. Жиззах. 2022 й. 22 ноябрь. 141-143 б.

11. Сотиболдиев Б.С., Шомуродов Д.Қ., Каттаев Н.Т., Боймирзаев А.С., Акбаров Х.И. Гидрофоб кремнезем синтези // “Кимё технология, кимё ва озиқ-овқат саноатидаги муаммолар ҳамда уларни бартараф этиш йўллари” мавзусидаги халқаро илмий-амалий анжуман материаллари тўплами. Наманган, НамМТИ. 2022. 273-275 б.

12. Сотиболдиев Б.С., Каттаев Н.Т., Боймирзаев А.С., Акбаров Х.И. Целлюлоза ҳосилаларининг гидродинамик хоссалари. “O‘zbekiston Milliy universiteti talabalar va ilmiy tadqiqotchilarining ilmiy konferensiyasi” mavzusidagi ilmiy-amaliy anjuman materiallari. I qism Toshkent. 2022. 164-165 b.

13. Muyassarova R.I., Sotiboldiyev B.S., Qorayev S.E., Kattayev N.T., Akbarov X.I. Metiltrimetoksisilan asosida olingan gidrofil tabiatli kremnezemning sorbsion xususiyatlari // O‘zbekiston Milliy universitetining 105 yilligiga bag‘ishlangan “Analitik kimyoning dolzarb muammolari” mavzusidagi xalqaro professor-o‘qituvchilar va yosh olimlar ishtirokidagi respublika ilmiy-amaliy anjumani materiallari to‘plami. Toshkent. 2023. 241-242 b.

14. Сотиболдиев Б.С., Шомуродов Д.Қ., Каттаев Н.Т., Боймирзаев А.С., Акбаров. Гидрофоб кремнеземнинг термик барқарорлиги // “Фундаментальные и практические аспекты функциональных полимеров материалы”. Международной научно-практической конференции. Тошкент. 2023. С. 666-667.

15. Акбаров Х.И., Боймирзаев А.С., Сотиболдиев Б.С., Бабамуратов Б.Э., Каттаев Н.Т. Амфифиль кремнеземда сув буғлари адсорбцияси жараёнида “полимер – эритувчи” таъсирлари // “Fizikaviy va kolloid kimyo fanlarining fundamental va amaliy muammolari hamda ularning innovatsion yechimlari” mavzusida xalqaro ilmiy-amaliy anjuman materiallari to‘plami” Namangan. 2024. 588-591 b.

Автореферат “Наманган муҳандислик-технология институти Илмий-техник журнали”
таҳририятида таҳрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус,инглиз тиллардаги матинлари мослиги
текширилди (21.12.2024 й.)

