

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.02.30.12.2019.К/Т.35.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

САМАРҚАНД ДАВЛАТ ТИББИЁТ УНИВЕРСИТЕТИ

МАМАДОЛИЕВ ИКРОМЖОН ИЛХОМИДИНОВИЧ

**НАВБАҲОР БЕНТОНИТИДАН ОЛИНГАН ЮҚОРИ
СЕЛЕКТИВЛИ АДСОРБЕНТЛАРНИНГ АДСОРБЦИОН ТАДҚИҚИ**

02.00.11 – Коллоид ва мембрана кимёси

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

Тошкент-2023

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси
Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)
Contents of the dissertation abstract of doctor of filosofy (PhD)

Мамадолиев Икромжон Илхомидинович

Навбахор бентонитидан олинган юқори селективли адсорбентларнинг
адсорбцион тадқиқи 3

Мамадолиев Икромжон Илхомидинович

Адсорбционное исследование высокоселективных адсорбентов, полученных
из Навбахорского бентонита 21

Mamadoliev Ikromjon Ilkhomidinovich

Adsorbtion studies of highly selective adsorbents from Navbahar bentonite 39

Эълон қилинган илмий ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works 43

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc 02/30.12.2019.К/Т.35.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

САМАРҚАНД ДАВЛАТ ТИББИЁТ УНИВЕРСИТЕТИ

МАМАДОЛИЕВ ИКРОМЖОН ИЛХОМИДИНОВИЧ

**НАВБАҲОР БЕНТОНИТИДАН ОЛИНГАН ЮҚОРИ
СЕЛЕКТИВЛИ АДСОРБЕНТЛАРНИНГ АДСОРБЦИОН ТАДҚИҚИ**

02.00.11 – Коллоид ва мембрана кимёси

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

Тошкент-2023

Кимё фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Олий таълим фан ва инновацион вазирлиги ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2022.3.PhD/К470 рақам билан рўйхатга олинган

Диссертация Самарқанд давлат тиббиёт университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида www.ionx.uz ва «Ziyonet» ахборот таълим тармоғига (www.zionet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Файзуллаев Нормурот Ибодуллаевич
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Абдикамалова Азиза Бахтияровна
кимё фанлари доктори, катта илмий ходим

Исмаилов Ровшан Исраилович
кимё фанлари доктори, профессор

Етакчи ташкилот:

Наманган муҳандислик-технология институти

Диссертация ҳимояси Умумий ва ноорганик кимё институти ҳузуридаги илмий даражалар берувчи 02/30.12.2019.К/Т.35.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2024 йил «11» январь соат 10⁰⁰ да ўтадиган мажлисида бўлади (Манзил: 100170, Тошкент ш., Мирзо Улуғбек кўчаси 77-а Тел.: (+99871) 262-56-60, факс: (+99871) 262-76-90, e-mail: ionx@academy.uz).

Диссертация билан Умумий ва ноорганик кимё институти Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (8- рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100170, Тошкент ш., Мирзо Улуғбек кўчаси 77-а Тел.: (+99871) 262-56-60, факс: (+99871) 262-76-90.

Диссертация автореферати 2023 йил «29» декабрь куни таркатилди.
(2023 йил «29» декабрдаги № 8 реестр баённомаси).



Б.С.Закиров

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

Д.С.Салиханова

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

И.Д.Эшметов

Илмий даража берувчи илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси, т.ф.д., проф.

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертация аннотацияси)

Диссертация мавзусини долзарблиги ва зарурияти. Бутун дунёда юқори ғовакли тузилишга эга бўлган модификацияланган монтмориллонитлар самарали адсорбент, турли полимер моддаларнинг тўлдирувчилари, катализатор ва дори воситаларини ташувчилари сифатида маълум. Айниқса, модификацияланган монтмориллонит сақлаган гиллар оқава сувларни комплекс тозалашда нисбатан арзон ва самарали адсорбент ҳисобланади. Шу сабабли, оқава сувларни комплекс тозалаш учун бентонитни модификациялаш соҳасидаги илмий изланишлар муҳим аҳамиятга эга.

Ҳозирги кунда дунёда монтмориллонит гиллари ва кимёвий модификаторлар асосида янги юқори ғовакли материалларни яратиш бўйича тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Бу борада монтмориллонит гиллари ва бошқа смектитларни модификациялаш шароитларини оптималлаштириш, текстур хусусиятлари ва ғовакли структурасини яхшилаш, иссиқлик, механик ва кимёвий барқарорлигини, суюқ органик ва сувли муҳитларни адсорбцион тозалаш жараёнида сорбцион ва бошқа хусусиятларини оширишга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Республикамизда смектит гуруҳи минераллари асосида функционал материаллар – самарали адсорбентлар ва катализаторлар ишлаб чиқариш технологиясини модернизация қилиш бўйича салмоқли натижаларга эришилди. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантиришга қаратилган Янги Ўзбекистонни ривожлантириш стратегиясининг учинчи йўналишида “Миллий иқтисодиёт барқарорлигини таъминлаш ва ялпи ички маҳсулотда sanoat улушини оширишга қаратилган sanoat сиёсатини давом эттириб, sanoat маҳсулотларини ишлаб чиқариш ҳажмини 1,4 бараварга ошириш”¹ йўналишидаги вазифалар белгилаб берилган. Шу нуқтаи назардан маҳаллий ресурслар, хусусан, кенг тарқалган Навбаҳор бентонит гили асосидаги юқори самарали адсорбентларни яратишга қаратилган илмий изланишлар катта аҳамиятга эга. Ушбу тадқиқотлар замонавий sanoat ва экология талабларини қондиришга, шунингдек, ушбу адсорбентларнинг таркиби, тузилиши ва ишлаб чиқариш шароитларининг хусусиятлари ўртасидаги боғлиқликни ўрганишга қаратилган.

Ушбу диссертация тадқиқоти Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28-январдаги ПФ-60-сон «2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида»ги Фармони ҳамда 2019 йил 3-апрелдаги ПҚ-4265-сон «Кимё sanoatини янада ислоҳ қилиш ва унинг инвестициявий жозибадорлигини ошириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2020 йил 28-декабрдаги ПҚ-4937-сон «Ўзбекистон Республикасининг 2021-2023 йилларга мўлжалланган инвестиция дастурини амалга ошириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2021 йил 13-февралдаги ПҚ-4992-сон «Кимё sanoати корхоналарини янада ислоҳ қилиш ва молиявий соғломлаштириш, юқори қўшимча қийматга эга бўлган кимё маҳсулотлари

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

ишлаб чиқаришни ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги шунингдек, мазкур фаолиятга тегишли меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни бажаришга муайян даражада хизмат қилади.

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

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Дунёда қатламли материалларнинг текстур хусусиятларини модификациялаш орқали яхшилаш, хусусан, адсорбентлар олиш бўйича Ajemba R.O., Onukwuli O.D., Zafar Z.I., Livingston W.R., Tomul F., Rogers D.A., Chen Q., Chapman R.J., Reynolds R., Hussain S.A., Конькова Т.В., Бабенков Е.Д., Бутман М.Ф., Проскуряков А.А., Третинник Л.А., Кульский Ю.Ю., Кормош Е. ва бошқа олимлар илмий изланишлар олиб боришган.

Мамлакатимизда К.С.Ахмедов томонидан модификацияланган қатламли тизимлар асосида самарали адсорбентлар олиш бўйича илмий мактаб яратилган бўлиб, ушбу соҳа ривожига олимлардан Хамраев С.С., Агзамхожаев А.А., Нарметова Г.Р., Муминов С.З., Ахмедов У.К., Абдурахимов С.А., Акбаров Х.И., Эшметов И.Д., Салиханова Д.С. ва бошқалар катта ҳисса қўшган.

Мазкур олимлар томонидан табиий ресурсларни ўрганиш, уларни модификациялаш усуллари, олинган материалларнинг коллоид кимёвий хоссалари, текстур хусусиятлари ва синтез усули, барқарорлиги ўртасидаги боғлиқликни аниқлаш, органик ва ноорганик табиатдаги адсорбатларга нисбатан сорбцион хусусиятларини ўрганиш бўйича илмий-тадқиқот ишлари олиб борилган. Шу билан бирга, адсорбцион ва каталитик хусусиятларини сақлаб қолган ҳолда, модификацияланган материаллар тизимининг барқарорлигини ошириш масалалари ҳам мавжуд.

Тадқиқотнинг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасининг илмий-тадқиқот режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқотлари Самарқанд давлат университети илмий тадқиқот ишлари режасига мувофиқ №ОТ-А12-46 “Маҳаллий хомашёлар асосида метанни оксиконденсатлаш реакцияси учун катализаторлар яратиш, тадқиқ этиш ва жараёни мақбуллаштириш” (2017-2018 йй.) мавзусидаги лойиҳа доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади юқори селектив адсорбентларни яратиш учун турли катионларни ўз ичига олган эритмалар ёрдамида бентонит гилини модификациялашдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

ишқорий ва ишқорий ер табиатли дастлабки бентонит гилларининг таркиби ва тузилишини тадқиқ қилиш, уларнинг текстур хусусиятлари ҳамда органик ва ноорганик адсорбатларга нисбатан адсорбцион фаоллигини аниқлаш;

ишқорий ва ишқорий ер бентонитини бойитиш ва плёнка ҳосил қилувчи ионлар (Ca+Zn+Mn ва Fe+Mg+Mn) аралашмалари билан модификациялаш

жараёнларида ҳосил бўлган бентонитларнинг тузилиши ва таркибига таъсирини ўрганиш;

бентонитни бойитиш ва модификациялашнинг унинг текстур хусусиятларига таъсирини аниқлаш;

оғир металллар ва фосфат ионларининг адсорбция кинетикасини ўрганиш, сув ва бензол буғлари адсорбцияси асосида ғоваклилик хусусиятларини аниқлаш;

модификацияланган бентонитлар ёрдамида сувли эритмалардан нефт маҳсулотлари ҳамда ёғларни адсорбцион ва каталитик тозалаш жараёнларини ўрганиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида Навбахор конининг ишқорий ва ишқорий ер бентонити ҳамда уларни плёнка ҳосил қилувчи ионларнинг ($\text{Ca}+\text{Zn}+\text{Mn}$ ва $\text{Fe}+\text{Mg}+\text{Mn}$) эритмалари билан модификацияланган шакллари олинган.

Тадқиқотнинг предмети ишқорий ва ишқорий ер бентонитини $\text{Ca}+\text{Zn}+\text{Mn}$ ва $\text{Fe}+\text{Mg}+\text{Mn}$ эритмалари билан модификациялаш усуллари, уларнинг ноорганик ионларга (Cu^{2+} PO_4^{3-}), сувли эритмалардаги нефт маҳсулотларига, шунингдек, газсимон муҳитдаги сув ва бензол молекулаларига нисбатан текстур ва адсорбцион фаоллигини аниқлашдан иборат.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертацияда физик-кимёвий (рентгенофазавий, термогравиметрик, спектрал, микроскопик таҳлиллар) ва коллоид-кимёвий (калориметрик, адсорбцион, паст ҳароратли азот адсорбцияси) усуллардан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

бентонит гилларини тозалаш, бўктириш, кум заррачаларини монтмориллонитдан ажратиш ҳамда 10% H_2SO_4 эритмаси иштирокида модификациялашни ўз ичига олган сувни тежаш имконини берувчи қайта ишлаш усули ишлаб чиқилган;

бойитиш жараёнида минералогик таркибнинг ўзгариши намуналарнинг дисперслигига ҳамда Б1 ва Б2 намуналарида 1 мкм кам бўлган фракцияларнинг мос равишда 1,93 ва 2,80 мартаба ортишига таъсир қилиши аниқланган;

Б1 ва Б2 бентонитларини (Fe^{3+} , Ca^{2+}) тузлар эритмалари билан модификациялашнинг мақбул шароитлари аниқланиб, намуналарнинг нисбий юзасини мос равишда 56,3 ва 42,7 дан 146,1 ва 115,2 m^2/g гача ошириши аниқланган;

бентонит гилларини $\text{Ca}^{2+}+\text{Zn}^{2+}+\text{Mn}^{2+}$ эритмалари билан модификациялаш натижасида сувга нисбатан адсорбцион фаолликнинг ортиши, $\text{Fe}^{3+}+\text{Mg}^{2+}+\text{Mn}^{2+}$ ионлари билан ишланганда эса гидрофоб бензолга нисбатан адсорбцион фаолликнинг ортиши аниқланган;

бентонитни Ca^{2+} тузлари билан модификациялаш нефт маҳсулотлари ва ёғ-мой моддалари бўйича адсорбцион фаоллигининг ортиши, Fe^{3+} ионларини киритиш эса оксидловчилик хоссаларини ортишига олиб келиши аниқланган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

ишқорий ва ишқорий ер бентонитини модификациялаш учун бентонит юзасида плёнка ҳосил қилувчи эритмаларни синтез қилиш усуллари ишлаб чиқилган;

бентонитларни модификациялаш ҳамда бентонит ва гидроксид заррачалари асосида коллоид дисперс тизимларни олиш усуллари яратилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги замонавий физик-кимёвий тадқиқотларнинг қўлланилиши ва “Муборак газни қайта ишлаш заводи” МЧЖ ҳамда Қорақалпоғистон Республикаси Экология ва атроф-муҳитни муҳофаза қилиш қўмитасида тажриба саноат синовлари билан асосланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти методологияни такомиллаштириш, бентонит гилларини бойитиш ва модификациялаш, адсорбент-адсорбат ўзаро таъсирининг механизми ва қонуниятларини жорий этиш билан асосланиб, бу янги модификацияланган материалларни яратиш учун асос бўлади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти турли саноат мақсадларида маҳаллий хомашё асосида импорт ўрнини босувчи адсорбентларни ишлаб чиқариш, усуллари такомиллаштириш, кимё ва кимё технология йўналиши бўйича таълим муассасаларида бакалавр ва магистрларни тайёрлашнинг ўқув жараёнига хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий этилиши. Бентонитлар ва (гидр)оксид заррачалари асосида юқори даражада ғовакли материаллар олиш бўйича илмий натижалар асосида:

$\text{Ca}^{2+} + \text{Zn}^{2+} + \text{Mn}^{2+}$ билан модификация қилинган бентонит адсорбентлари ёрдамида газларни қуриштириш усули «Муборак газни қайта ишлаш заводи» МЧЖда амалиётга жорий этилган («Муборак газни қайта ишлаш заводи» МЧЖнинг 2021 йил 17 декабрдаги 644/ФК-08-2021-сон маълумотномаси). Натижада, тозаланган табиий газ намлик даражасининг камлиги билан тавсифланган бўлиб, саноат ишлаб чиқариш талабларига жавоб беради;

ичимлик ва оқова сувларни Cu^{2+} ионларидан адсорбцион тозалаш учун модификацияланган бентонит асосидаги адсорбентлар Қорақалпоғистон Республикаси Экология ва атроф-муҳитни муҳофаза қилиш ва иқлим ўзгариш Вазирлигининг «2024-2025 йилларда амалиётга жорий этиладиган истиқболли ишланмалар рўйхатига» киритилган (Қорақалпоғистон Республикаси Экология ва атроф-муҳитни муҳофаза қилиш ва иқлим ўзгариш Вазирлигининг 2023 йил 10 ноябрдаги 01/18-8-1507-сон маълумотномаси). Натижада, модификацияланган бентонитлардан фойдаланганда Cu^{2+} ионлари концентрациясининг 91-95% гача камайишига эришилган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот ишининг асосий натижалари 2 та халқаро ва 10 та республика илмий-амалий конференцияларида муҳокама қилинган.

Тадқиқот натижаларининг нашр этилганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 22 та илмий ишлар нашр этилган, жумладан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссияси диссертацияларнинг асосий

натижаларини нашр этиш учун тавсия қилган илмий нашрларда 6 та илмий мақола, 2 таси республика ва 4 таси халқаро журналларда нашр қилинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш, 4 та боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловадан ташкил топган. Диссертация ҳажми 103 бетдан иборат.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Диссертациянинг **кириш** қисмида ўтказилган тадқиқотларнинг долзарблиги ва зарурияти асосланган, тадқиқотнинг мақсад ва вазифалари тавсифланган, Ўзбекистон Республикаси фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мувофиқлиги, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиб берилган, саноат тажриба-синовлари, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **“Сувли муҳитни адсорбцион тозалаш учун табиий ва модификацияланган бентонит гиллари”** деб номланган биринчи бобида, бентонитларнинг структуравий хусусиятлари, монтмориллонитларнинг физик-кимёвий хоссалари, гилни модификациялаш усуллари, шунингдек, табиий қатламли силикатларни модификациялаш ва уларни адсорбент сифатида ишлатиш имконияти кенг ёритилган. Қатламли алюмосиликатларнинг тузилиши ва физик-кимёвий хоссаларига оид адабиётларда мавжуд маълумотлар умумлаштирилди, таҳлил қилинди. Бентонитларни бойитиш ва модификациялаш ҳамда улардан адсорбция ва катализ жараёнларида фойдаланиш соҳасидаги тадқиқотларнинг ҳозирги ҳолати кўриб чиқилган.

Адабиётлар таҳлили шуни кўрсатадики, маҳаллий бентонит гиллари газларни қуриштириш, сувли муҳитда турли хил ифлослантирувчи моддалардан тозалаш жараёнлари учун юқори селектив ғовакли адсорбентларни яратиш учун қўлланилиши мумкин. Шундай қилиб, адабиётларни таҳлил қилиш ушбу ишда қўйилган мақсад ва вазифаларни шакллантириш имконини беради.

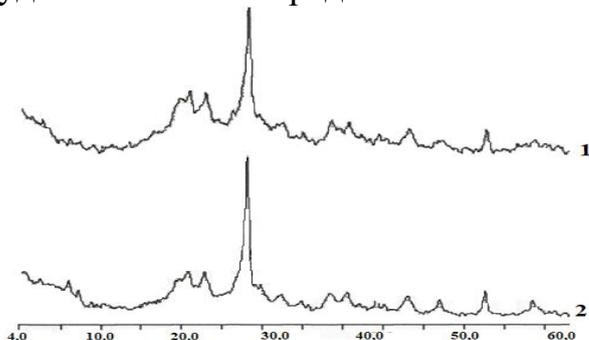
Диссертациянинг **“Адсорбентлар яратиш учун Навбахор бентонитининг таркиби ва структуравий хусусиятларини ўрганиш”** деб номланган иккинчи бобида дастлабки материалларини тадқиқот натижалари келтирилиб, уларни модификациялаш ва тузилишини ўрганиш усуллари ёритилган.

Мақбул сорбентларни аниқлаш мақсадида Навбахор конининг (Навоий вилояти) монтмориллонит сақлаган гиллари тадқиқ қилинди.

Ишқорий (Б1) ва ишқорий ер (Б2) гил намуналари ўхшаш оксидларни ўз ичига қамраб олган бўлиб, бу бентонит гилларининг одатий таркибини акс эттиради. Бироқ, намуналар орасида баъзи оксидларнинг концентрациясида фарқлар мавжуд. Намуналарда асосий компонентлар сифатида SiO_2 ва Al_2O_3 мавжуд бўлиб, бу бентонит гиллари учун хосдир. Иккала намунада турли миқдорларда Fe_2O_3 , FeO , P_2O_5 , SO_3 ва CO_2 мавжуд.

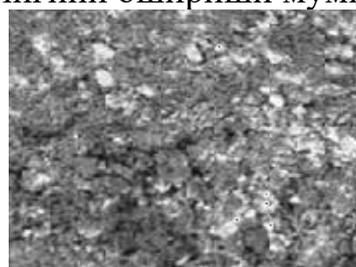
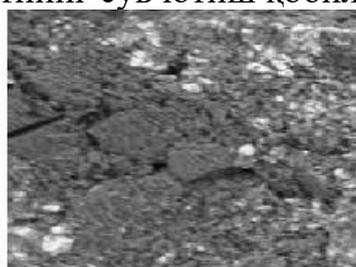
Ўрганилаётган намуналарнинг минералогик таркиби рентген фазавий таҳлиллар асосида аниқланган (1-расм).

Б1 намуна учун монтмориллонит 1,781; 1,413; 0,455; 0,169; 0,166; 0,150 нм даги рефлекслар билан аниқланган. Ушбу намунадаги монтмориллонит 1,23 нм оралиқ масофага эга d_{001} рефлекси билан аниқланган бўлиб, ундаги монтмориллонит қатламларининг характерли тузилишини кўрсатади. Табиий шароитда монтмориллонит қатламлари орасида сув молекулалари мавжуд бўлиши мумкин бўлиб, 1,23 нм масофа сув молекулаларининг структурада мавжудлигини акс эттиради.



1-расм. Бентонит намуналарининг дифрактограммалари:
1) Б1; 2) Б2.

$d_{001}=1,47$ рефлекс шуни кўрсатадики, Б2 намунасидаги монтмориллонит асосан кальцийли ва магнийли шаклларда ифодаланади. $d_{020}=0,446$ нм рефлекснинг мавжудлиги монтмориллонитнинг диоктаэдрал тузилишини тавсифлайди, бу эса кремнийнинг тетраэдрик қатлами билан ажратилган алюминий ёки магнийнинг икки октаэдрик қатламларидан ташкил топган қатламли тузилишини тасдиқлайди. Ушбу тузилиш монтмориллонитларга хос, бироқ $d_{001}=1,47$ нм рефлекс минерал қатламлари орасида қўшимча сув молекулалари ёки бошқа моддалар бўлиши мумкинлигини кўрсатади, бу эса қатламлараро катионлар сифатида кальций ва магний борлигидан далолат беради. Шунга кўра, бу натрий монтмориллонитларга нисбатан ушбу бентонитнинг сув ютиш қобилияти ва пластиклигини ошириши мумкин.



2-расм. Б1 намунанинг микротасвири. 3-расм. Б2 намунанинг микротасвири.

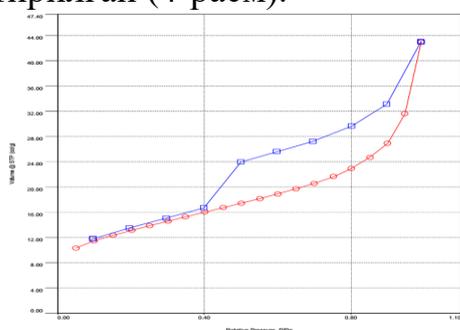
Б1 намунасининг микротасвирларида монтмориллонит асосан микро ва ультрамикрoагрегатлар кўринишида тасвирланган. Маълум жойларда бири-бирдан турлича масофада ва четки соҳаларда жойлашган найзасимон йирик заррачалар аниқланган. Б2 намунасида эса монтмориллонит кристалларининг характерли таксимоти ўзгача тус олган бўлиб, унинг бошқа минераллар билан ёндош жойлашганини кўрсатади. Бундай агрегатлар одатда 20 дан 80 мкм гача бўлиб, турли хил зичликда қуритилган барглр шаклига қиёсдир. Монтмориллонит кристалларининг ўзига хос морфологик кўрсаткичлари рентген нурлари диффракцияси ва термик таҳлиллар натижаларига мосдир (2- ва 3-расм). Б1 ва Б2 намуналарининг энергодисперсион таҳлил натижаларига кўра элементларнинг камайиши қуйидаги кетма-кетликда жойлашган: O, Si, Al, Na, Ca ва бошқалар, уларнинг концентрацияси эса гил

намунасининг турига қараб ўзгаради. Асосий сорбцион фаол минерал ҳисобланган монтмориллонит Б1 намунада учун 54-56 % ни ва Б2 учун тахминан 54-57 % ташкил қилади.

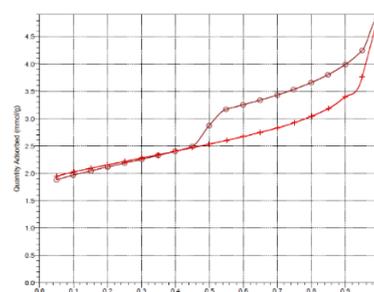
Таркибнинг гранулометриқ таҳлили чўкиндини доимий тортиш усули ёрдамида амалга оширилди. Катта заррачалар улуши (≥ 100 мкм) Б2 гил намунасида Б1 га нисбатан юқори (биринчи усулда мос равишда, 19,5% га нисбатан 15,1%, иккинчи усулда 31,2% га нисбатан 39,3%). Бироқ, ҳар иккала усулга кўра, Б2 намунадаги йирик заррачаларнинг улуши Б1 намунага нисбатан юқори.

Б1 гили (80,6 мгэкв/100 г) Б2 гилига (65,5 мгэкв/100 г) нисбатан солиштирилганда катта катион алмашилиш сиғимига. Бу Б1 гилининг таркибида катион алмашинадиган хусусиятларга эга бўлган кўпроқ қатламли минераллар мавжудлигидан далолат беради.

Азот адсорбцияси асосида умумий ғоваклик, ғоваклар ҳажми ва тақсимоти каби параметрлар аниқланган бўлиб, бу уларнинг адсорбцион фаоллигини баҳолаш имконини беради. Қуйида олинган изотермлар келтирилган (4-расм).



А)



В)

4-расм. Азотнинг адсорбция изотермлари: А) Б1; В) Б2

Олинган изотермлар тегишли адсорбцион тенгламалар билан тавсифланган, олинган маълумотлар 1-жадвалда келтирилган.

1-жадвал.

Бентонитларнинг текстур хусусиятлари

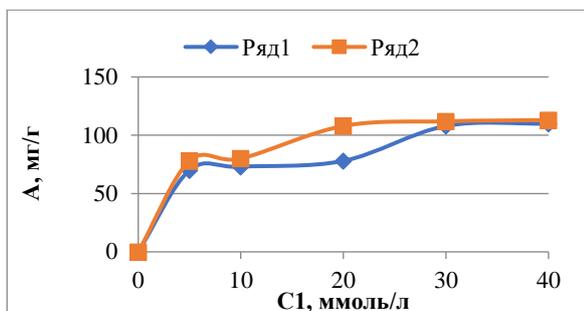
Намуна	S^1 , м ² /г	S^2 , м ² /г	V_a , см ³ /г	V_b , см ³ /г	R , Å	D^{**} , Å	D^{***} , Å
Б1	56,3	65,4	0,089	0,101	41,48	16,36	6,51
Б2	42,7	62,5	0,071	0,082	45,65	18,44	8,43

¹ – БЕТ бўйича нисбий юза; ² – Ленгмюр бўйича нисбий юза; ** - ғовакнинг ўртача кенглиги; *** - микроғовак ўртача ҳажми; R – ғовакнинг ўртача ўлчами.

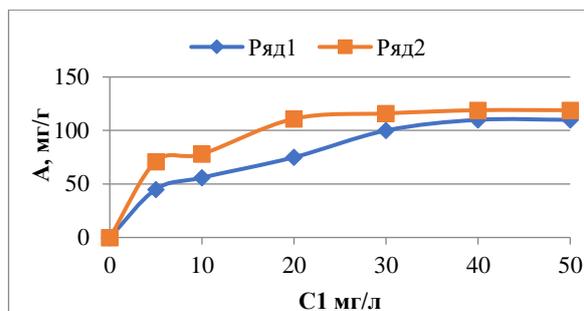
Б1 намунаси юқори солиштира сирт юза ва кичикроқ ғовакларга эга бўлиб, бу уни адсорбция ва катализ каби маълум жараёнларда фойдаланиш учун самарали бўлиши мумкин. Бошқа жиҳатдан, Б2 намунаси катта ғовакларга эгаллиги боис эхтимол юқори ўтувчанлик талаб қилинадиган бошқа вазифаларда афзалроқ бўлиши мумкин.

Табиий гиллардан фойдаланганда оғир металл ионларини адсорбциялаш жараёнида монтмориллонитнинг кристалл структурасининг алмашилиш тугунларидан катионлар ажралиб чиқади, бу эса ушбу катионларнинг эритмалардаги металл ионлари билан алмашилишини билдиради.

5- ва 6-расмларда ўрганилаётган бентонитларда мис (II) ва кўрғошиннинг (II) адсорбцияси изотермлари (жараён шароитлари: $t=25\pm 1^\circ\text{C}$, $\text{pH}=7$) келтирилган.



5-расм. Pb²⁺ адсорбцияси изотермлари:
1) Б2; 2) Б1.



6-расм. Cu²⁺ адсорбцияси изотермлари:
1) Б2; 2) Б1.

Адсорбция изотермасидан кўриниб турибдики, Б1 намунаси А (мг/г) адсорбция миқдорининг юқори қийматлари билан тавсифланади ва унинг қиймати 40 мг/л мувозанат концентрациясида Pb²⁺ ва Cu²⁺ бўйича мос равишда 111 ва 120 мг/г ни ташкил этади. Б1 намуна учун адсорбция изотермлари Б2 дан фарқли ўлароқ, яққол зинасимон кўринишни намоёниш этиб, бунда абсциссадаги мувозанат концентрациясининг ортиши билан ионлар концентрациянинг бир хил ўсиши кузатилади.

Диссертациянинг «Бентонит гилларининг структуравий хусусиятларига бойитиш ва модификациялаш жараёнларининг таъсирини таҳлил қилиш» деб номланган учинчи бобида бентонитни бойитиш ва модификациялаш шароитларининг унинг структуравий хусусиятларига таъсирини ўрганишга қаратилган экспериментал тадқиқотлар натижалари келтирилган.

Дастлаб, гил катта аралашмалар ва бошқа кўринадиган ифлослантирувчи моддалардан бирламчи тозаланган ва тўлиқ намсизлантирилиши учун қуритиш печида 105±5°С ҳароратда қуритилган. Сўнг майдаланган гилга дистилланган сувга солинган ва 24 соат давомида бўйиши учун тинч қолдирилаган. Кейин намунага етарли миқдорда сув қўшилган (намуна ҳажмининг 1:5 дан кам эмас) ва 20 дақиқа давомида аралаштирилган. Аралаштиргандан 20 дақиқа ўтгач, монтмориллонитдан қум заррачаларини ажратиш учун суспензиянинг юқори 10 см қатлами декантация қилинган. Бошқа идишда тўпланган юқори қатлам чўктирилган ва тубидаги чўкма қолдириб, суспензиянинг юқори қисми ажратиб олинган. Ҳосил бўлган чўкмага 1:1 ҳажмдаги 10% ли H₂SO₄ эритмаси қўшилган ва 40-50°С да 2 соат аралаштирилган. Шундан сўнг, ҳосил бўлган намуна 2 соат давомида тинч қолдирилиб, сўнгра қаттиқ фаза центрифугалаш орқали ажратиб олинган, бир неча марта ювилган ва намликдан тўлиқ ҳоли бўлгунча 105±5°С ҳароратда қуритилган.

Шундай қилиб, бойитиш натижасида юзага келадиган кимёвий таркибдаги ўзгаришлар бентонит гилларининг адсорбцион хусусиятларини ошириши ва текстур хусусиятларини яхшилаши мумкин, бу эса уларни турли хил тармоқларда қўлланилишини самаралироқ қилиб, текстур хусусиятлари кўрсаткичларининг ўзгариши буни тасдиқлайди (2-жадвал).

2-жадвал.

Бойитилган бентонитларнинг текстур хусусиятлари

Намуна	S _{уд} , м ² /г	R, нм	ΣV, см ³ /г
Б1	77,3	3,61	0,221
Б2	61,2	3,98	0,203

Б1 намунасининг солиштирма сирт юзаси бойитилиш натижасида 56,3 дан 77,3 м²/г гача ортди(ўсиш 21 м²/г ёки тахминан 37%), Б2 учун эса ўсиш 18,5 м²/г ёки тахминан 43% ни ташкил этган. Б1 нинг ўртача ғовак радиуси (R) 41,48 Å (4,148 нм) дан 3,61 нм гача (0,537 нм га қисқариш ёки 13% га камайиш) камайган.

Умумий ғоваклар ҳажмининг ортиши ҳам кузатилган: Б1 учун бу 0,19 дан 0,221 см³/г гача, Б2 намунаси учун эса 0,203 см³/г гача кўтарилган.

Гил ва (гидр)оксид заррачаларини ўз ичига олган коллоид дисперсияларнинг динамикаси мураккаб жараён дир. Муайян шароитларда гил заррачалари ва (гидр)оксидлари маълум бир рН даражасида композит тузилмаларни ҳосил қилиш учун бирлашиши мумкин. Натижада, дисперс композит заррачалар ҳосил бўлиб, бу ерда (гидр)оксидлар гил асосида қоплама ҳосил қилади. Қуйида бентонит намуналарини адсорбцион ва текстур хусусиятларини яхшилаш учун турли тузлар эритмалари билан модификациялаш жараёнларини ўрганиш натижалари келтирилган.

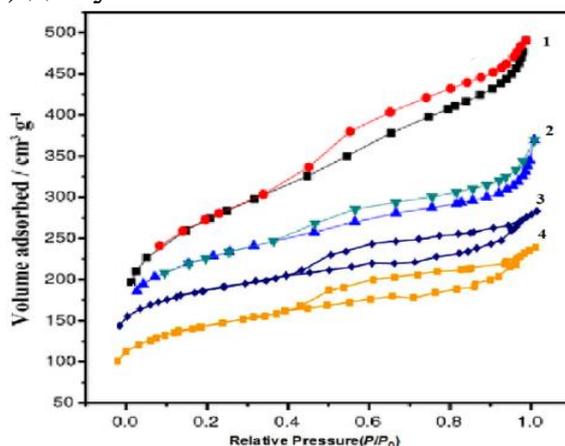
Бунинг учун 20 г бойитилган бентонит суспензияси 400 см³ дистилланган сувда 1,5-2 соат давомида аралаштириб тайёрланган. Сўнгра тузлар аралашмасини ўз ичига олган 100 см³ эритма олинган:

1. 0,541 г FeCl₃*6H₂O, 0,406 г MgCl₂*6H₂O ва 0,198 г MnCl₂*4H₂O;
2. 0,438 г CaCl₂*6H₂O, 0,488 г ZnCl₂*6H₂O ва 0,198 г MnCl₂*4H₂O.

Ушбу тажрибани ўтказиш учун 0,001 г аниқликда ўлчанган тузлар 50 мл дистилланган сувда суюлтирилган ва тўлиқ эригунча яхшилаб аралаштирилган. Сўнгра қўшимча сув қўшилиб, уларнинг ҳажми 100 см³ га келтирилган. Ушбу туз эритмаси аста-секин фаол аралаштирилган суспензияга бир вақтнинг ўзида 0,5 М NaOH қўшиш орқали киритилган, суспензиянинг рН қиймати эса 9-11 оралиғида сақланган. Шундан сўнг, аралашманинг рН қиймати 10 га келтирилган ва хона ҳароратида 6 соат давомида қолдирилган. Олинган чўкма филтрланган, Cl⁻ ионларидан тўлиқ ҳоли бўлгунга қадар дистилланган сув билан қайта-қайта ювилган ва 105±1°С ҳароратда қуритилган. Ниҳоят, материал 1,5-2 соат давомида 300°С ҳароратда иссиқлик билан ишлов берилган. Ушбу иссиқлик билан ишлов бериш композитнинг структурасини барқарорлаштириб, унинг сувда бўкиш қобилиятини пасайтирган ва оддий бентонитдан фарқли равишда уни филтрлаш ёки центрифугалаш усуллари билан осонгина ажратиш имконини берган. Мазмунан, иссиқлик билан ишлов бериш жараёнида композит фақат боғланган сувни йўқотган, структурадаги ОН⁻ гуруҳлари ўзгармаган ҳолда қолиб, адсорбция марказлари вазифасини бажариши мумкин. Тадқиқот учун ишлов берилган композиция агат ҳовонда майдаланган ва 120 меш ўлчамли элакдан ўтказилган.

Бентонитнинг Fe(III), Mg ва Mn(II) тузлари билан модификацияси қўшимча чўққиларнинг пайдо бўлишига ёки қатламлараро алмашинув ва/ёки бу катионларнинг монтмориллонит структурасида мавжудлиги сабабли мавжуд чўққиларнинг интенсивлиги ва ҳолатининг ўзгаришига олиб келиши мумкин. Рентгенструктуравий таҳлил натижаларида (а) мос равишда Б1 ва Б2 асосида олинган ФБ1 ва ФБ2 намунаси ва Fe³⁺ тузлари бўлган биринчи эритма учун Fe(III) оксидларга хос чўққиларни кўриш мумкин.

Гематит ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) ва магнетит (Fe_3O_4) каби темир оксидлари учун кўшимча чўққилар (33° , $35,6^\circ$, 41°) аниқланган. Монтмориллонитнинг асосий чўққиси ҳолатининг ўзгариши қатламлараро бўшлиқлардаги Na Ca ёки Mg билан алмаштирилганда содир бўлади, бу 2θ да $42,9^\circ$ диффракция чўққиларининг шаклланишида намоён бўлган. Кўриб чиқилган барча бентонит намуналари 33° , $40,8^\circ$ бурчак остида марганец оксидига мос келадиган спектрал хусусиятларни ва бошқа 2θ қийматларини намоёйиш этган. Дастлабки бентонитлар d_{001} , d_{003} , d_{020} ва d_{200} чўққиларини 5,74; 17,30; 19,88 ва 34,88 (2θ) да кўрсатган, 2-эритма (КБ1 ва КБ2) ёрдамида ўзгартирилган бентонитлар учун эса бу чўққилар 6,90, 17,59; 20,01 ва 35,01 (2θ) да кузатилган.



7-расм. Азот адсорбцияси изотермлари:
1) КБ1; 2) КБ2; 3) ФБ1; 4) ФБ2.

3-жадвал.

Модификацияланган бентонитларнинг текстур хусусиятлари

Намуна	$S_{уд}, \text{м}^2/\text{Г}$	R, нм	$\Sigma V, \text{см}^3/\text{Г}$
ФБ1	120,588	3,282	0,332
ФБ2	95,472	3,618	0,305
КБ1	146,097	3,008	0,354
КБ2	115,668	3,317	0,325

КБ1 намунаси энг катта солиштирма сирт юзага эга ($146,097 \text{ м}^2/\text{Г}$), бу эса Б1 намунасидан 89,2% га ва Б2 намунасидан 138,5% га кўпроқдир.

Модификация кўпчилик намуналарда ғовак ҳажмининг кичрайишига олиб келган бўлиб, бу бентонит структураси зичлигининг ошганлигини ифодалаш мумкин. Модификацияланган намуналар орасида КБ1 энг кичик ғовак ҳажмини ($3,008 \text{ нм}$) кўрсатган, бу унинг тузилишини бошқа намуналарга нисбатан ихчамроқ қилади.

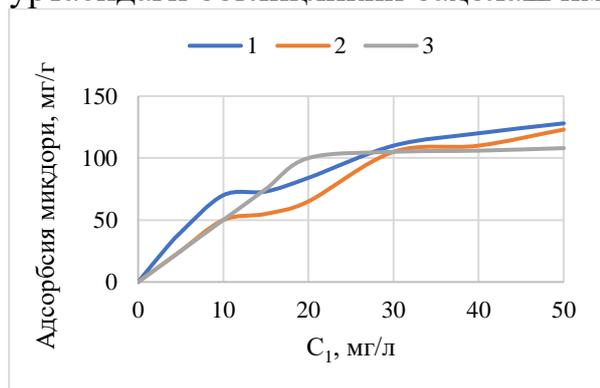
Шунингдек, модификацияланган намуналар бойитилган модификацияланмаган намуналарга нисбатан умумий ғовак ҳажмининг ортишини кўрсатган. КБ1 намунаси энг катта ғовак ҳажмини ($0,354 \text{ см}^3/\text{Г}$) кўрсатган бўлиб, Б1 намунасидан 60,2% га ва Б2 намунасидан 74,4% га кўпдир.

Диссертациянинг «**Бойитилган ва модификацияланган бентонитларнинг адсорбцион кўрсаткичлари**» деб номланган тўртинчи бобида модификацияланган бентонитларнинг адсорбцион кўрсаткичларини ўрганишга қаратилган экспериментал тадқиқотлар бўйича маълумотлар келтирилган.

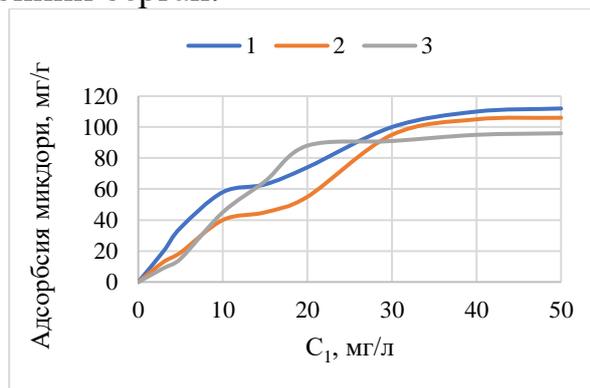
Агар бойитилган бентонитда оғир металллар ионларининг адсорбцияланиш жараёни катионлар алмашинуви йўли билан амалга оширилса, модификацияланган бентонитлардаги жараён комплекс бирикмалар кўринишида кимёвий боғлар ҳосил бўлиши орқали содир бўлади. Агар модификацияланган намуналардаги жараён ион алмашинуви орқали содир бўлса, бу Fe^{3+} оксиди ва гидроксидларининг ювилишига олиб келиши зарур. Бироқ, ишлатилган модификацияланган бентонитларнинг кимёвий ва минералогик таркибини ўрганишда улар маълум барқарорликни кўрсатган.

Олинган маълумотлар шуни кўрсатадики, Ca^{2+} , Zn^{2+} ва Mn^{2+} ионлари сақлаган иккинчи эритма билан модификациялаш Cu^{2+} ионларининг эритмадан адсорбцияланиш кинетикасида ўзгаришларга олиб келмаган. Мазкур тизимда адсорбциянинг мувозанатга эришиш вақти аввал келтирилган натижалар билан деярли бир хил.

8- ва 9-расмларда ўрганилаётган сорбентларда Cu^{2+} ионларининг нейтрал муҳитдаги адсорбция изотермалари келтирилган. Жараён шароитлари: ҳарорат $t=25\pm 1^\circ\text{C}$ ва $\text{pH}=7$. Ушбу изотермлар эритмадаги Cu^{2+} ионларининг концентрацияси ва уларнинг сорбентларга адсорбцияси ўртасидаги боғлиқликни баҳолаш имконини берган.



8-расм. Намуналарда Cu^{2+} адсорбцияси изотермлари: 1) ФБ1; 2) КБ1; 3) ББ1.

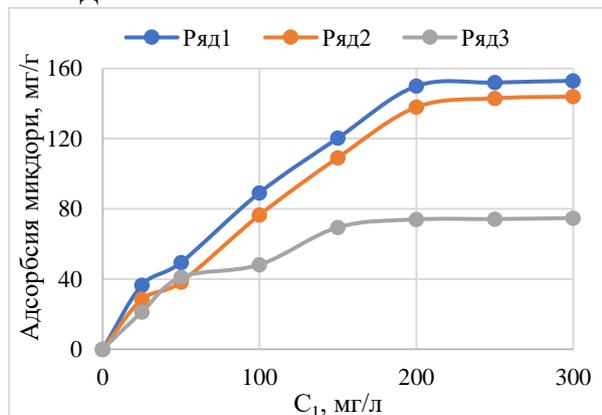


9-расм. Намуналарда Cu^{2+} адсорбцияси изотермлари: 1) ФБ2; 2) КБ2; 3) ББ2.

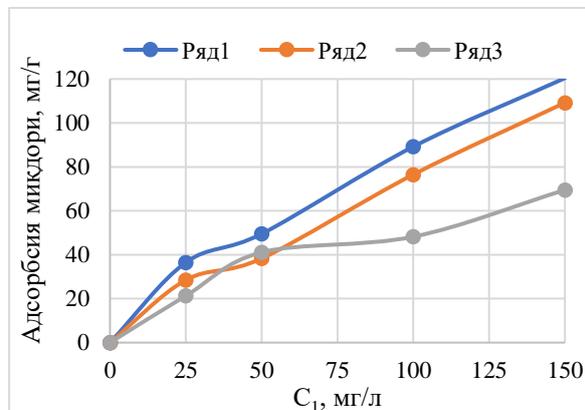
Мис ионларининг бойитилган бентонитларга (Б1 ва Б2) ва уларнинг модификацияланган шаклларига адсорбциясини таққослаш қуйидаги натижаларни кўрсатди. ФБ1 учун мис ионларининг дастлабки адсорбцияси 3 мг/л концентрацияда кузатилган ва 25 мг/г қийматгача ортган. Кейинчалик адсорбция ўсишда давом этиб, мувозанат концентрацияси 50 мг/л бўлганда максимал 128 мг/г қийматга етган.

Бентонит Б1 ҳолатида, модификацияланган ФБ1 шакли учта модификацияланган шакллар орасида мис ионларининг адсорбциясининг энг юқори самарадорлигини кўрсатади. Бентонит Б2 учун модификацияланган ФБ2 шакли ҳам худди шундай яхши натижаларни кўрсатган. Умуман олганда, модификацияланган ФБ1 ва ФБ2 шакллари иккала бентонит учун бошқа модификацияланган шаклларга нисбатан юқори адсорбция самарадорлигини кўрсатган. ББ1 ва ББ2 шакллари ҳам бир оз адсорбция қобилиятига эга, лекин ФБ1 ва ФБ2 нисбатан мос равишда қисман пастрок.

Модификацияланган бентонит ФБ1 дастлабки алюиносиликатлар билан солиштирилганда PO_4^{3-} ионлари учун тахминан 3 баравар юкори сорбция қобилиятига эга. Фосфатлар учун адсорбцион хусусияти қуйидаги тартибда ўзгаради: $ФБ2 > ФБ1 > КБ2-1 > КБ1 > ББ1 > ББ2$. Бу сорбентлардаги умумий нисбий юзаининг ва мавжуд микроғовакларнинг ўзгаришига мос келади.



10-расм. 1) ФБ1; 2) КБ1; 3) ББ1 Намуналарда PO_4^{3-} адсорбцияси изотермлари.



11-расм. 1) ФБ2; 2) КБ2; 3) ББ2 Намуналарда PO_4^{3-} адсорбцияси изотермлари.

4-жадвал.

Ўрганилаётган материалларда ноорганик ионларнинг адсорбцияси қийматлари, мг/г.

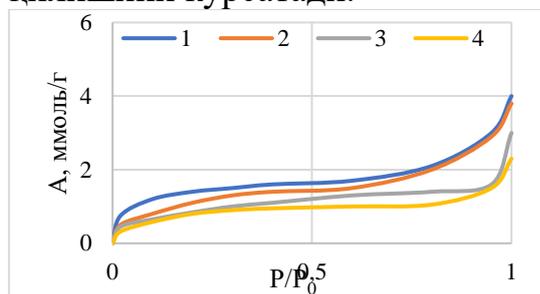
Адсорбатлар	ББ1	ББ2	ФБ1	ФБ2	КБ1	КБ2
Cu^{2+}	108,3	96,2	128,5	112,1	123,4	106,5
PO_4^{3-}	74,8	69,5	153,3	120,4	144,9	109,2

4-жадвалда келтирилган маълумотлар таҳлили модификацияланган ФБ1, ФБ2, КБ1 ва КБ2 бентонитлари ҳар икки турдаги адсорбатлар - Cu^{2+} ва PO_4^{3-} учун ББ1 ва ББ2 дастлабки намуналари билан солиштирилганда яхшиланган адсорбцион фаолликни намоён этишини кўрсатади. Cu^{2+} ва PO_4^{3-} учун барча ўрганилган намуналар орасида ФБ1 энг юкори адсорбцион фаолликка эга. Ушбу натижалар шуни кўрсатадики, бентонитни модификациялаш жараёнида унинг адсорбцион хусусиятларини, айниқса анорганик ионларга нисбатан яхшилади.

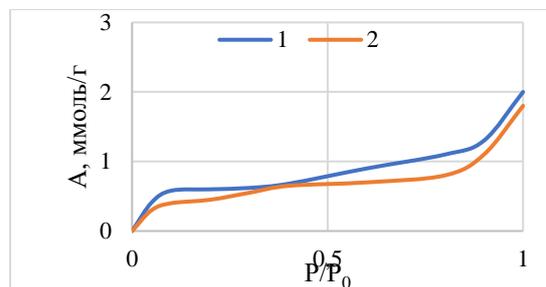
Сув буғининг адсорбциясини танланган бентонит намуналарида шунингдек, уларнинг модификацияланган КБ2 ва КБ1 намуналарида таҳлил қилинганда, модификация уларнинг нисбий юзаси кўрсаткичларининг ўзгаришига таъсир қилиши аниқланган. Ушбу турдаги бентонитлардаги сувнинг адсорбцион изотермлари 12- ва 13-расмларда келтирилган.

Ушбу изотермларнинг таҳлили қуйидаги асосий йўналишларни кўрсатган: дастлаб эгри чизиқнинг $P/P_0 = 0,4$ га кескин ўсиши, кейин $P/P_0 = 0,4-0,8$ оралиғида деярли текис қисм ва эгри чизиқнинг P/P_0 яна кескин ўсиши 0,80 дан ошган. Биринчи қисмнинг тасвири адсорбция жараёнининг тез бошланишини кўрсатади, кейин эса $P/P_0 = 0,4-0,8$ қийматлари ўртасида мувозанатлашади. Изотерманинг бу шакли асосан мезоғовак, шунингдек, маълум миқдордаги макро- ва микроғовакларни сақлаган материаллар учун хосдир. Нисбий босимнинг ошиши билан (P/P_0 0,8 га яқинлашади)

изотермада эгилиш сезилади, бу адсорбатнинг кўп қатламли адсорбцияси шаклланишининг бошланишини, хусусан, бирламчи қатламларни қоплайдиган сув молекулаларининг иккинчи ва кейинги қатламларни ҳосил қилишини кўрсатади.

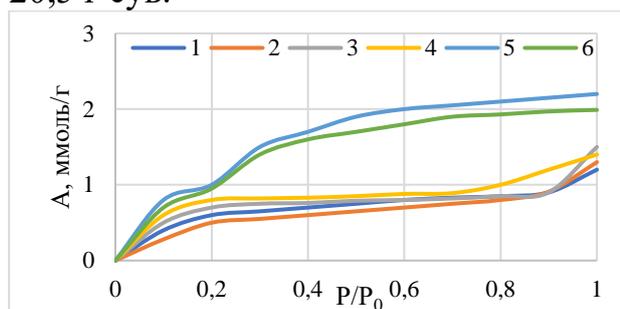


12-расм. Сув буғи адсорбцияси изотермаси: 1) КБ1; 2) КБ2; 3) ББ1; 4) ББ2.



13-расм. Сув буғи адсорбцияси изотермаси: 1) ФБ1; 2) ФБ2.

Сув буғи адсорбциясини таҳлил қилиш асосида нисбий юза кўрсаткичлари ҳисоблаб чиқилган: гил КБ2 учун $158,1 \text{ м}^2/\text{г}$, КБ1 учун - $137,12 \text{ м}^2/\text{г}$. Шунингдек, сув буғлари учун сорбция қобилиятининг кўрсаткичлари ҳам аниқланган: 100 г КБ2 ва КБ1 учун мос равишда 22,1 г ва 20,5 г сув.



14-расм. Бензол буғлари адсорбцияси изотермаси: 1) ББ1; 2) ББ2; 3) КБ1; 4) КБ2; 5) ФБ1; 6) ФБ2.

Таҳлил қилинаётган бентонит намуналарида нисбий босимга қараб бензол буғлари адсорбцияси изотермлари аввал кўриб чиқилган изотермларга ўхшаш хусусиятларни намоён этган.

5-жадвал.

Адсорбентларнинг текстур хусусиятлари

Намуна	Текстур хусусиятлар					
	A_{∞} , моль/кг	S , $\text{м}^2/\text{г}$	V_a , $\text{см}^3/\text{г}$	V_b , $\text{см}^3/\text{г}$	ΣV , $\text{см}^3/\text{г}$	ΔR , нм
Сув буғи адсорбцияси бўйича						
ББ1	0,925	60,13	0,0465	0,0250	0,0715	2,38
КБ1	2,436	158,36	0,100	0,030	0,131	1,66
ФБ1	2,111	137,23	0,095	0,045	0,140	1,96
ББ2	0,861	55,99	0,0465	0,0280	0,0746	2,66
КБ2	2,569	167,22	0,111	0,030	0,141	1,56
ФБ2	1,534	101,10	0,081	0,030	0,111	1,88
Бензол буғи адсорбцияси бўйича						
ББ1	0,213	51,33	0,0448	0,0157	0,0605	2,36
КБ1	0,402	99,50	0,080	0,019	0,099	2,21
ФБ1	0,465	108,80	0,056	0,044	0,100	2,22
ББ2	0,197	47,35	0,435	0,0223	0,0658	2,78
КБ2	0,513	123,21	0,108	0,022	0,130	2,42
ФБ2	0,569	136,21	0,093	0,036	0,129	2,06

КБ2 даги бензол буғининг адсорбциясининг ўзига хослиги паст нисбий босимларда ($P/P_0=0,2$) кавариқ майдонида намоён бўлади, бу КБ1 даги тегишли майдондан сезиларли даражада ошади. Бирок, изотерманинг иккинчи қисмининг табиатига кўра, КБ2 кўпроқ даражадаги динамикани намоёиш этади, бу икки намунанинг адсорбция кўрсаткичларининг яқинлашишига олиб келади, бунинг натижасида, тажрибанинг охирида иккала кўрсаткич мос келади.

Тадқиқот натижаларига кўра, бентонит гилларини модификациялашда Ca^{2+} , Zn^{2+} ва Mn^{2+} ионларини сақлаган эритмалардан фойдаланиш орқали уларнинг сув буғларини адсорбциялаш қобилиятининг сезиларли даражада оширишга ёрдам беради деган хулосага келиш мумкин. Хусусан, КБ1 ва КБ2 намуналари мос равишда 158 ва 167 m^2/g нисбий юзаси катталигини намоён этган. $Fe^{3+}+Mg^{2+}+Mn^{2+}$ ионлари сақлаган эритмалар билан ишлов берилган бентонитларнинг нисбий юзаси 137 ва 101 m^2/g ни кўрсатган.

Таркибида нефт маҳсулотлари (10 мг/л) ва ёғлар (50 мг/л) бўлган намунавий эритмалардаги ушбу моддаларни сорбциялаш ва каталитик йўқотиш бўйича тажрибалар бойитилган бентонитлар ва уларнинг модификацияланган шакллари ёрдамида ўтказилди.

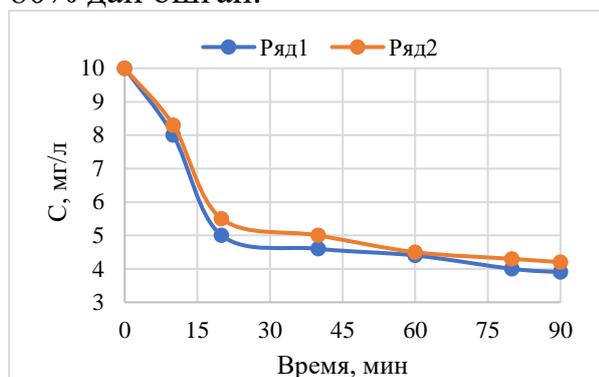
15 ва 16-расмларда модел эритмаларни тозалаш натижалари келтирилган. Расмларда нефт маҳсулотлари ва ёғларнинг сорбциясининг кинетик графиклари кўрсатилган бўлиб, бунда физик адсорбцияни кескин ўзгаришларсизлиги кўрсатилган. Бойитилган бентонитлардан фойдаланганда нефт маҳсулотлари ва ёғлар даражасининг максимал пасайиши дастлабки 20 дақиқада қайд этилди. Бирок, модификацияланган нумуналарлардаги графиклар (17- ва 18-расмлар) сорбциянинг бошқа табиатини кўрсатади, бу уларнинг босқичли эгри чизиқлари билан тасдиқланади. Жараённинг юқори тезлиги туфайли даражаларнинг максимал пасайиши дастлабки 5 дақиқада содир бўлади. Эҳтимол бу, модификация органик молекулаларнинг бентонит юзаси билан ўзаро таъсирини кучайтиришга ёрдам беради. Эгри чизиқнинг ўзгариши 30 дақиқада кузатилиши, катта органик молекулаларининг ғовакларга кириб бориши билан боғлиқ бўлиши мумкин.

Расмлардан кўриниб турибдики, барча модификацияланган бентонитлар нефт маҳсулотлари миқдорини 90% ёки ундан кўпроқ камайтирган. Бирок, КБ1 ва КБ2 намуналари учун ёғли моддалар даражасининг камайиши фақат 19 ва 17 мг/г гача, бу тозалашнинг 62 ва 66% ташкил қилган.

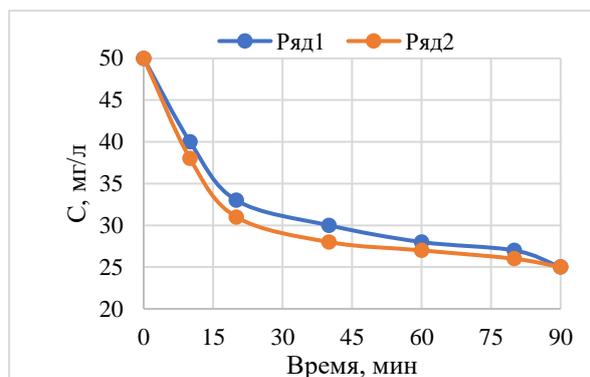
Шунингдек, водород пероксид ёрдамида органик материалларни оксидлашда бентонитларнинг каталитик фаоллиги ҳам ўрганилган. Бунда, турли параметрларнинг таъсирини ўрганиш шуни кўрсатдики, 20°C дан юқори ҳароратларда ва оксидловчи модда концентрацияси 360 мг/л энг яхши натижаларга эришилади. Водород пероксид миқдори пасайганда жараён секинлашади, водород пероксид миқдори ошганда ўзгариш реакцияси ҳам секинлашади, эҳтимол фаол гидроксил радикаллари миқдорининг камайиши билан боғлиқ.

Оксидланиш жараёнида дастлабки монтмориллонитлар (ББ1 ва ББ2) ёрдамида водород пероксид қўшилганда, нефт маҳсулотларининг

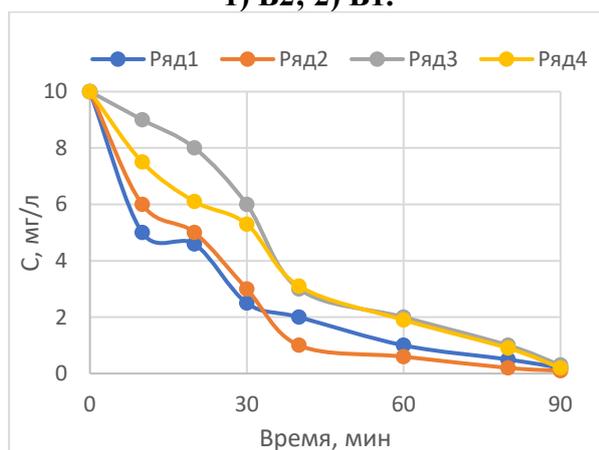
оксидланиш фаоллиги 60% га етмаган. Бироқ, ФБ1 ва ФБ2 тизимларида 99% самарадорликка эришиш учун 20-25 дақиқа талаб этилди. Катта эҳтимол билан, табиий монтмориллонитларнинг оксидланиш қобилияти уларнинг реакция бошида моддаларни ўзининг юзасида адсорбциялаш қобилияти билан боғлиқ бўлиб, кейин оксидловчи деструкцияси содир бўлади. Fe^{3+} ва Ca^{2+} орасидаги каталитик фаолликда сезиларли фарқлар мавжуд. КБ1 ва КБ2 катализаторларидан фойдаланганда нефт маҳсулотларининг оксидланиши 80% дан ошган.



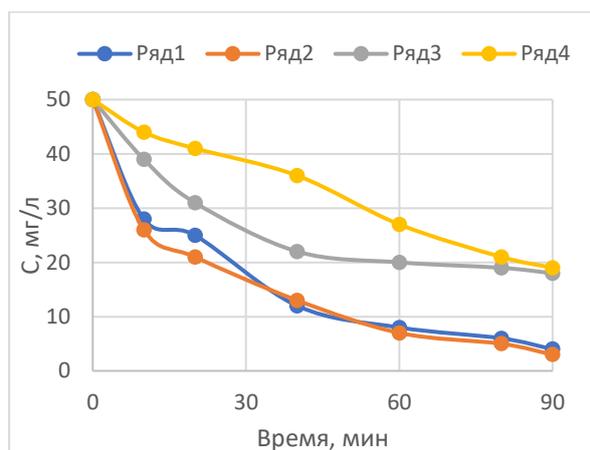
15-расм. Нефт маҳсулотлари концентрацияси пасайиши кинетикаси: 1) Б2; 2) Б1.



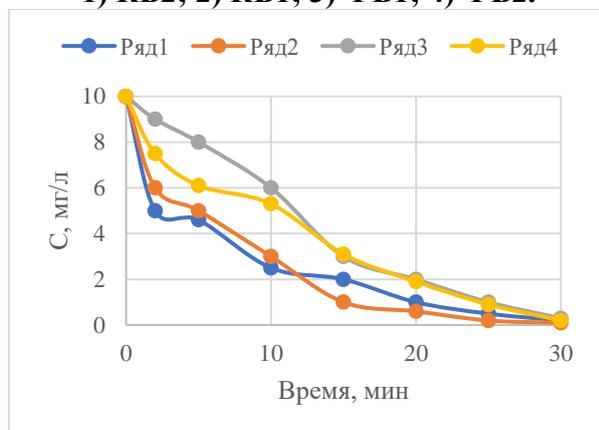
16-расм. Ёғлар концентрацияси пасайиши кинетикаси: 1) Б2; 2) Б1.



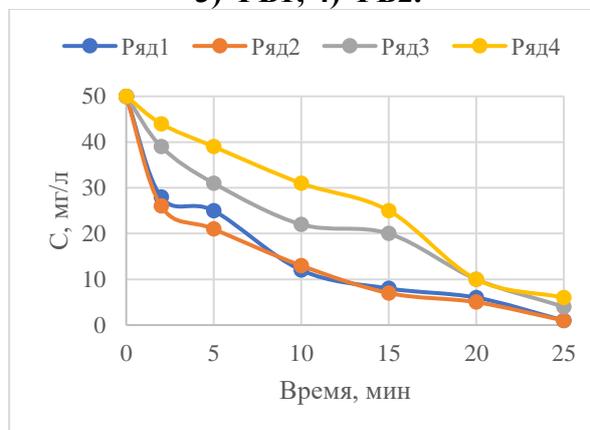
17-расм. Нефт маҳсулотлари концентрацияси пасайиши кинетикаси: 1) КБ2; 2) КБ1; 3) ФБ1; 4) ФБ2.



18-расм. Ёғлар концентрацияси пасайиши кинетикаси: 1) КБ2; 2) КБ1; 3) ФБ1; 4) ФБ2.



А)



Б)

19-расм. H_2O_2 таъсирида нефт маҳсулотлари (А) ва ёғларни (Б) каталитик йўқотишнинг кинетик эгри чизиқлари: 1) ФБ1; 2) ФБ2; 3) КБ1; 4) КБ2.

Шундай қилиб, модификацияланган бентонитлар нефт маҳсулотлари ва ёғ-мой моддаларни сорбциялашда айниқса КБ1 ва КБ2 намуналари юқори самарадорликни намойиш этган. Дастлабки монтмориллонитларни (ББ1 ва ББ2) каталитик оксидлашда водород пероксидини қўллаганда, оксидланиш даражаси 60% дан кўп бўлмаганини кўрсатди. Шу вақтда ФБ1 ва ФБ2 тизимларида деярли тўлиқ оксидланиш (99%) жараёни 20-25 дақиқада амалга ошган.

ХУЛОСА

1. Ўтказилган тадқиқотлар Б1 ва Б2 гиллари минералогик, кимёвий ва текстур хусусиятларига кўра фарқланиб, бу уларнинг адсорбцион хусусиятларига таъсир қилиши аниқланган. Б1 гили ўзининг юқори катион алмашилиш фаоллиги, қатламли минералларнинг миқдори, юқори нисбий юзаси ва микроғовак ҳажми билан ажралиб туради.

2. Бентонитни модификациялашда фаол аралаштириладиган суспензияга киритилган тузлар аралашмасига бир вақтда 0,5М NaOH қўшилган ҳолда, суспензиянинг рН қийматини 9-11 оралиғида ушлаб туриш орқали оптимал шароитга эришилиши аниқланган. Бу сувли муҳитда катионли адсорбатларга нисбатан юқори адсорбцион фаолликка эга бўлган композит заррачаларнинг шаклланишини таъминлайган. 300°C ҳароратда кейинги иссиқлик билан ишлов берилиши материалнинг структурасини барқарорлаштиради, бу эса сувда бўқишида анча чидамли бўлади.

3. Монтмориллонит структурасидаги ўзгаришлар диффракция чўққиларининг силжиши ва кенгайиши, Fe(III), Mg ва Mn(II) оксидларига хос бўлган янги чўққиларнинг пайдо бўлиши, шунингдек, кварц ва кристобалит диффракцияси билан боғлиқ чўққиларнинг ўзгариши билан исботланган. d-масофа ва бошқа параметрларда акс этган структуравий ўзгаришлар, модификацияда қатламлараро масофага жавоб беришини ва бентонитнинг текстур ҳамда адсорбцион хусусиятларига таъсир қилиши мумкинлигини кўрсатади.

4. Паст рН (рН=2) да Cu^{2+} ва PO_4^{3-} ноорганик ионларининг адсорбцияси самарадорлиги модификацияланган ФБ1, ФБ2, КБ1 ва КБ2 бентонитларида дастлабки ББ1 ва ББ2 намуналарининг адсорбциясидан сезиларли даражада юқори эканлиги аниқланди. Модификацияланган бентонит КБ1 Cu^{2+} нинг адсорбцияси учун энг катта фаолликка эга бўлса, ФБ1 эса PO_4^{3-} адсорбциясида юқори самарадорликни намойиш этади.

5. Бентонитларни Ca^{2+} , Zn^{2+} ва Mn^{2+} каби плёнка ҳосил қилувчи катионлар эритмалари ёрдамида модификациялаш, уларнинг сув буғларига нисбатан, Fe^{3+} , Mg^{2+} ва Mn^{2+} сезиларли даражада ошишига олиб келиши аниқланди. Бу мақсадли адсорбцион вазифаларга қараб модификациялаш учун эритмалардаги ион таркибининг муҳимлигини таъкидлайди.

6. Нефт маҳсулотлари ва ёғ мойларининг адсорбциясини ўрганиш уларнинг юқори самарадорлигини тасдиқлади: КБ1 ва КБ2 асосидаги намуналар 80% дан ортиқ тозалаш даражасига эришади, ФБ1 ва ФБ2 ўз ичига олган тизимлар оксидловчи хусусиятларга эга бўлиб, 20-25 дақиқа давомида улардаги ифлослантурувчи моддаларни 99% гача йўқотади.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc. 02./30.12.2019.К/Т.35.01 ПО
ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ И
НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

**САМАРКАНДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

МАМАДОЛИЕВ ИКРОМЖОН ИЛХОМИДИНОВИЧ

**АДСОРБЦИОННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
ВЫСОКОСЕЛЕКТИВНЫХ АДСОРБЕНТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ
НАВБАХОРСКОГО БЕНТОНИТА**

02.00.11 – Коллоидная и мембранная химия

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

Ташкент – 2023

Тема диссертации доктора философии (PhD) по химическим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за B2022.3.PhD/K470

Диссертация выполнена в Самаркандском государственном медицинском университете.

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

Научный руководитель:

Файзуллаев Нормурот Ибодуллаевич
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Абдикамалова Азиза Бахтияровна
доктор химических наук, старший научный сотрудник

Исмаилов Ровшан Исраилович
доктор химических наук, профессор

Ведущая организация:

Наманганский инженерно-технологический институт

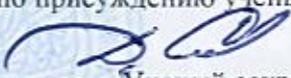
Защита диссертации состоится “11” января 2024 года в 10⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.02./30.12.2019.K/T.35.01 при Институте общей и неорганической химии (Адрес: 100170, г.Ташкент, улица Мирзо Улугбек, 77-а. Тел.: (+99871) 262-56-60, факс: (+99871) 262-76-90, e-mail: ionx@academy.uz).

С докторской диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Института общей и неорганической химии (зарегистрировано № 8). Адрес: 100170, г.Ташкент, улица Мирзо Улугбек, 77-а. Тел.: (+99871) 262-56-60, факс: (+99871) 262-76-90.

Автореферат диссертации разослан “29” декабря 2023 года.
(реестр протокола рассылки № 8 от “29” декабря 2023 года).




Б.С. Закиров
Председатель научного совета
по присуждению ученых степеней, д.х.н., проф.


Д.С. Салиханова
Ученый секретарь научного совета по
присуждению ученых степеней, д.т.н., проф.


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

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора (PhD) философии)

Актуальность и востребованность темы диссертации. Во всем мире модифицированные монтмориллониты, имеющие развитую пористую структуру, известны в качестве эффективного адсорбента, наполнителя различных полимерных веществ, носителей катализаторов и лекарственных препаратов. Особенно модифицированные монтмориллонит содержащие глины являются сравнительно дешевыми и эффективными адсорбенты для комплексной очистки сточных вод. Поэтому исследования в области модификации бентонита для комплексной очистки сточных вод стали важным направлением научных исследований.

В мире проводятся научно-исследовательские работы по созданию новых высокопористых материалов на основе монтмориллонитовых глин и химических модификаторов. В связи с этим, особое внимание уделяется оптимизации условий модификации монтмориллонитовых глин и других смектитов, улучшению текстурных характеристик и пористой структуры, повышению термической, механической и химической устойчивости, адсорбционных и других характеристик при адсорбционной очистке жидких органических и водных сред.

В нашей республике достигнуты значительные результаты по модернизации технологии производства функциональных материалов – эффективных адсорбентов и катализаторов на основе минералов группы смектита. В третьем направлении стратегии развития Нового Узбекистана, направленной на дальнейшее развитие Республики Узбекистан определены задачи в направлении «Обеспечение устойчивости национальной экономики и увеличение промышленности в общей внутренней продукции, увеличение объема производства промышленности продукции в 1,4 раза...»¹. В данном контексте, большое значение приобретают научные исследования, направленные на разработку высокоэффективных адсорбентов, которые основаны на местных ресурсах, в частности, на широко распространенной Навбахорской бентонитовой глине. Эти исследования направлены на соответствие современным требованиям индустрии и охраны окружающей среды, а также на понимание взаимосвязи между характеристиками состава, структуры и условиями производства данных адсорбентов.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит решению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан за УП-60 от 28 января 2022 года «О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы», ПП-4265 от 3 апреля 2019 года «О мерах по дальнейшему реформированию химической отрасли и повышению ее инвестиционной привлекательности», а также ПП-4805 от 12 августа 2020 года «О мерах по повышению качества непрерывного образования и продуктивности науки в области химии и биологии» ПП-4992 от 13 февраля 2021 года «О мерах по дальнейшему реформированию и финансовому

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

оздоровлению предприятий химической промышленности, развитию производства химической продукции с высокой добавленной стоимостью» и в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

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

Степень изученности проблемы. В мире на улучшение текстурных характеристик слоистых материалов их модификацией, в частности на получение адсорбентов, посвящены работы учёных R.O. Ajemba., Onukwuli O.D., Zafar Z.I., Livingston W.R., Tomul F., Rogers D.A., Chen Q., Chapman R.J., Reynolds R., Hussain S.A., Коньковой Т.В., Бабенков Е.Д., Бутмана М.Ф., Проскуряков, А.А., Третинник Л.А., Кульский, Ю.Ю., Кормош Е., и др.

В нашей стране К.С.Ахмедовым была создана школа по получению эффективных адсорбентов на основе модифицированных слоистых систем, представители которой: Хамраев С.С., Агзамхожаев А.А., Нарметова Г.Р., Муминов С.З., Ахмедов У.К., Абдурахимов С.А., Акбаров Х.И., Эшметов И.Д., Салиханова Д.С. и др. внесли весомый вклад на её развитие.

Этими учеными были проведены научно-исследовательские работы по изучению природных ресурсов, способов их модификации, определению зависимости между методом синтеза и коллоидно-химическими свойствами, текстурными характеристиками полученных материалов, их стабильностью, а также по исследованию адсорбционных характеристик по отношению к адсорбатам органической и неорганической природы. Вместе с тем, имеются вопросы по повышению устойчивости системы модифицированных материалов при сохранении адсорбционных и каталитических характеристик.

Связь исследования с научно-исследовательскими планами научно-исследовательского учреждения, в котором была выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательских работ Самаркандского государственного университета в рамках проекта №ОТ-А12-46 «Создание, исследование и апробация технологического процесса реакции оксиконденсации метана на основе местного сырья» (2017-2018 гг.).

Целью исследования является модифицирование бентонитовой глины с использованием растворов содержащих различные катионы для создания высокоселективных адсорбентов.

Задачи исследования:

исследование состава, структуры исходных бентонитовых глин щелочной и щелочноземельной природы, установление их текстурных характеристик и адсорбционной активности по отношению к органическим и неорганическим адсорбатам;

исследование влияния процессов обогащения щелочного и щелочноземельного бентонита и модифицирования смесями пленкообразующих ионов (Ca+Zn+Mn и Fe+Mg+Mn) на структуру и состав полученных бентонитов;

установление влияния обогащения и модифицирования на текстурные характеристики бентонитов;

изучение кинетики адсорбции тяжелых металлов и фосфат иона, установление характеристик пористой структуры на основе данных адсорбции паров воды и бензола;

изучение процессов адсорбции и каталитического удаления нефтепродуктов и жиров из водных растворов на модифицированных бентонитах.

Объектами исследования являются щелочной и щелочноземельный бентонит Навбахорского месторождения и их модифицированные с пленкообразующими растворами ионов $\text{Ca}+\text{Zn}+\text{Mn}$ и $\text{Fe}+\text{Mg}+\text{Mn}$ формы.

Предметом исследования являются методы модифицирования щелочного и щелочно-земельного бентонита с растворами $\text{Ca}+\text{Zn}+\text{Mn}$ и $\text{Fe}+\text{Mg}+\text{Mn}$, установление их текстурных и адсорбционных активностей по отношению неорганическим ионам (Cu^{2+} , PO_4^{3-}), нефтепродуктам из водных растворов, а также молекул воды и бензола из газовой среды.

Методы исследования. В диссертации использовались физико-химические (рентгенофазовый, термогравиметрический, спектральные, микроскопические) и коллоидно-химические (калориметрические, адсорбционные, низкотемпературная адсорбция азота) методы анализа.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработан способ обработки бентонитовых глин, включающий очистку, набухание, отделение песчаных частиц от монтмориллонита и модификацию с использованием 10% раствора H_2SO_4 , что позволяет сократить расход воды в несколько раз;

установлено, что изменение минералогического состава при обогащении влияет на дисперсность изучаемых образцов и повышает фракции размерами менее 1 мкм в 1,93 и 2,8 раза, соответственно для образцов Б1 и Б2;

установлены оптимальные условия для модификации бентонитов Б1 и Б2 с растворами солей (Fe^{3+} , Ca^{2+}), что способствует повышению удельной поверхности данных образцов от 56,3 и 42,7 до 146,1 и 115,2 м²/г;

установлено, что модификация бентонитов с растворами $\text{Ca}^{2+}+\text{Zn}^{2+}+\text{Mn}^{2+}$ приводит к значительному увеличению их адсорбционной способности по отношению к парам воды, а обработка растворами с ионами $\text{Fe}^{3+}+\text{Mg}^{2+}+\text{Mn}^{2+}$ по гидрофобному бензолу;

выявлено, что модификация бентонита с растворами солей Ca^{2+} приводит к повышению адсорбционной активности по нефтепродуктам и масложировым веществам, а внедрение ионов Fe^{3+} приводит к повышению окислительных свойств.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработаны способы синтеза пленкообразующих растворов на поверхности бентонита для модификация щелочного и щелочно-земельного бентонита;

разработаны способы модификации бентонитов и получения коллоидных дисперсий на основе бентонита и гидроксидных частиц.

Достоверность результатов исследования подтверждается обоснованием полученных результатов применением современных методов физико-химических исследований и опытно-промышленными испытаниями в ООО «Мубарекский газоперерабатывающий завод» и Министерства экологии, охраны окружающей среды и изменения климата Республики Каракалпакстан.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования обосновывается усовершенствованием методологии, обогащения и модификации бентонитовых глин, установлением механизма и закономерностей взаимодействия адсорбент-адсорбат, слажущими базой для создания новых модифицированных материалов.

Практическая значимость результатов исследований заключается в разработке способов получения импортозамещающих адсорбентов на основе местного сырья для различных промышленных целей, и применения в учебном процессе подготовки магистров и бакалавров в образовательных учреждениях в сфере химии и химической технологии.

Внедрение результатов исследования. На основании научных результатов по получению высокопористых материалов на основе бентонитов и (гидр)оксидных частиц:

способ осушки газов с помощью бентонитовых адсорбентов модифицированных с $\text{Ca}^{2+}+\text{Zn}^{2+}+\text{Mn}^{2+}$ внедрены на практике ООО «Мубарекский газоперерабатывающий завод» (Справка ООО «Мубарекский газоперерабатывающий завод» № 644/ФК-08-2021 от 17 декабря 2021 г.). В результате, очищенный природный газ характеризуется меньшей степенью влажности и отвечает требованиям промышленного производства;

адсорбенты на основе модифицированного бентонита для адсорбционной очистки питьевой и сточной воды от ионов Cu^{2+} включены «в перечень перспективных разработок для реализации в 2024-2025 годах» на практике Министерства экологии, охраны окружающей среды и изменения климата Республики Каракалпакстан (Справка Министерство экологии, охраны окружающей среды и изменения климата Республики Каракалпакстан № 01/18-8-1507 от 10 ноября 2023 г.). В результате, при использовании модифицированных бентонитов достигается снижение концентрации ионов Cu^{2+} до 91-95%.

Апробация результатов исследования. Основные результаты данного исследования обсуждались на 2 международных и 10 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликование результатов исследования. По теме и материалам диссертации опубликовано 22 научных работ, в том числе, 6 научных статей, 2 в республиканских и 4 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертации.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Объём диссертации составляет 103 страниц.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновываются актуальность работы и востребованность проведенного исследования, характеризуются цель и задачи, излагается соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, научная новизна и практические результаты исследования, раскрываются научная и практическая значимость полученных результатов исследования, опытно-промышленные испытания, сведения об опубликованных работах и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Природные и модифицированные бентонитовые глины для адсорбционной очистки водных сред»**, подробно рассматриваются особенности строения и состава бентонитов, физико-химические свойства монтмориллонитов, методы модификации глин, а также модифицирование природных слоистых силикатов и возможность их применения в качестве адсорбентов. Обобщается и анализируется информация, доступной в литературе, о структуре и физико-химических свойствах слоистых алюмосиликатов. Осуществляется обзор текущего состояния исследований в области обогащения и модифицирования бентонитов и их использования в процессах адсорбции и катализа.

Обзор литературы позволяет предположить, что местные бентонитовые глины могут быть применены для создания высокоселективных пористых адсорбентов в процессах очистки, осушки газов и водных сред от разнообразных загрязнителей. Итак, анализ литературы позволяет сформулировать цель и задачи, поставленные в данной работе.

Во второй главе диссертации **«Исследование состава и структурных особенностей Навбахорского бентонита для создания адсорбентов»** приводятся результаты исследования исходных материалов, освещаются методы их модифицирования и исследования их структуры.

С целью выявления потенциальных сорбентов были исследованы монтмориллонитовые глины Навбахорского месторождения (Навоийская область).

Оба образца щелочного (Б1) и щелочно-земельного (Б2) содержат похожие оксиды, что отражает типичный состав бентонитовых глин. Однако имеются различия в концентрации некоторых оксидов между этими двумя образцами. Они содержат SiO_2 и Al_2O_3 как основные компоненты, что типично для бентонитовых глин. Оба образца содержат Fe_2O_3 , FeO , P_2O_5 , SO_3 и CO_2 в сравнимых количествах.

Минералогический состав изучаемых образцов определен на основании рентгеновского фазового анализа (рис. 1).

Для Б1 монтмориллонит идентифицирован по отражениям 1,781; 1,413; 0,455; 0,169; 0,166; 0,150 нм. Для Б1 монтмориллонит был идентифицирован на основе отражений рефлекса d_{001} с интервалом 1,23 нм, что свидетельствует

о характерной структуре слоев монтмориллонита. В природных условиях между слоями монтмориллонита могут находиться молекулы воды, и интервал 1,23 нм, вероятно, отражает присутствие этих молекул в структуре.

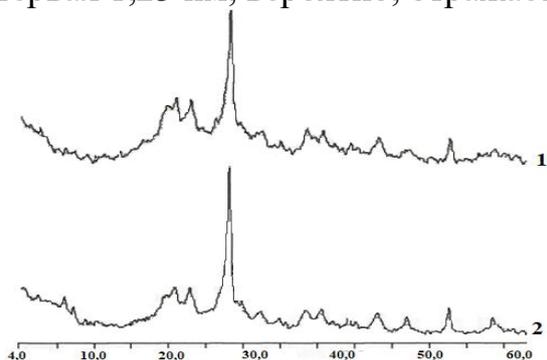


Рис. 1. Дифрактограммы образцов бентонита: 1) Б1; 2) Б2.

Рефлекс $d_{001}=1,47$ показывает, что монтмориллонит в образце Б2 представлен преимущественно кальциевой и магниевой формой. Наличие рефлекса $d_{020} = 0,446$ нм характеризует диоктаэдрическую структуру монтмориллонита, что подтверждает его слоистую геометрию с двумя октаэдрическими слоями алюминия или магния, разделяемыми тетраэдрическим слоем кремния. Эта структура является типичной для монтмориллонитов, но рефлекс $d_{001}=1,47$ нм указывает на то, что между слоями минерала могут присутствовать дополнительные слои молекул воды или других веществ, что свидетельствует о наличии кальция и магния в качестве межслоевых катионов. Таким образом, это может указывать на увеличенную водопоглощающую способность и пластичность этого конкретного бентонита по сравнению с натриевыми монтмориллонитами.

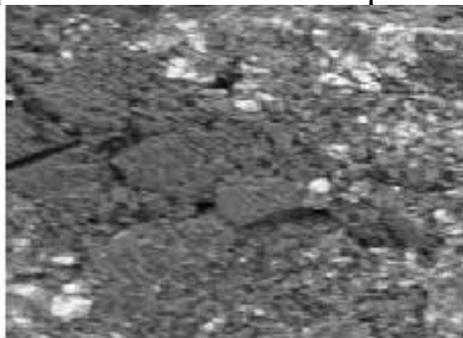


Рис. 2. Микрофотография Б1.

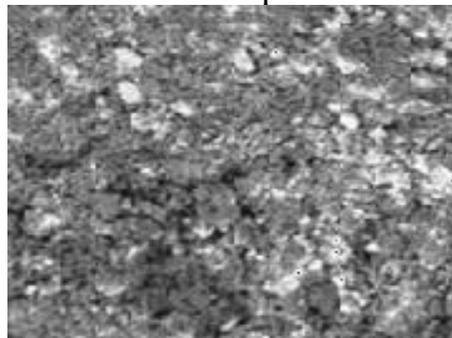


Рис. 3. Микрофотография Б2.

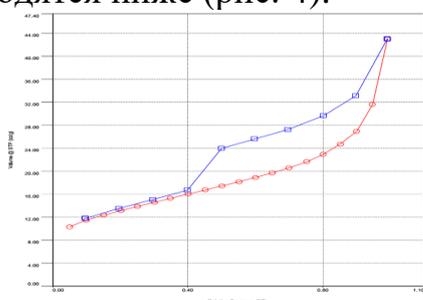
На микроизображениях образца Б1 монтмориллонит представлен в основном в форме микро- и ультрамикроагрегатов. В определенных областях обнаружены крупные частицы, располагающиеся на расстоянии друг от друга и обладающие шиповидными окончаниями на краях. В то время как в образце Б2 характерное распределение кристаллов монтмориллонита отличается, и они соседствуют с другими минералами. Такие агрегаты обычно варьируются в размерах от 20 до 80 мкм и напоминают по форме высохшие листья разной плотности. Отчетливые морфологические характеристики кристаллов монтмориллонита коррелируют с результатами рентгенофазового и термического исследований (рис. 2 и 3). Энергодисперсионный анализ образцов Б1 и Б2 выявил следующую последовательность элементов: О, Si, Al, Na, Са и другие, причем их

концентрация различается в зависимости от конкретного образца глины. Основной сорбционно-активный минерал, монтмориллонит, составляет в образцах глин 54-56 мас. % для Б1 и приблизительно 54-57 мас. % для Б2.

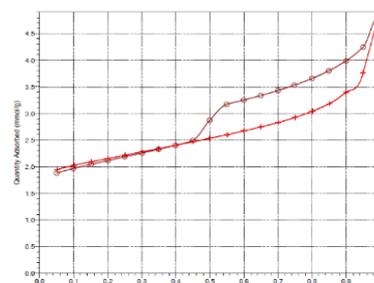
Анализ гранулометрического состава был выполнен методом непрерывного взвешивания осадка. Доля крупных частиц (≥ 100 мкм) больше в глине Б2 по сравнению с Б1 (19,5% против 15,1% в первом методе, и 39,3% против 31,2% во втором). Тем не менее, по обоим методам доля крупных частиц в глине Б2 выше, чем в Б1.

Глина Б1 имеет больший катионообменный комплекс (80,6 мгэкв/100 г) по сравнению с глиной Б2 (65,5 мгэкв/100 г). Это может свидетельствовать о том, что в глине Б1 присутствует больше слоистых минералов с катионообменными свойствами.

С помощью адсорбции азота было осуществлено определение таких параметров, как общая пористость, размер и распределение пор, что позволит нам оценить их адсорбционную активность. Полученные изотермы приводятся ниже (рис. 4).



А)



В)

Рис. 4. Изотермы адсорбции азота на: А) Б1; В) Б2.

Полученные изотермы были охарактеризованы соответствующими уравнениями адсорбции, полученные данные приведены в табл. 1.

Таблица 1.

Текстуальные характеристики бентонитов

Образец	S^1 , м ² /г	S^2 , м ² /г	V_a , см ³ /г	V_b , см ³ /г	R , Å	D^{**} , Å	D^{***} , Å
Б1	56,3	65,4	0,089	0,101	41,48	16,36	6,51
Б2	42,7	62,5	0,071	0,082	45,65	18,44	8,43

¹ – удельная поверхность по БЭТ; ² – удельная поверхность по Ленгмюру; ** - ширина средней поры; *** - средний размер микропор; R – средний размер пор.

Образец Б1 обладает более высокой удельной поверхностью и более мелкими порами, что может сделать его более эффективным для определенных приложений, например, в области адсорбции и катализа. Образец Б2, с другой стороны, имеет большие поры и, возможно, может быть предпочтителен для других задач, где требуется большая проходимость.

В процессе адсорбции ионов тяжелых металлов при использовании природных глин происходит высвобождение катионов из обменных узлов кристаллической структуры монтмориллонита, что указывает на обмен данных катионов на металлические ионы из растворов.

На рис. 5 и 6 приведены изотермы адсорбции меди (II) и свинца (II) (условия процесса $t=25\pm 1^\circ\text{C}$, $\text{pH}=7$) на исследуемых бентонитах.

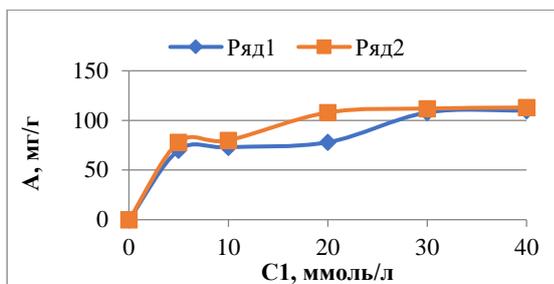


Рис. 5. Изотермы адсорбции Pb^{2+} на:
1) Б2; 2) Б1.

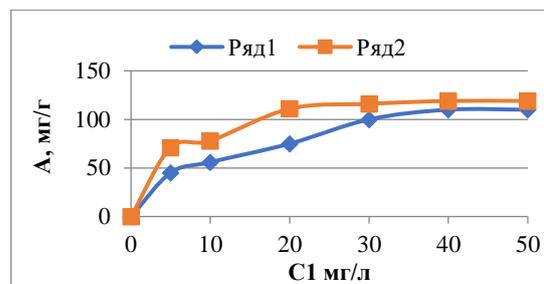


Рис. 6. Изотермы адсорбции Cu^{2+} на:
1) Б2; 2) Б1.

Как можно увидеть из изотермы адсорбции, Б1 характеризуется более высокими значениями количества адсорбции A (мг/г) и его значение составляет 111 и 120 мг/л, соответственно по отношению к Pb^{2+} и Cu^{2+} при равновесной концентрации 40 мг/л. Для Б1 изотермы адсорбции демонстрируют выраженный ступенчатый профиль, в отличие от Б2, где наблюдается более равномерное нарастание концентрации при увеличении значений равновесной концентрации на абсциссе.

В третьей главе «Анализ воздействия процессов обогащения и модификации на структурные характеристики бентонитовых глин» представлены результаты экспериментальных исследований, направленных на исследование влияния обогащения и модифицирования бентонита на его структурные особенности

Сначала была проведена первичная очистка глины от крупных примесей и иных видимых загрязнений и высушивание в сушильном шкафу при температуре 105 ± 5 °С до полного отсутствия влаги. Затем измельченная глина заливалась дистиллированной водой и оставалась в покое на 24 часа для набухания. Затем в систему наливалась достаточное количество воды (не менее 1:5 от объема системы) и перемешивалась в течение 20 мин. Через 20 минут после перемешивания произведена декантация из верхнего 10-сантиметрового слоя суспензии для отделения песчаных частиц от монтмориллонита. Верхний слой, собранный в другой емкости осаждается и верхний осветленный слой воды сливается, оставив на дне осадок. В полученный осадок добавляется 10% раствора H_2SO_4 в объемном соотношении 1:1 и перемешивается в течение 2 часов при 40-50°С. После полученная система оставляется в покое 2 часа, затем твердая фаза отделяется от твердой центрифугированием, промывается несколько раз и высушивается при температуре 105 ± 5 °С до полного отсутствия влаги.

Таким образом, изменения в химическом составе, вызванные обогащением, могут усилить адсорбционные свойства и улучшить текстурные характеристики бентонитовых глин, делая их более эффективными в различных применениях, что доказывается изменением значений текстурных характеристик (табл. 2).

Таблица 2.

Текстурные характеристики обогащенных бентонитов

Образец	$S_{уд}, м^2/г$	$R, нм$	$\Sigma V, см^3/г$
Б1	77,3	3,61	0,221
Б2	61,2	3,98	0,203

Удельная поверхность образца Б1 увеличилась с 56,3 до 77,3 м²/г при обогащении (прирост в 21 м²/г или около 37%), в то время как для Б2 прирост составляет 18,5 м²/г или около 43%. Средний радиус пор (R) Б1 уменьшился с 41,48 Å (4,148 нм) до 3,61 нм (уменьшение в 0,537 нм или уменьшение на 13%).

Также наблюдается увеличение общего объема пор: для Б1 увеличивается с 0,19 до 0,221 см³/г, а для образца Б2 до 0,203 см³/г.

Динамика коллоидных дисперсий, включающая глинистые и (гидр)оксидные частицы, представляет собой сложный процесс. Под воздействием определенных условий частицы глины и (гидр)оксидов могут сочетаться, формируя составные структуры при определенном уровне pH. В результате в дисперсии образуются композитные частицы, где (гидр)оксиды формируют покрытие на глинистом основании. Далее приводятся результаты исследования процессов модификация образцов бентонитов с растворами различных солей для улучшения их адсорбционных и текстурных характеристик.

Для этого готовили суспензию 20 г обогащенного бентонита в 400 см³ дистиллированной воды при перемешивании в течение 1,5-2 часов. Затем получали 100 см³ раствора, содержащего смесь солей:

1. 0,541 г FeCl₃*6H₂O, 0,406 г MgCl₂*6H₂O и 0,198 г MnCl₂*4H₂O;
2. 0,438 г CaCl₂*6H₂O, 0,488 г ZnCl₂*6H₂O и 0,198 г MnCl₂*4H₂O.

Для проведения данного эксперимента взвешенные соли до точности 0,001 г разводились в 50 мл дистиллированной воды и тщательно перемешивались до их полного растворения. Затем их объем доводился до 100 см³ путем добавления дополнительной воды. Этот раствор солей постепенно вводили в активно перемешиваемую суспензию одновременно с добавлением 0,5 М NaOH, при этом pH суспензии поддерживали в диапазоне 9-11. После этого pH смеси корректировали до 10 и оставляли на 6 часов при комнатной температуре. Полученный осадок отфильтровывали, многократно промывали дистиллированной водой до полного отсутствия Cl⁻ и сушили при температуре 105±1 °С. В завершение материал подвергали термообработке при 300°С на протяжении 1,5-2 часов. Эта термическая обработка стабилизировала структуру композита, снижая его способность к набуханию в воде и обеспечивая легкое отделение методами фильтрации или центрифугирования, в отличие от обычного бентонита. По сути, при термообработке композит терял только связанную воду, в то время как структурные ОН-группы оставались нетронутыми и могли действовать как адсорбционные центры. Для исследования обработанный композит измельчался в ступке из агата и процеживался через сито с ячейками в 120 меш.

Модификация бентонита солями Fe(III), Mg и Mn(II) может привести к появлению дополнительных пиков или изменению интенсивности и положения существующих пиков из-за межслоевого обмена и/или присутствия этих катионов в структуре монтмориллонита. В результатах рентгеноструктурного анализа, можно увидеть (а) что для образца ФБ1 и

ФБ2, полученных на основе Б1 и Б2, соответственно, и первого раствора, содержащий соли Fe^{3+} , появляются пики характерные для оксидов Fe (III).

Обнаруживаются дополнительные пики (33° , 35.6° , 41°) оксиды железа, такие как гематит ($\alpha-Fe_2O_3$) и магнетит (Fe_3O_4). Модификация позиции основного пика монтмориллонита происходит при ионном замещении Ca или Na на Mg в межслоевых пространствах, что проявляется в образовании дифракционных пиков при $42.9^\circ 2\theta$. Все рассмотренные образцы бентонита демонстрируют спектральные характеристики, соответствующие оксиду марганца, на углах 33° , 40.8° и других значениях 2θ . Начальные бентониты обнаруживают пики d_{001} , d_{003} , d_{020} и d_{200} на 5,74; 17,30; 19,88 и 34,88 (2θ), в то время как для бентонитов, модифицированных с использованием раствора 2 (КБ1 и КБ2), эти пики находятся на 6,90, 17,59; 20,01 и 35,01 (2θ).

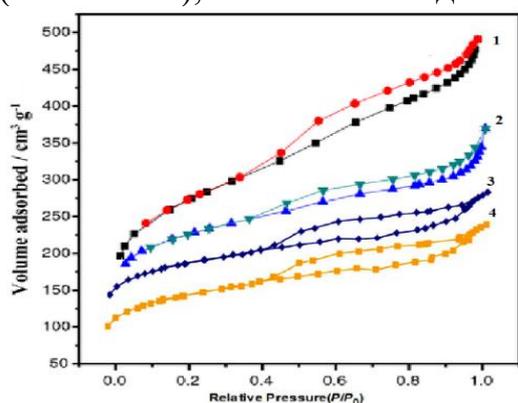


Рис. 7. Изотермы адсорбции азота на: 1) КБ1; 2) КБ2; 3) ФБ1; 4) ФБ2.

Таблица 3.

Текстуальные характеристики модифицированных бентонитов

Образец	$S_{уд}$, m^2/g	R, нм	$\sum V$, cm^3/g
ФБ1	120,588	3,282	0,332
ФБ2	95,472	3,618	0,305
КБ1	146,097	3,008	0,354
КБ2	115,668	3,317	0,325

Образец КБ1 имеет наибольшую удельную поверхность ($146,097 m^2/g$), что на 89,2% больше по сравнению с образцом Б1 и на 138,5% больше по сравнению с образцом Б2.

Модификация привела к уменьшению размера пор в большинстве образцов, что может свидетельствовать о повышении плотности структуры бентонита. Среди модифицированных образцов, КБ1 показал наименьший размер пор (3,008 нм), что делает его структуру более компактной по сравнению с другими образцами.

Модифицированные образцы также показали увеличение общего объема пор по сравнению с обогащенными не модифицированными образцами. Образец КБ1 показал наибольший общий объем пор ($0,354 cm^3/g$), что на 60,2% больше по сравнению с образцом Б1 и на 74,4% больше по сравнению с образцом Б2.

В четвертой главе «Адсорбционные характеристики обогащенных и модифицированных бентонитов» приводятся данные экспериментальных исследований, направленных на изучение адсорбционных характеристик модифицированных бентонитов.

Если процесс адсорбции ионов тяжелых металлов в обогащенном бентоните осуществляется путем обмена катионов, то в модифицированных бентонитах процесс протекает путем образования химических связей в виде комплексных соединений. Если же процесс в модифицированных образцах также протекает путем ионного обмена, то это должно привести к вымыванию оксидов и гидроксидов Fe^{3+} . Однако исследование химико-минералогического состава использованных модифицированных бентонитов показало определенную их устойчивость.

Полученные данные показывают, что модификация с помощью второго раствора, содержащего ионы Ca^{2+} , Zn^{2+} и Mn^{2+} , не вызывает изменений в кинетике адсорбции ионов Cu^{2+} из раствора. Время достижения адсорбционного равновесия в этой системе практически идентично результатам, которые были представлены ранее.

На рис. 8 и 9 представлены изотермы адсорбции ионов Cu^{2+} в нейтральной среде на исследуемых сорбентах. Условия процесса включают температуру $t=25\pm 1^\circ C$ и $pH=7$. Данные изотермы позволяют оценить зависимость между концентрацией ионов Cu^{2+} в растворе и их адсорбцией на сорбентах.

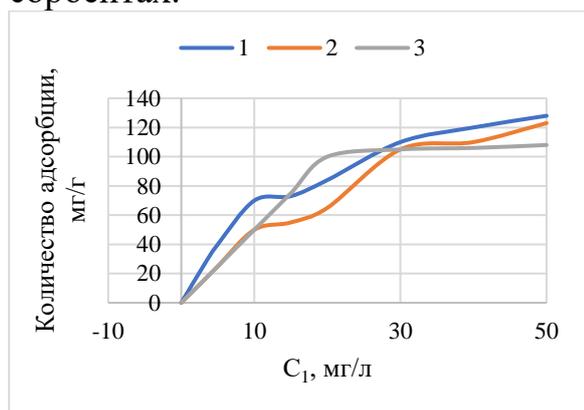


Рис. 8. Изотермы адсорбции Cu^{2+} на образцах: 1) ФБ1; 2) КБ1; 3) ОБ1.

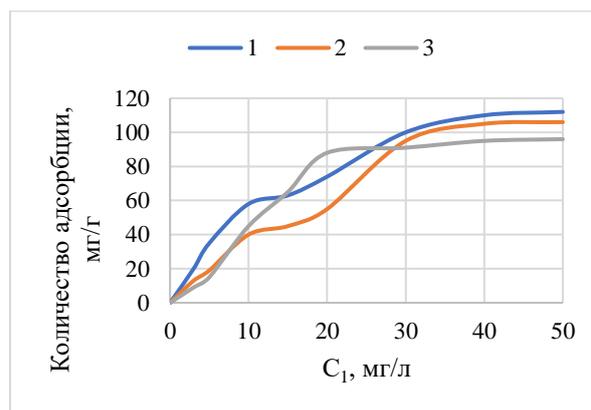


Рис. 9. Изотермы адсорбции Cu^{2+} на образцах: 1) ФБ2; 2) КБ2; 3) ОБ2.

Сравнение адсорбции ионов меди на обогащенных бентонитах (Б1 и Б2) и их модифицированных формах показывает следующие результаты. Для ФБ1 начальная адсорбция ионов меди наблюдается при концентрации 3 мг/л и достигает значения 25 мг/г. Дальнейшая адсорбция продолжает возрастать, достигая максимального значения в 128 мг/г при равновесной концентрации 50 мг/л.

В случае бентонита Б1, модифицированная форма ФБ1 демонстрирует наивысшую эффективность адсорбции ионов меди среди трех модифицированных форм. Аналогично для бентонита Б2, модифицированная форма ФБ2 также показывает лучшие результаты. В целом, модифицированные формы ФБ1 и ФБ2 проявляют более высокую эффективность адсорбции по сравнению с другими модифицированными формами для обоих бентонитов. Формы ОБ1 и ОБ2 также имеют некоторую адсорбционную способность, но незначительно ниже, чем у ФБ1 и ФБ2 соответственно.

Модифицированный бентонит ФБ1 имеет примерно в 3 раза большую сорбционную способность по ионам PO_4^{3-} в сравнении с исходными алюмосиликатами. Адсорбционная способность по фосфатам следует следующему порядку: ФБ2>ФБ1>КБ2-1>КБ1>ОБ1>ОБ2. Это соответствует изменению общей удельной поверхности и доступных микропор сорбентов.

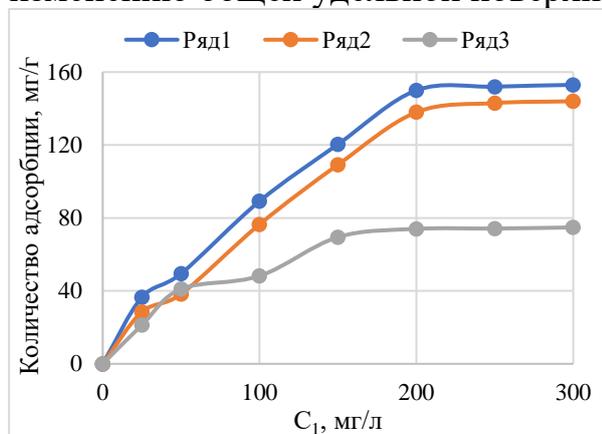


Рис. 10. Изотермы адсорбции PO_4^{3-} на образцах: 1) ФБ1; 2) КБ1; 3) ОБ1.

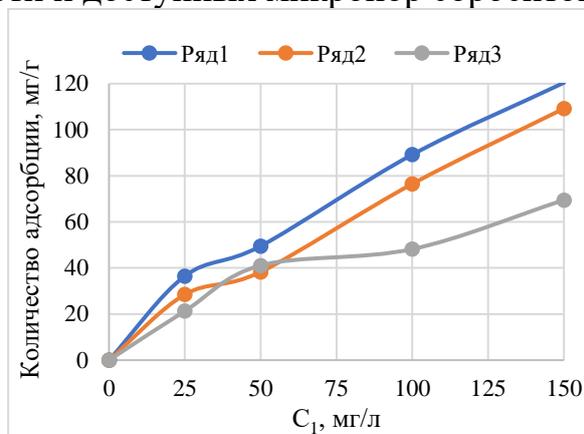


Рис. 11. Изотермы адсорбции PO_4^{3-} на образцах: 1) ФБ2; 2) КБ2; 3) ОБ2.

Таблица 4.

Значения количества адсорбции неорганических ионов на исследуемых материалах

Адсорбаты	ОБ1	ОБ2	ФБ1	ФБ2	КБ1	КБ2
Cu^{2+}	108,3	96,2	128,5	112,1	123,4	106,5
PO_4^{3-}	74,8	69,5	153,3	120,4	144,9	109,2

Анализ данных из табл. 4 показывает, что модифицированные бентониты ФБ1, ФБ2, КБ1 и КБ2 демонстрируют улучшенную адсорбционную активность по сравнению с исходными образцами ОБ1 и ОБ2 для обоих типов адсорбатов – Cu^{2+} и PO_4^{3-} . Среди всех исследуемых образцов ФБ1 обладает наивысшей адсорбционной активностью к Cu^{2+} и PO_4^{3-} . Эти результаты свидетельствуют о том, что процесс модификации бентонита способствует повышению его адсорбционных свойств, особенно в отношении анорганических ионов.

Анализ адсорбции водяных пар на выбранных образцах бентонитов, включая их модифицированные варианты КБ2 и КБ1, выявил, что модификация влияет на изменение их поверхностных атрибутов. Изотермы адсорбции воды для данных типов бентонитов представлены на иллюстрациях 12 и 13.

Анализ этих изотерм выявил следующие ключевые области: начальное резкое возрастание кривой до $P/P_0=0,4$, затем практически плоская часть в диапазоне $P/P_0=0,4-0,8$, и вновь резкий рост кривой при P/P_0 превышающем 0,80. Профиль первого участка указывает на быстрое начало процесса адсорбции, который затем уравнивается между значениями $P/P_0=0,4-0,8$. Данная форма изотермы типична для материалов, главным образом содержащих мезопоры, а также определенное количество макро- и микропор. При увеличении относительного давления (P/P_0 приближается к 0,8) на изотерме заметен изгиб, что указывает на начало формирования многослойной адсорбции адсорбата, в частности, на создание второго и следующих слоев молекул воды, покрывающих первичный слой.

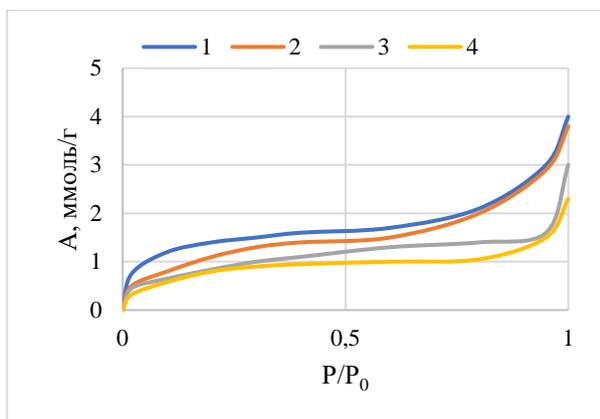


Рис. 12. Изотермы адсорбции паров воды на: 1) КБ1; 2) КБ2; 3) ОБ1; 4) ОБ2.

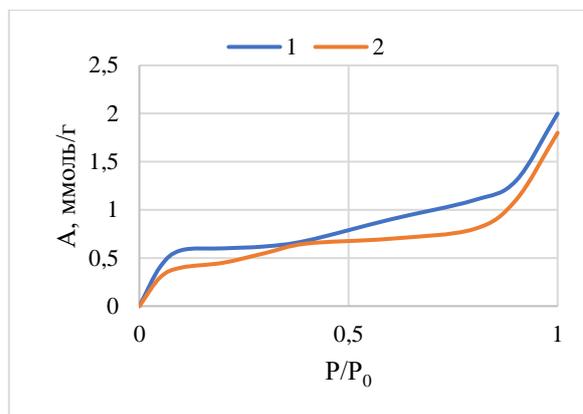


Рис. 13. Изотермы адсорбции паров воды на: 1) ФБ1; 2) ФБ2.

На основе анализа адсорбции водяных пар были рассчитаны показатели удельной поверхности: для глины КБ2 она составляет 158,1 м²/г, для КБ1 – 137,12 м²/г. Также были определены показатели сорбционной емкости по водяным парам: 22,1 г и 20,5 г воды на 100 г КБ2 и КБ1 соответственно.

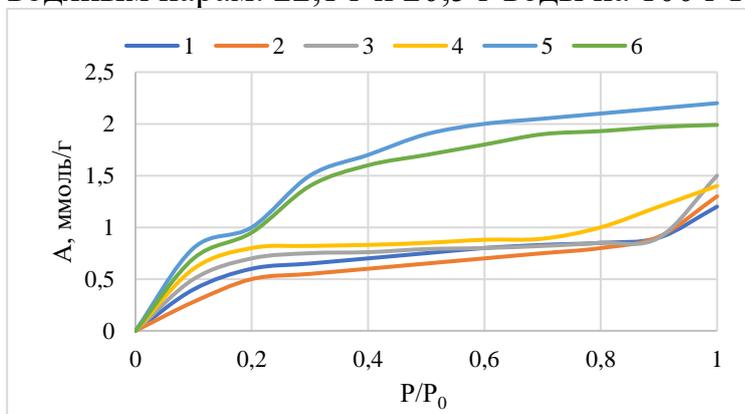


Рис. 14. Изотермы адсорбции паров бензола на: 1) ОБ1; 2) ОБ2; 3) КБ1; 4) КБ2; 5) ФБ1; 6) ФБ2.

Изотермы адсорбции паров бензола на анализируемых образцах бентонита в зависимости от относительного давления демонстрируют аналогичные характеристики с ранее рассмотренными изотермами. Специфика адсорбции паров бензола на КБ2 проявляется в выпуклом участке при небольших относительных давлениях ($P/P_0=0,2$), который значительно превосходит соответствующий участок на КБ1. Тем не менее, по характеру второй части изотермы, КБ2 демонстрирует более уровневую динамику, что приводит к сближению показателей адсорбции двух образцов, в результате которого в конце экспериментального периода оба показателя совпадают.

На основе проведенного исследования можно сделать выводы о том, что применение растворов, содержащих ионы Ca^{2+} , Zn^{2+} и Mn^{2+} , для модификации бентонитовых глин способствует значительному увеличению их адсорбционной способности в отношении водных паров. Конкретно, образцы КБ1 и КБ2 демонстрируют величину удельной поверхности в 158 и 167 м²/г соответственно. В то время как бентониты, обработанные растворами с ионами $Fe^{3+}+Mg^{2+}+Mn^{2+}$, показывают удельную поверхность 137 и 101 м²/г.

На модельных растворах, содержащих нефтепродукты (10 мг/л) и жиры (50 мг/л), проводились эксперименты по сорбции и каталитическому

удалению этих веществ с использованием обогащенных бентонитов и их модифицированных форм.

Таблица 5.

Текстурные характеристики адсорбентов

Образец	Текстурные характеристики					
	A_{∞} , моль/кг	S, м ² /г	V_a , см ³ /г	V_b , см ³ /г	ΣV , см ³ /г	ΔR , нм
По адсорбции паров воды						
ОБ1	0,925	60,13	0,0465	0,0250	0,0715	2,38
КБ1	2,436	158,36	0,100	0,030	0,131	1,66
ФБ1	2,111	137,23	0,095	0,045	0,140	1,96
ОБ2	0,861	55,99	0,0465	0,0280	0,0746	2,66
КБ2	2,569	167,22	0,111	0,030	0,141	1,56
ФБ2	1,534	101,10	0,081	0,030	0,111	1,88
По адсорбции паров бензола						
ОБ1	0,213	51,33	0,0448	0,0157	0,0605	2,36
КБ1	0,402	99,50	0,080	0,019	0,099	2,21
ФБ1	0,465	108,80	0,056	0,044	0,100	2,22
ОБ2	0,197	47,35	0,435	0,0223	0,0658	2,78
КБ2	0,513	123,21	0,108	0,022	0,130	2,42
ФБ2	0,569	136,21	0,093	0,036	0,129	2,06

На рис. 15 и 16 представлены результаты очистки модельных растворов. На рисунках представлены гладкие кинетические графики сорбции нефтепродуктов и жиров, без резких изменений, указывающих на физическую адсорбцию. Максимальное уменьшение уровней нефтепродуктов и жиров зафиксировано в первые 20 минут при использовании обогащенных бентонитов. Однако, графики для модифицированных форм (рис. 17 и 18) демонстрируют иной характер сорбции, что подтверждают их ступенчатые кривые. Максимальное снижение уровней происходит в первые 5 минут из-за высокой скорости процесса. Скорее всего, модификация способствовала усилению взаимодействия органических молекул с поверхностью бентонита. Изменение кривой происходит на 30 минуте, что может быть связано с проникновением больших органических молекул в поры.

С рисунков также видно, что все адаптированные бентониты уменьшают содержание нефтепродуктов на 90% и выше. Тем не менее, для образцов КБ1 и КБ2 снижение уровня маслянистых веществ составляет лишь до 19 и 17 мг/г, что составляет 62 и 66 % очистки.

Была также изучена каталитическая активность бентонитов в окислении органических материалов с использованием перекиси водорода. Исследования влияния различных параметров показали, что наилучшие результаты достигаются при температуре выше 20°C и концентрации окислителя 360 мг/л. При снижении уровня пероксида водорода процесс замедляется, а при увеличении - реакция удаления также замедляется, вероятно, из-за уменьшения количества активных гидроксил-радикалов.

При внесении пероксида водорода в процессе окисления с помощью первоначальных монтмориллонитов (ОБ1 и ОБ2) окислительная активность нефтепродуктов не достигала 60%. Однако в системах ФБ1 и ФБ2, чтобы добиться 99% эффективности, требуется всего 20-25 минут. Скорее всего, окислительная способность натуральных монтмориллонитов связана с их способностью адсорбировать вещества на своей поверхности в начале реакции, затем происходит окислительное разрушение. Заметны различия в каталитической активности между Fe^{3+} и Ca^{2+} . При применении катализаторов КБ1 и КБ2 окисление нефтепродуктов достигает более 80%.

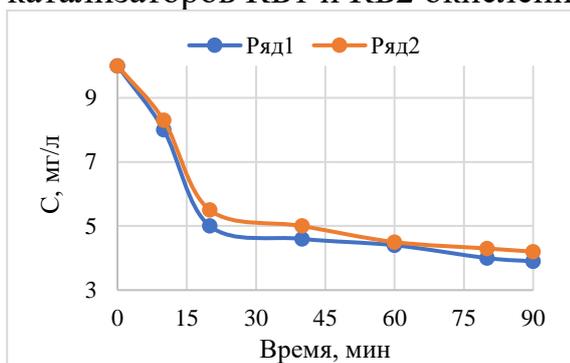


Рис. 15. Кинетика снижения концентрации нефтепродуктов: 1) Б2; 2) Б1.

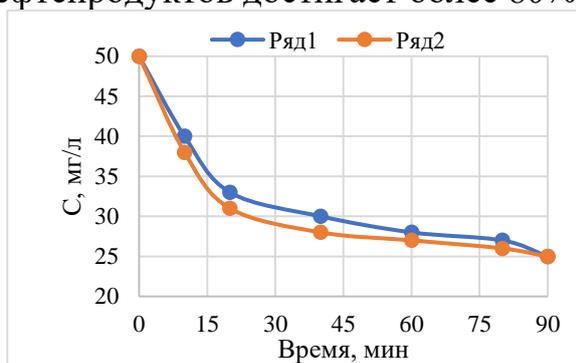


Рис. 16. Кинетика снижения концентрации жиров: 1) Б2; 2) Б1.

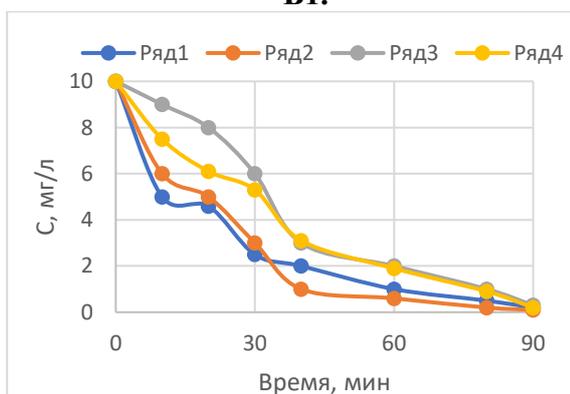


Рис. 17. Кинетика снижения концентрации нефтепродуктов: 1) КБ2; 2) КБ1; 3) ФБ1; 4) ФБ2.

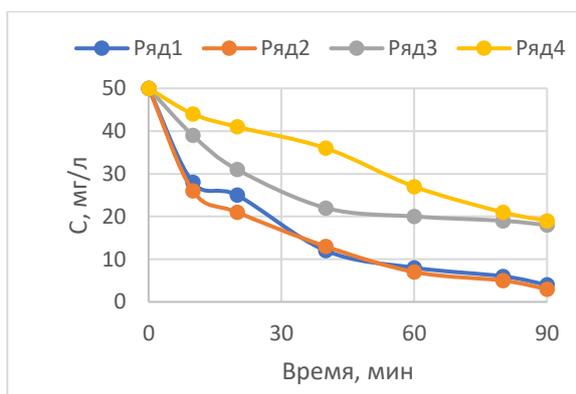
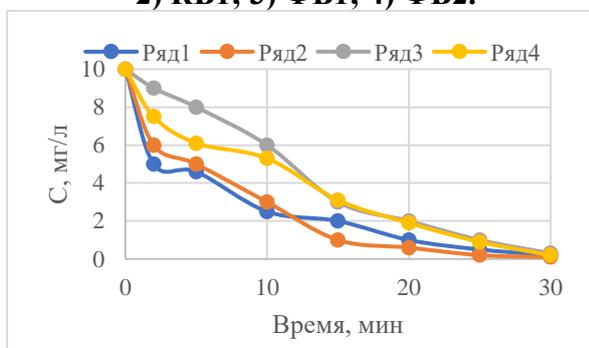
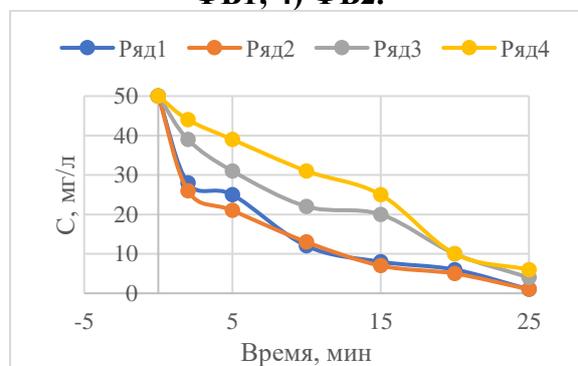


Рис. 18. Кинетика снижения концентрации жиров: 1) КБ2; 2) КБ1; 3) ФБ1; 4) ФБ2.



А)



Б)

Рис. 19. Кинетические кривые каталитического удаления нефтепродуктов (А) и жиров (Б) под воздействием H_2O_2 в присутствии: 1) ФБ1; 2) ФБ2; 3) КБ1; 4) КБ2.

Таким образом, модифицированные бентониты демонстрируют высокую эффективность в сорбции нефтепродуктов и масложировых веществ, особенно образцы КБ1 и КБ2. При использовании пероксида водорода для каталитического окисления исходные монтмориллониты (ОБ1 и ОБ2) показывают уровень окисления не более 60%. В то время как в системах с ФБ1 и ФБ2 достигается почти полное окисление (99%) всего за 20-25 минут.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основе проведенных исследований установлено, что глины Б1 и Б2 различаются по своим минералогическим, химическим и текстурным характеристикам, что влияет на их адсорбционные свойства. Глина Б1 выделяется высокой катионообменной активностью, содержанием слоистых минералов, высокой удельной поверхностью и объемом микропор.

2. Установлено, что оптимальные условия модификации бентонита достигаются при использовании смеси солей, введенных в активно перемешиваемую суспензию одновременно с добавлением 0,5 м NaOH, с поддержанием pH суспензии в диапазоне 9-11. Это обеспечивает формирование композитных частиц с высокой адсорбционной активностью к катионным адсорбатам водной среде. Последующая термообработка при 300°C стабилизирует структуру материала, делая его более устойчивым к набуханию в воде.

3. Изменения в структуре монтмориллонита доказываются смещением и уширением пиков дифракции, появлением новых пиков, характерных для оксидов Fe(III), Mg и Mn(II), а также изменением пиков, связанных с дифракцией кварца и кристобалита. Структурные модификации, отражающиеся в d-расстояниях и других параметрах, указывают на то, что межслоевое расстояние реагирует на введенные модификации, что может повлиять на текстурные и адсорбционные свойства бентонита.

4. Установлено, что эффективность адсорбции неорганических ионов Cu^{2+} и PO_4^{3-} на модифицированных бентонитах ФБ1, ФБ2, КБ1 и КБ2 существенно превышает адсорбционные способности исходных образцов ОБ1 и ОБ2 при низком pH (pH=2). Модифицированный бентонит КБ1 обладает наибольшим потенциалом адсорбции Cu^{2+} , в то время как ФБ1 демонстрирует высокую эффективность в адсорбции PO_4^{3-} .

5. Установлено, что модификация бентонитов с использованием растворов пленкообразующих катионов, т.к. ионы Ca^{2+} , Zn^{2+} и Mn^{2+} , приводит к значительному увеличению их адсорбционной способности в отношении паров воды, а с ионами Fe^{3+} , Mg^{2+} и Mn^{2+} по отношению к парам бензола. Это подчеркивает важность ионного состава растворов для модификации в зависимости от целевых адсорбционных задач.

6. Исследования адсорбции нефтепродуктов и масложировых веществ подтвердили их высокую эффективность: образцы на основе КБ1 и КБ2 достигают уровня очистки превышающего 80%, в то время как системы, содержащие ФБ1 и ФБ2, обладают окислительными свойствами, способными устранять до 99% загрязнителей в интенсивном временном режиме 20-25 минут.

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

SAMARKAND STATE MEDICAL UNIVERSITY

MAMADOLIEV IKROM ILKHOMIDDINOVICH

**ADSORPTION STUDIES OF HIGHLY SELECTIVE ADSORBENTS
FROM NAVBAHAR BENTONITE**

02.00.11 – Colloid and membrane chemistry

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

Tashkent – 2023

The theme of dissertation doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Ministry of Higher Education, Science and Innovations of the Republic of Uzbekistan under number B2022.3.PhD/K470

The dissertation was completed at Samarkand State Medical University.

The abstract of the dissertation in three languages (uzbek, russian, english (resume)) on the website www.ionx.uz and information-educational portal Ziyonet at the address (www.ziyonet.uz).

Academic Supervisor: **Fayzullaev Normurat Ibodullaevich**
doctor of technical sciences, professor

Official opponents: **Abdikamalova Aziza Baxtiyarovna**
doctor of chemical sciences, senior researcher

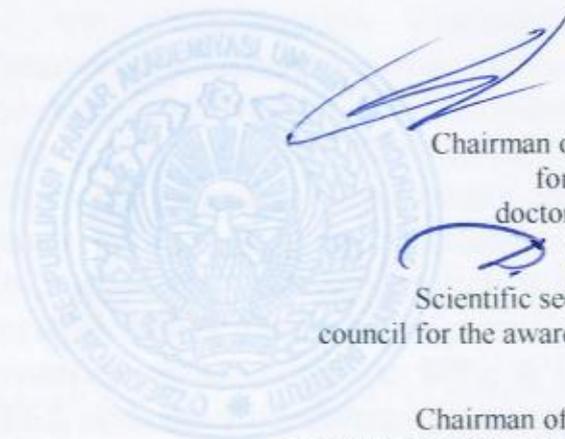
Ismailov Rovshan Israilovich
doctor of chemical sciences, professor

Leading organization: Namangan Institute of Engineering and Technology

The defense will take place on 11 January 2024 at 10⁰⁰ o'clock at the meeting of on Scientific Council DSc.02/30.12.2019.K/T.35.01 at the General and Inorganic Chemistry Institute (Address: 77-a, Mirzo Ulugbek str., Tashkent, 100170, Uzbekistan; phone: (+99871) 262-56-60, fax: (+99871) 262-76-90, e-mail: ionx@academy.uz).

The dissertation can be reviewed at the Information Resource Centre of the General and Inorganic Chemistry (registered №8). Address: 77-a, Mirzo Ulugbek str., Tashkent, 100170, Uzbekistan, phone: (+99871) 262-56-60.

Abstract of dissertation was mailed by December 29, 2023.
(mailing report № 8 on December 29, 2023).



B.S. Zakirov
Chairman of the one-time scientific council
for the award of academic degrees,
doctor of chemical sciences, professor

D.S. Salixanova
Scientific secretary of the one-time scientific
council for the award of academic degrees, professor

I.D. Eshmetov
Chairman of the academic seminar under the
one-time scientific council awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of the research work: is to study the modification of bentonite clay using solutions containing various cations to obtain highly selective adsorbents.

The object of the research work: are alkaline and alkaline earth bentonite from the Navbakhor deposit and their forms modified with film-forming solutions of Ca+Zn+Mn and Fe+Mg+Mn ions.

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

a method has been developed for processing bentonite clays, including cleaning, swelling, separation of sand particles from montmorillonite and modification using a 10% H₂SO₄ solution, which allows reducing water consumption several times;

it was found that changes in the mineralogical composition during enrichment affect the dispersion of the studied samples and increase the fractions with sizes less than 1 micron by 1.93 and 2.8 times, respectively, for samples B1 and B2;

optimal conditions have been established for the modification of bentonites B1 and B2 with salt solutions (Fe³⁺, Ca²⁺), which helps to increase the specific surface area of these samples from 56.3 and 42.7 to 146.1 and 115.2 m²/g;

It has been established that modification of bentonites with solutions of Ca²⁺+Zn²⁺+Mn²⁺ leads to a significant increase in their adsorption capacity with respect to water vapor, and treatment with solutions with Fe³⁺+Mg²⁺+Mn²⁺ ions for hydrophobic benzene;

It was revealed that the modification of bentonite with solutions of Ca²⁺ salts leads to an increase in adsorption activity for oil products and fatty substances, and the introduction of Fe³⁺ ions leads to an increase in oxidative properties.

Implementation of research results. Based on scientific results on the production of highly porous materials based on bentonites and (hydr)oxide particles:

a method for drying gases using bentonite adsorbents modified with Ca²⁺+Zn²⁺+Mn²⁺ has been put into practice by Mubarek Gas Processing Plant LLC (Certificate of Mubarek Gas Processing Plant LLC No. 644/FK-08-2021 dated December 17.2021). As a result, purified natural gas has a lower degree of moisture and meets the requirements of industrial production;

adsorbents based on modified bentonite for adsorption purification of drinking and waste water from Cu²⁺ ions are included “in the list of promising developments for implementation in 2024-2025” in practice of the Ministry of Ecology, Environmental Protection and Climate Change of the Republic of Karakalpakstan (Reference Ministry of Ecology, Environmental Protection and climate change of the Republic of Karakalpakstan 01/18-8-1507 dated November 10, 2023). As a result, when using modified bentonites, a reduction in the concentration of Cu²⁺ ions to 91-95% is achieved.

The structure and scope of the thesis. The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, references and an appendix. The volume of the thesis is 103 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; part I)

1.Н.И.Файзуллаев, И.И.Мамадолиев. Юқори кремнийли цеолитнинг фаолланиш шароитини мақбуллаштириш //Научный вестник Самаркандского государственного университета. 2019. № 3(115).С 8-12.

2.Mamadoliev Ikromjon Ilkhomidinovich. Study Of The Sorption And Textural Properties Of Bentonite And Kaolin // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences Scientific journal 2019. № 11–12. С 33-38.

3.I.I. Mamadoliev, N.I. Fayzullaev. Optimization of the Activation Conditions of High Silicon Zeolite // International Journal of Advanced Science and Technology IJAST Journal. Vol. 29, No. 03, (2020), pp. 6807 – 6813 (Scopus)

4.I.I. Mamadoliev., N.I. Fayzullaev, K.M. Khalikov International Journal of Control and Automation Vol. 13, No. 2, (2020), pp. 703 - 709 IJCA (Scopus).

5.N.I. Fayzullaev., I.I. Mamadoliev. Mahalliy Xomashyolardan Olingan Yuqori Kremniyli Seolitli Sistemalarining Xarakteristikolari// Научный вестник Самаркандского государственного университета. 2020-yil, 1 (119) 52-56 б.

6.Fayzullaev N. I Mamadoliev I.I Pardeaeva S.B. Research Of Sorption Properties Of High Silicon Zeolites From Bentonite // ACADEMICIA An International Multidisciplinary Research Journal. Vol. 10 Issue 10, Oct 2020 pp 244-251.

7.Fayzullaev N.I., Mamadoliev I.I., Pardeaeva S.B., Barakayeva M. N Synthesis Of High Silicon Zeolites From Kaolin And Bentonite// The American Journal of Interdisciplinary Innovations and Research. March 26, 2021. p p 30-36

8.Мамадолиев И.И., Файзуллаев Н.И., Юсупова С.С. Текстурные Свойства Высокремниевых Цеолитов Полученные Из Навбахорского Бентонита // Universum: химия и биология: электрон. научн. журн. 2021. 10(88).С 61-67.

9.Мамадолиев Икромжон Илхомидинович. Study Of Texture Characteristics Of Unmodified And Modified Bentonite// Universum: технические науки: электрон. научн. журн. Выпуск: 2(95) Февраль. Часть 7 Москва 2022 с 48-51.

10. И.И. Мамадолиев, Д.Х. Очилов, Н.И. Файзуллаев. Получение Высокремнистых цеолитов из каолина// Universum: технические науки: электрон. научн. журн. Выпуск: 6(99) июнь. Часть 8 Москва 2022 с 15-20.

II бўлим (II часть; part II)

11.Н.И.Файзуллаев, И.И. Мамадолиев, А.Ю. Буронов, К.М. Халиков. Бентонит ва каолиннинг сорбцион хоссаларини ўрганиш // 2019 йил «Фаол инвестициялар ва ижтимоий ривожланиш йили»га бағишланган «фан ва таълим-тарбиянинг долзарб масалалари» мавзусидаги республика илмий-назарий анжуман материаллари 5-бўлим Нэкис-2019 304-306 б.

12.Н.И.Файзуллаев., И.И. Мамадолиев., Буронов А.Ю. Bentonit va kaolinning tekstur xossalariни ўрганиш // 2019 йил «фаол инвестициялар ва ижтимоий ривожланиш йили»га бағишланган «фан ва таълим-тарбиянинг долзарб масалалари» мавзусидаги республика илмий-назарий анжуман материаллари 5-бўлим нөқис-2019 306-307 б.

13.Файзуллаев Н.И., Мамадолиев И.И. Bentonitни натрий карбонат билан фаоллаштириш //2019 йил «фаол инвестициялар ва ижтимоий ривожланиш йили»га бағишланган «фан ва таълим-тарбиянинг долзарб масалалари» мавзусидаги республика илмий-назарий анжуман материаллари 5-бўлим нөқис-2019 й 285-288 б.

14.Файзуллаев Н.И., Мамадолиев И.И. Харрингтоннинг мақбуллик функцияси ёрдамида цеолитнинг фаолланиш шароитини мақбуллаштириш // Республикаси фанлар академияси умумий ноорганик кимё институти, Турли физик-кимёвий усуллар ёрдамида нефт ва газни аралашмалардан тозаланинг долзарб муаммолари Республика илмий-амалий Қарши давлат университети 2019 й 27апрел 301-303 б.

15.Файзуллаев Н.И., Мамадолиев И.И. Юқори кремнийли цеолитли системаларининг текстур характеристикалари ва сирт юзаси морфологияси// Наманган давлат университети Биоорганик кимё фани муаммолари (академик О.С.Содиқов хотирасига бағишланган) IX республика ёш кимёгарлар конференция материаллари II-том 26-27 апрел 2019 йил 65-68 б.

16.Файзуллаев Н.И., Мамадолиев И.И. Маҳаллий хомашёлардан олинган юқори кремнийли цеолитларнинг адсорбцион хусусияти // Наманган давлат университети Биоорганик кимё фани муаммолари (академик О.С.Содиқов хотирасига бағишланган) IX республика ёш кимёгарлар конференция материаллари II-том 26-27 апрел 2019 йил 68-70 б.

17.Файзуллаев Н.И., Мамадолиев И.И. Маҳаллий хом-ашёлар асосида юқори кремнийли цеолитлар олиш//III Международная конференция-симпозиум “Тошкент инновационный химико-технологический научно-технический институт” “внедрение достижений науки в практику и устранение в ней деятельности коррупции” 30 ноября 2019 г 84-87 б.

18.Файзуллаев Н.И., Мамадолиев И.И., С.Ю.Бобомуродова Сорбентларнинг текстур хossalariни ўрганиш // III Международная конференция-симпозиум “Тошкент инновационный химико-технологический научно-технический институт” “Внедрение достижений науки в практику и устранение в ней деятельности коррупции” 30 ноября 2019 г 144-146 б.

19.Mamadoliyev I. Synthesis Of High-Silicone Zeolites //Збірник наукових праць «ΛΟΓΟΣ» Budapest .18.09.2020. pp16-20.

20.Mamadoliyev I.I.,Fayzullaev N.I.,Baykulov A.K Production Of High-Silicon Zeolites From Kaolin//Збірник наукових праць «ΛΟΓΟΣ» München 25.12. 2020. pp.21-28.

21.Н.И.Файзуллаев, И.И.Мамадолиев, Д.К.Холмуродова, М.С.Сайфиева. Синтез высококремнистого цеолита из местного сырья// Международный научно-образовательный электронный журнал «Образование и наука в XXI

веке». Выпуск №21 (том 6) (декабрь, 2021). Дата выхода в свет: 31.12.2021. С 969-981

22. Баракаева М.Н., Мамадолиев И.И. Маҳаллий хом-ашёлардан олинган юқори кремнийли цеолитли системаларнинг характеристикалари//гепатогастроэнтерологических исследований 75-ой Международной научно-практической конференции студентов-медиков и молодых учёных. г.Самарканд, 18 мая 2021г. 184-185 б.

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

Босмахона лицензияси:



9338

Бичими: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» гарнитураси.
Рақамли босма усулда босилди.
Шартли босма табағи: 3,5. Адади 100 дона. Буюртма № 40/22.

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

