

**НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР
УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.17/7.06.2024.К/Т.06.03 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР
УНИВЕРСИТЕТИ**

ИСРОИЛОВ ОЛТИНБЕК ИХТИЁР ЎҒЛИ

**ЦЕЛЛЮЛОЗА ҲОСИЛАЛАРИ АСОСИДА ГИДРОГЕЛЛАР ОЛИШ ВА
ХОССАЛАРИНИНГ ТАДҚИҚОТИ**

02.00.14 – Органик моддалар ва улар асосидаги материаллар технологияси

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
АВТОРЕФЕРАТИ**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
автореферати мундарижаси**
**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD) по
техническим наукам**
**Contents of dissertation abstract of doctor philosophy (PhD) on technical
sciences**

Исроилов Олтинбек Ихтиёр ўғли Целлюлоза ҳосилалари асосида гидрогеллар олиш ва хоссаларининг тадқиқоти.....	3
Исроилов Олтинбек Ихтиёр ўғли Получения и исследование свойств гидрогелей на основе производных целлюлозы	21
Isroilov Oltinbek Preparation and study of the properties of hydrogels based on cellulose derivatives	39
Эълон қилинган ишлар рўйхати Список опубликованных работ List of published works.....	43

**НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР
УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.17/7.06.2024.К/Т.06.03 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР
УНИВЕРСИТЕТИ**

ИСРОИЛОВ ОЛТИНБЕК ИХТИЁР ЎҒЛИ

**ЦЕЛЛЮЛОЗА ҲОСИЛАЛАРИ АСОСИДА ГИДРОГЕЛЛАР ОЛИШ ВА
ХОССАЛАРИНИНГ ТАДҚИҚОТИ**

02.00.14 – Органик моддалар ва улар асосидаги материаллар технологияси

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
АВТОРЕФЕРАТИ**

Фалсафа доктори (PhD) диссертация мавзуси Ўзбекистон Республикаси Олий таълим, фан ва инновациялар вазирлиги ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2025.2.PhD/T5582 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Навоий давлат кончилик ва технологиялар университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (rezюме)) Илмий кенгашнинг веб-саҳифасида (www.nsumt.uz) ва «Ziyonet» Ахборот-таълим порталида (www.ziyonet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Мухиддинов Баходир Фахриддинович
кимё фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Вапоев Ҳуснитдин Мирзоевич
техника фанлари доктори, профессор

Қиёмов Шариф Нозимович
техника фанлари доктори, к.и.х.

Етакчи ташкилот:

Бухоро давлат университети

Диссертация ҳимояси Навоий давлат кончилик ва технологиялар университети ҳузуридаги DSc.17/7.06.2024.К/Т.06.03 рақамли Илмий кенгашнинг 2025 йил 26 август соат 9:00 даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 210100, Навоий шаҳри, Ғалаба шоҳ кўчаси, 76-уй. Навоий давлат кончилик ва технологиялар университетининг мажлислар зали. Тел.: 79 (436) 223-23-32; факс: 0 (436) 223-49-66; (e-mail: info@ndki.uz).

Диссертация билан Навоий давлат кончилик ва технологиялар университети Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (217 рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 210100, Навоий шаҳри, Ғалаба шоҳ кўчаси, 76-уй. кўчаси, Тел.: 0 (436) 223-23-32; факс: 0 (436) 223-49-66.

Диссертация автореферати 2025 йил 13 август куни тарқатилди.
(2025 йил «13» августдаги 11 рақамли рејестр баённомаси).



[Signature]

Нурмуродов Т.И.

Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш раиси в.в.б., т.ф.д., проф.

[Signature]

Шарипов С.Ш.

Илмий даражалар бериш бўйича
илмий кенгаш котиби, PhD, доцент

[Signature]

Вапоев Ҳ.М.

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш
ҳузуридаги илмий семинар раиси., т.ф.д., проф.

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда аҳоли сонининг кескин ортиши ва аграр секторларнинг кенгайиши табиий ресурслардан, айниқса, сувдан фойдаланиш ҳажмини оширмоқда. Бирлашган Миллатлар Ташкилоти тахминларига кўра, 2030-йилга бориб сайёрамизда сув ресурслари тақчиллиги сезиларли даражада ошади. Шунингдек, қишлоқ хўжалигида суғориш учун фойдаланиладиган умумий сув миқдори чучук сув истеъмолининг асосий қисмини ташкил қилади. Суғориладиган қишлоқ хўжалиги ерлари озик-овқат маҳсулотлари етиштиришнинг асосий манбаи бўлиб, жаҳон озик-овқат маҳсулотларининг деярли ярмини суғориладиган қишлоқ хўжалиги ерларидан олиш имконини беради. Бундан ташқари, одамларнинг сувдан фойдаланишидаги салмоғининг асосий қисми суғориладиган деҳқончиликка тўғри келади. Шу боис, қишлоқ хўжалигида янада содда ва инновацион усулларни қўллаш алоҳида аҳамият касб этади.

Дунёда бугунги кунда сув тақчиллиги шароитида инновацион ёндашувлардан бири сифатида сувни тежовчи янги турдаги полимер материалларни олиш технологияларини ишлаб чиқиш, улар орқали тупроқнинг намлик сифimini ошириш хусусиятларини тадқиқ қилиш, буғланиш натижасида сув йўқотилишини камайтириш ҳамда ўсимликларнинг сув ва минерал ўғитлар билан тўйинишини таъминланиш бўйича илмий изланишлар олиб борилмоқда. Бу борада, юқори самарадор табиий полимерлар асосида юқори бўкувчан гидрогеллар синтез қилиш, уларнинг физик-кимёвий хоссаларини оширишга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Республикамизда кимё саноатининг юқори технологиялар асосида ривожланиши натижасида янги турдаги материаллар ишлаб чиқарилмоқда. Хусусан, “Навоийазот” АЖ да ишлаб чиқарилаётган целлюлоза ҳосилалари юқори бўкувчанликка эга бўлган гидрогеллар олиш бўйича илғор илмий асосланган чора-тадбирларни жорий қилиб, бир қатор илмий-амалий натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 60-сонли Фармонида¹ сувдан фойдаланиш унумдорлигини ошириш ва сув йўқотилишини камайтириш, янги технологияларни қўллаш орқали самарадорликка эришиш каби муҳим вазифалар белгиланган. Ушбу вазифалардан келиб чиққан ҳолда, юқори бўкувчан гидрогеллар синтез қилиш, физик-кимёвий ва физик-механик хоссаларини тадқиқ қилиш ҳамда тежамкор технологияларни жорий этишга қаратилган тадқиқотлар катта илмий ва амалий аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 25 октябрдаги ПҚ-4499-сон «Қишлоқ хўжалигида сув тежовчи технологияларни жорий этишни рағбатлантириш механизмларини кенгайтириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2022 йил 1 мартдаги ПҚ-144-сон “Қишлоқ хўжалигида сувни тежайдиган технологияларни жорий этишни янада такомиллаштириш чора-

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги «2022 — 2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида»даги ПФ-60-сон Фармони // Ўзбекистон Республикаси конун ҳужжатлари тўплами. – Т., 2022.

тадбирлари тўғрисида”ги, 2023 йил 3 апрелда ПҚ-107-сон “Сув ресурсларидан фойдаланиш самарадорлигини ошириш бўйича кечиктириб бўлмайдиган чора-тадбирлар тўғрисида”ги қарори ва 2024 йил 5 январдаги ПҚ-5-сон “Қуйи бўғинда сув ресурсларини бошқариш тизимини такомиллаштириш ҳамда сув ресурсларидан фойдаланиш самарадорлигини ошириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга муайян даражада хизмат қилади.

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

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Гидрогелларнинг сувда юқори бўқувчан турларини синтез қилиш ва олиш технологиясини соддалаштириш борасида хорижлик олимлардан Muhammad Rizwan, Salih Muharam, Liu M, Alessandro F. Martins, , R. Nuisin, S.Al-Assaf, YE.M. Ahmed, A.Abidin, M.R. Lutfor, M.Z. Rahman, M.J. Zouhuriaan-Mehr, Prabhpreyet Kaur, S.D. Zhang, K.Kabiri, N. Dairi A.I.Jushman, D.YE. Garli, С.Иванов, S.K. Gulrez, B.B. Василевскийлар томонидан, шунингдек, Ўзбекистон Республикасида: А.Т. Джалилов, X.X. Тураев, Б.Ф. Мухиддинов, Ш.Д. Ширинов, Б.А. Холназаров, М.Б. Тожидинов, Ш. Холтураев, Б.Х. Мамутов, Ш.Д. Шеркузиев ва бошқалар томонидан илмий тадқиқотлар олиб борилган ва борилмоқда.

Ушбу олимлар томонидан экологик тоза ва сув тежовчи гидрогелларни ишлаб чиқариш бўйича янги тадқиқотлар ва амалий лойиҳалар амалга оширилган ҳамда табиий ва синтетик полимерлар, турли бошқа моддалар асосида гидрогеллар синтез қилинган. Хусусан, табиий полимерлар асосида яратилган гидрогеллар қишлоқ хўжалиги, тиббиёт, саноат, қурилиш, озик-овқат саноати ва қадоқлаш каби соҳаларда ҳам кенг қўлланилмоқда.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.

Диссертация тадқиқоти Навоий давлат кончилиқ институти илмий тадқиқот ишлари режасига мувофиқ 4-04/2021-« Юқори сув ўсимликларидан фойдаланган ҳолда чиқиндихоналарни биотехнологик тозалашни тадқиқ қилиш» мавзусидаги хўжалиқ шартномаси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади табиий полимерлар асосида юқори бўқувчан ва биопарчаланувчан ҳамда таркибида ўсимликлар учун озуқа моддалари сақлаган гидрогеллар олиш технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

таркибида табиий полимерлар карбоксиметилцеллюлоза, гидроксипропилметилцеллюлоза, акрил кислота, полиакриламид, винилацетат ва минерал ўғитлар ҳамда боғловчи хром тузлари ва инициаторлар иштирокида юқори бўқувчан гидрогеллар синтез қилишнинг мақбул шароитларини аниқлаш;

таркибида табиий полимерлар карбоксиметилцеллюлоза ва гидроксипропилметилцеллюлозани табиий минерал – бентонит асосида олинган юқори бўқувчан гидрогелларнинг физик-кимёвий хоссалари ва тузилишини замонавий тадқиқот усуллари ёрдамида тадқиқ қилиш;

юқори бўқувчан гидрогелларнинг сорбцион хоссаларига дастлабки моддаларнинг ва эритмадаги ионлар концентрациялари таъсирини ўрганиш;

таркибида табиий полимерлар карбоксиметилцеллюлоза ва гидроксипропилметилцеллюлозани табиий минераллар асосида юқори бўқувчан гидрогеллар олиш технологиясини ишлаб чиқиш ва техник иқтисодий кўрсаткичларини асослаш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида карбоксиметилцеллюлоза, гидроксипропилметилцеллюлоза, акрил кислота, акриламид, полиакриламид, винилацетат, хром нитрат, карбамид, бентонит, аммоний персульфат, калий персульфат, натрий гидрокарбонат, натрий гидроксидлар олинган.

Тадқиқотнинг предмети табиий полимерлар асосида синтез қилинган гидрогелларнинг физик-кимёвий хоссаларига винил мономерлари, карбамид ва табиий минераллар, боғловчилар, инициатор, натрий гидрокарбонат ҳамда ҳароратларнинг таъсирини тадқиқ этиш ва юқори бўқувчан гидрогелларни осон усул билан олиш технологиясини ишлаб чиқиш ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқотлар жараёнида олинган гидрогелларнинг тузилиши, физик-кимёвий ва морфологик хоссаларини ўрганишда сканерли электрон микроскопия, инфрақизил спектроскопия, дериватография, рентгенография ва порозиметрия усулларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

таркибида табиий полимерлар - карбоксиметилцеллюлоза ва гидроксипропилметилцеллюлоза, акрил кислота, полакриламид, винилацетат, бентонит ҳамда боғловчи Cr^{3+} тузлари асосида юқори бўқувчан, иқлим шаротида турғун бўлган ва озуқа моддалар сақловчи гидрогеллар олинган;

таркибида табиий полимерлар карбоксиметилцеллюлоза гидроксипропилметилцеллюлоза, акрил кислота, полиакриламид, винилацетат ва минерал ўғитлар ҳамда боғловчи (Cr^{3+} тузи) ва инициаторлар иштирокида юқори бўқувчан гидрогеллар синтез қилишнинг мақбул (отимал) шароитлари: ҳарорат- 98 °С, реакция давомийлиги 170 минут, мономер концентрацияси 16 масс.%, инициатор концентрацияси 5,5 масс.% эканлиги аниқланган;

олинган гидрогелларнинг термик барқарорлиги дериватография усули ва бўқувчанлиги эса табиий минерал бентонит концентрациясининг таъсири ўрганилган ҳамда гидрогелнинг максимал бўқувчанлиги 950-1050 г/г эканлиги аниқланган;

таркибида табиий полимерлар - карбоксиметилцеллюлоза ва гидроксипропилметилцеллюлоза асосида табиий минераллар иштирокида юқори бўқувчан гидрогеллар олиш технологияси ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

карбоксиметилцеллюлоза, гидроксипропилметилцеллюлоза ва акрил

кислота, акриламид, полиакриламид, винилацетат ҳамда хром тузи асосида маҳаллий иқлим ва тупроқ шароитларида самарали ишлай оладиган юқори бўқувчан гидрогеллар олиш ва қўллаш натижасида сув ва минерал ўғитларни сезиларли даражада тежаш имконияти яратилган;

карбоксиметилцеллюлоза ва гидроксипропилметилцеллюлоза асосида юқори бўқувчан гидрогеллар олиш технологияси яратилган.

карбоксиметилцеллюлоза ва гидроксипропилметилцеллюлоза асосидаги синтез қилинган гидрогеллар олишнинг техник-иқтисодий кўрсаткичлари асосланган;

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги тадқиқотларда олиб борилган, ўтказилган кўп сонли экспериментларнинг натижаларини қониқарли мутаносиблиги ва миқдорий тасдиқлаш, термогравиметрик таҳлил, электрон микроскопия, рентген фазали таҳлил ва инфрақизил (ИК) спектроскопия каби замонавий тадқиқот усуллари билан асосланган. Ушбу усуллар ёрдамида олинган илмий натижалар тажриба-саноат синовларидан муваффақиятли ўтиб, амалиётга жорий этилганлиги тегишли далолатномалар билан тасдиқланган.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти у табиий полимерлар, акриламид, акрил кислота, полиакриламид, винилацетат, карбамид ҳамда табиий минерал – бентонит ва натрий гидрокарбонат каби моддалар иштирокида юқори самарадорликка бўлган гидрогелларни синтез қилишнинг энг мақбул шароитларини аниқлаш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти табиий полимерлар, акриламид, акрил кислота, полиакриламид, винилацетат, карбамид ҳамда табиий минерал – бентонит ва натрий гидрокарбонат асосида олинган юқори сув сақлаш қобилиятига эга гидрогеллар олиш технологияси ишлаб чиқиш ва уларни қишлоқ хўжалигида самарали қўллаш натижасида сув, минерал ўғитлар сарфини камайтириш, ўсимликларни қурғоқчиликдан ҳимоя қилиш ҳамда ҳосилдорликни ошишига хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Целлюлоза ҳосилалари асосида гидрогеллар олиш ва хоссаларининг тадқиқоти бўйича олинган илмий натижалар асосида:

маҳаллий хомашёлар (карбоксиметилцеллюлоза ва гидроксипропилметилцеллюлоза) асосида янги таркибли гидрогеллар олиш технологияси Навоийазот АЖнинг «2025-2028 йилларда амалиётга жорий этиш бўйича истиқболли ишланмалар рўйхатига» киритилган (Навоийазот АЖ нинг 2025-йил 3-июлдаги 03-4/4163-сон маълумотномаси). Натижада, маҳаллий хомашёлар асосида импорт ўрнини босувчи гидрогеллар яратиш имконини беради;

маҳаллий хомашёлар асосида олинган КМЦ/АК/АА/ Cr^{3+} , ГПМЦ/АК/АА/ Cr^{3+} ва ГПМЦ/АК/ВА/ Cr^{3+} таркибли ҳамда озуқа моддалар сақловчи гидрогеллар олиш технологияси Навоийазот АЖнинг «2025-2028 йилларда амалиётга жорий этиш бўйича истиқболли ишланмалар рўйхатига»

киритилган (Навоийазот АЖнинг 2025-йил 3-июлдаги 03-4/4163-сон маълумотномаси). Натижада, ушбу гидрогелларни кичик микрохудудларда қўллаганда ғўза кўчатларини ҳамда ниҳолларни текис униб чиқиши ва ривожланиши ҳисобига ҳар бир гектар ердан 2500 м³ сувни ҳамда 200–300 кг/га миқдорида минерал ўғитларни тежаш имконини беради.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари 13 та, жумладан, 3 та халқаро ва 10 та республика илмий-амалий анжуманларда маърузалар қилинган ва муҳокамалардан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларнинг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 19 та илмий ишлар чоп этилган, шулардан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг фалсафа докторлик (PhD) илмий даражасини олиш учун тавсия илмий нашрларда 6 та мақола, шу жумладан, 3 та мақола республика ва 3 та мақола хорижий журналларда нашр этилган ҳамда 8 та ЭҲМ учун дастур гувоҳномалари олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 116 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва унга бўлган талаб, тадқиқот мақсади ва вазифалари асосланган, тадқиқот объекти ва предмети тавсифланган, тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиқ берилган, тадқиқот натижаларининг амалиётга қўлланилиши бўйича тавсиялар, нашр қилинган ишлар ва диссертация тузилиши тўғрисидаги маълумотлар келтирилган.

«Гидрогелларнинг олиниш усуллари ва истиқболлари» деб номланган диссертациянинг биринчи бобида, юқори сорбцион хусусиятга эга гидрогеллар ишлаб чиқаришга йўналтирилган илмий-тадқиқотлар, бу борада табиий полисахаридлар сополимерлари асосида биопарчаланувчан, ўзида кўп миқдордаги сув ва минерал ўғитларни сақлайдиган, сув танқислиги сабабли фойдаланилмай келинаётган ерлардан ҳосил олиш имконини берадиган ҳамда ички бозорда импорт ўрнини босувчи, экологик тоза ва арзон гидрогелларни олиш технологиясини ишлаб чиқиш адабиётлар таҳлили асосида аниқланган.

Шунингдек, суғориш оралиқларини узайтириш, ўғитларни йўқотилиш даражасини камайтириш, озуқавий моддаларни барқарор етказиб бериш ҳамда анъанавий ўғитнинг камчиликларини бартараф этиш каби муаммоларни ўрганиш доирасида қилинган ишлар аниқланган.

Гидрогелларнинг турлари: карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ), полиакрил-амид гидрогеллари (ПАА), натрий полиакрилат (NaPA), гидроксипропилметилцеллюлоза (ГПМЦ) ва улар олинишининг истиқболли усуллари ўрганилган. Бундан ташқари, табиий полимерлар ва металл тузлари асосида

олинган биологик парчаланадиган гидрогеллар олиш борасида олиб борилган тадқиқотларнинг долзарб муаммолари ҳам ўрганилган.

Гидрогеллар олишда инновацион технологиялар (лиофилизация, полимерланиш усуллари)нинг ўрни бекиёс, шу сабабдан бундай технологиялар билан гидрогелларнинг механик, физик ва биологик хусусиятларини яхшилаш ва уларни аниқ мақсадларга йўналтириш каби масалалар ўрганилган. Адабиётлар таҳлиллари асосида диссертация ишининг мақсади ва вазифалари аниқланган.

Диссертациянинг **«Целлюлоза ҳосилалари асосида, винил мономерлар ва минераллар иштирокида гидрогеллар синтези ва тадқиқот усуллари»** деб номланган иккинчи бобида бошланғич хомашёларнинг физик-кимёвий хоссалари ва улар асосида турли хил гидрогеллар синтези, тадқиқотларни ўтказиш усуллари, жумладан, ИҚ-спектроскопияси, сканерловчи электрон микроскоп, рентгенфаза таҳлиллар ва олинган гидрогеллар термик характеристикаларини аниқлашда дериватографик курилмалардан фойдаланилганлиги тўғрисидаги маълумотлар келтирилган.

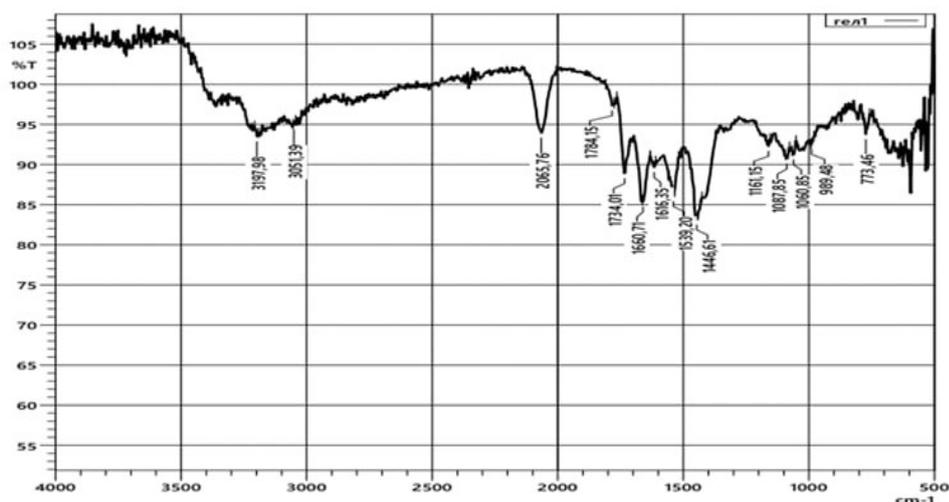
Диссертациянинг **«Карбоксиметилцеллюлоза, гидроксипропил-метилцеллюлоза, винил мономерлар ва минераллар асосидаги гидрогеллар синтези ва хоссаларининг тадқиқоти»** деб номланган учинчи бобида, карбоксиметилцеллюлоза, акрил кислота ва Cr^{3+} тузи асосидаги гидрогелларнинг синтези ва физик-кимёвий хоссалари аниқланган. гидрогелларнинг термик хоссалари дериватографик усулдан фойдаланиб ДТГА ва DSK эгри чизиқлари таҳлил натижалари олинган. Электрон микроскопия, рентген фаза таҳлил ҳамда ИҚ -спектроскопия методлари орқали уларнинг тузилишлари асосланган.

Дастлаб, карбоксиметилцеллюлоза, акрил кислота, акрил амид, полиакриламид, винилацетат ва хром (III)-нитрат иштирокида КМЦ/АК/ Cr^{3+} , КМЦ/АК/АА/ Cr^{3+} , КМЦ/АК/ПАА/ Cr^{3+} , КМЦ/АК/ВА/ Cr^{3+} таркибли гидрогеллар синтез қилинган бўлиб, сўнг карбоксиметилцеллюлоза ўрнига гидроксипропилметилцеллюлозадан фойдаланиб унинг ҳам акрил кислота, акриламид, полиакриламид, винилацетат ва хром (III)-нитрат иштирокида ГПМЦ/АК/ Cr^{3+} , ГПМЦ/АК/АА/ Cr^{3+} , ГПМЦ/АК/ПАА/ Cr^{3+} , ГПМЦ/АК/ВА/ Cr^{3+} таркибли гидрогеллари синтез қилинган.

Карбоксиметилцеллюлоза ва гидроксипропилметилцеллюлоза асосидаги гидрогелларнинг ҳосил бўлиш унумига ҳароратнинг таъсири 60-130°C температуралар оралиғида ўрганилган.

Карбоксиметилцеллюлоза ва гидроксипропилметилцеллюлоза асосидаги гидрогеллар ҳосил бўлишининг оптимал ҳарорати 89-107°C оралиғида эканлиги аниқланган. Температуранинг 110-130°C га кўтарилиши асосий маҳсулот чиқиш унуми пасайишига олиб келади.

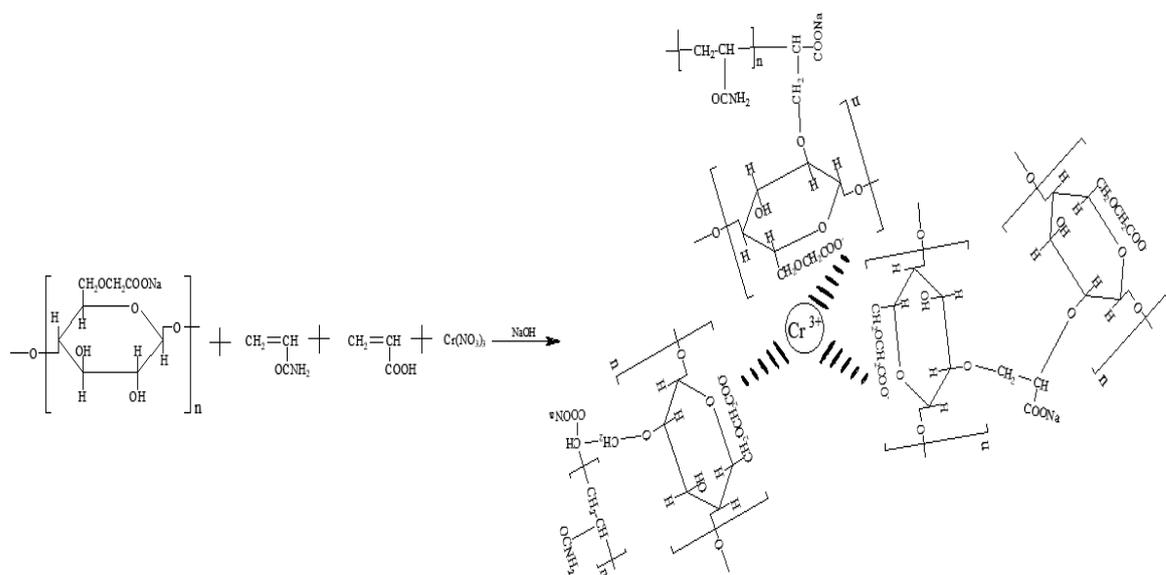
Ҳосил бўлган гидрогел макромолекуласининг тузилишини аниқлаш мақсадида унинг ИҚ-спектри олинди ва у қуйидаги 1-расмда келтирилган.



1-расм. КМЦ/АК/АА/Сr³⁺ таркибли гидрогелнинг ИҚ-спектри

КМЦ/АК/Сr³⁺ намунасининг ИҚ-спектри (1-расм) таҳлил қилинганда 3198 см⁻¹ соҳасида водород боғ орқали боғланган –ОН гуруҳига тегишли ўртача интенсивликдаги валент ютилишлар намоён бўлди. 2065 см⁻¹ соҳада намуна таркибидаги –СОО⁻ гуруҳига тегишли валент ютилиш соҳаси ва шу гуруҳнинг деформацион ютилиш соҳаси 440 см⁻¹ да кузатилди. 1734–1660 см⁻¹ соҳаларда >C=O гуруҳининг ассиметрик валент ютилиши ва 1446 см⁻¹ соҳада ўртача интенсивликдаги деформацион ютилиш эса –СН₂ гуруҳига тегишлидир. 1161 см⁻¹ соҳада –СН–ОН гуруҳига тегишли ютилиш ва 1087–1060 см⁻¹ соҳалардаги симметрик валент ютилиш эса –С–О–С– гуруҳига тегишли бўлиб, булар эса ҳосил бўлган намунанинг тузилишини тасдиқлайди.

Карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ) ва гидроксипропилметилцеллюлоза (ГПМЦ) асосида тайёрланган гидрогелларнинг механик хоссалари кучсизроқ, уларнинг механик хоссаларини яхшилаш учун Сr³⁺ тузларидан фойдаланилди. Қуйида КМЦ/АК/АА/Сr³⁺ таркибли синтез қилинган гидрогелнинг тузилиши келтирилган (2-расм).



2-расм. КМЦ/АК/АА/Сr³⁺ таркибли гидрогелнинг тузилиши

Бундан ташқари, синтез жараёнига мономерлар, боғловчилар, инициаторлар табиати ва концентрацияси ҳамда реакция ҳароратларининг таъсири ҳам батафсил ўрганилган.

Бизга маълумки, гидрогелларнинг бўкувчанлик қобилияти унинг ғоваклилик даражасига ва гидрофил гуруҳлар сонига боғлиқ бўлиб, ғоваклилик даражасини ўрганиш, бундан ташқари гидрогелларнинг сирт юзаси ва морфологиясини ўрганиш мақсадида сканерловчи электрон микроскопдан (СЭМ) фойдаланилди. Қуйидаги 3-расмда КМЦ/АК/АА/Сr³⁺ таркибли гидрогелнинг бўқишдан олдинги ва кейинги сканерловчи электрон микроскопда олинган тасвирлари келтирилган.



а)



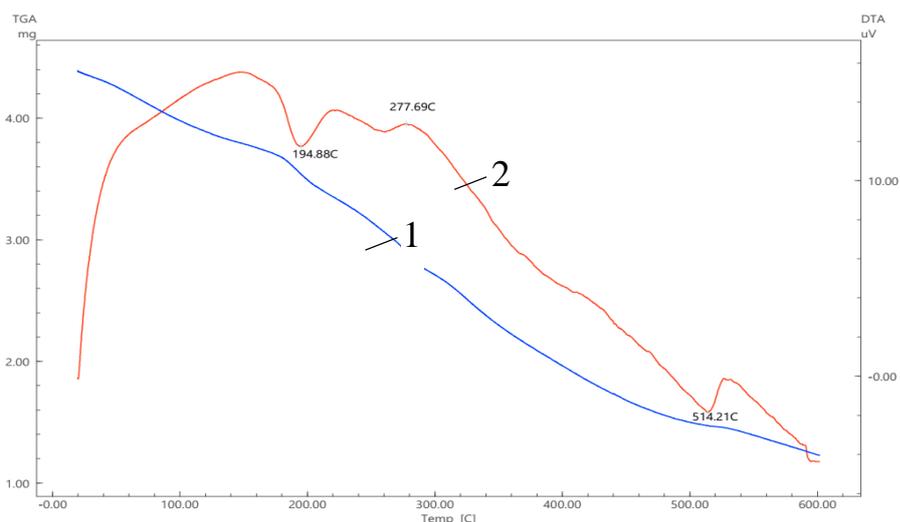
б)

3-расм. КМЦ/АК/АА/Сr³⁺ таркибли гидрогелнинг бўқишдан олдинги (а) ва бўқишдан кейинги (б) сканерловчи электрон микроскопдаги тасвирлари

Гидрогеллар синтези жараёнида ғоваклар ҳосил қилувчи моддалар, масалан, натрий гидрокарбонат (NaHCO₃) ёки аммоний карбонатларнинг ҳосил бўлиши ва уларнинг реакция давомида температура таъсирида СО₂ газигача парчаланиши содир бўлади. Бунинг натижасида макромолекулалар орасида газ ғовакчаларининг ҳосил бўлиши юзага келади. Газ ғовакчалари гидрогелнинг ички структурасида тақсимланади ва бунинг натижасида гидрогелларнинг бўкувчанлиги, сувни қайтариб бериши, шунингдек, унинг механик хоссаларининг яхшиланишига ҳам сабаб бўлади.

Бундан ташқари, гидрогелларнинг ғоваклик даражаси полимер занжирларининг молекуляр ҳаракати, занжирлар орасидаги ўзаро таъсир энергияси ва эркин энергиянинг камайиши билан ҳам боғлиқ. Гидрогеллар одатда энтропиянинг ортиши ва эркин энергиянинг камайиши орқали термодинамик барқарорликка эришади, бу эса ғоваклик ҳосил бўлишига ёрдам беради.

Шунингдек, КМЦ/АК/АА/Сr³⁺ таркибли гидрогелнинг термик хоссаларини ўрганиш мақсадида дериватографик усулдан фойдаланилди ва олинган натижалар 4-расмда келтирилган.



**4-расм. КМЦ/АК/АА/Сr³⁺ таркибли гидрогелнинг дериватограммаси:
1-ДТГА эгри чизиғи; 2-ДСК -эгри чизиғи**

Хром билан ўзаро боғланган КМЦ ни акрил кислотаси билан олинган гидрогелнинг термик анализи натижаларидан кўриниб турибдики, бунда масса йўқотилиши асосан икки босқичда амалга ошади (4-расм). Биринчи босқичда масса асосан 43-200°C ҳароратлар оралиғида содир бўлиб бунда масса йўқотилиши 15,44 масс.% ни ташкил этади. Иккинчи босқичда эса 200-450°C ҳароратлар оралиғида содир бўлиб, масса йўқотилиши 56,27 масс.% ни ташкил этади.

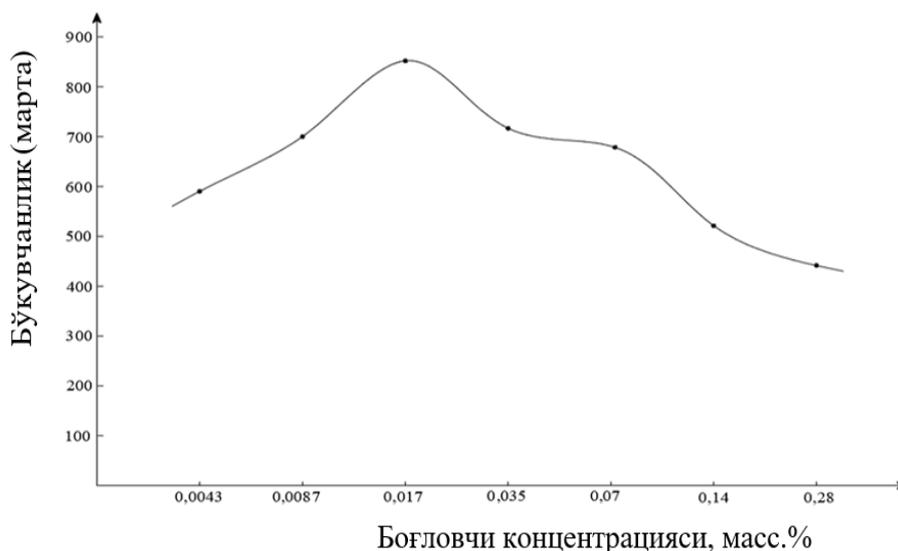
Парчаланиш тезлиги таҳлил қилинганда 200-450°C ҳароратлар оралиғида параланиш тезлиги қиймати юқори бўлиб, 2,18 мг/мин дан 4,96 мг/мин ни ташкил этди.

Гидрогелнинг парчаланиши учун сарфланган энергия миқдори таҳлил қилинганда 200-450°C лар оралиғида сарфланган энергия миқдорининг ортганлиги кўринади ва у 0,04-2,21 мв·с/мг ни ташкил этади.

Тадқиқот натижалари шуни кўрсатадики, КМЦ нинг Cr³⁺ тузлари орасида хром(III)-нитрат, акрил кислота ва акрил амид билан ҳосил қилган уч томонлама полимер комплекси унинг юқори бўқувчан хусусиятининг пайдо бўлишига олиб келди.

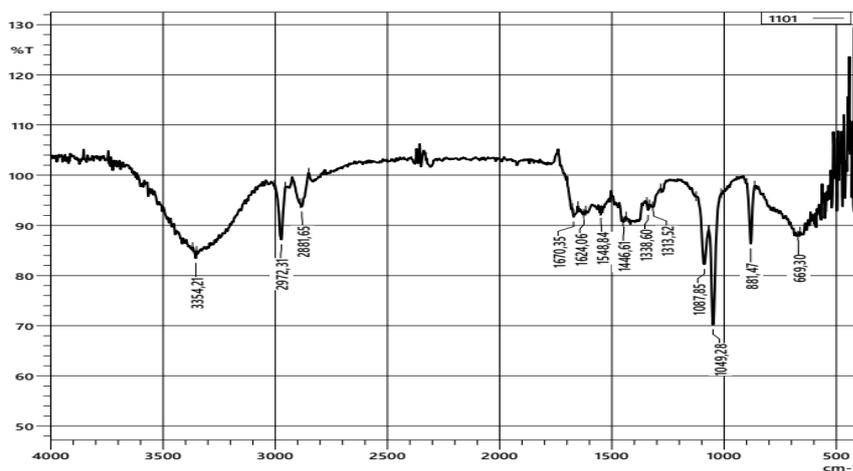
КМЦ/АК/АА/Сr³⁺ таркибли гидрогелнинг бўқувчанлигига боғловчи вазифасида ишлатилган хром(III)-нитрат концентрациясининг таъсири ҳам ўрганилди ва унинг натижалари 5-расмда келтирилган.

Олинган натижалар таҳлили шуни кўрсатадики (5-расм), хром(III)-нитрат миқдори 0,017 масс.% бўлганда, гидрогел максимал бўқувчанликни намоён қилди ва унинг қиймати 800 мартага етди. Бу макромолекулалар ўртасидаги боғланишлар сонининг ошиши билан изоҳланади. Хром (III)-нитрати миқдори 0,017 масс.% дан ортиши, гидрогелнинг сувда бўқиш даражасининг камайишига олиб келди. Бунга сабаб, макромолекулалар ўртасидаги боғланишлар сонини кўпайишидир.



5-расм. КМЦ/АК/АА/Сr³⁺ таркибли гидрогел бўкувчанлигига боғловчи концентрациясининг таъсири

Бундан ташқари, олиб борилган тадқиқотлар давомида маҳаллий хом-ашёлардан бири бўлган «Навойазот» АЖ да ишлаб чиқариладиган ГПМЦ дан ҳам фойдаланиб гидрогеллар синтез қилинди. ГПМЦ нинг афзаллиги бошқа метилцеллюлоза аналогларига нисбатан юқори органик-эрувчанлик ва термопластикликка эга эканлигидир. Шу сабабдан, ГПМЦ асосидаги гидрогел ҳосил қилишда дастлабки моддалар ГПМЦ, акрил кислота (АК), акрил амид ҳамда хром (III)-нитрат асосида юқори бўкувчан ГПМЦ/АК/АА/Сr³⁺ таркибли гидрогел синтез қилинди. ГПМЦ асосидаги гидрогел тузилиши ИҚ-спектроскопик усули ёрдамида ўрганилди ва олинган натижалар 6-расмда келтирилган.

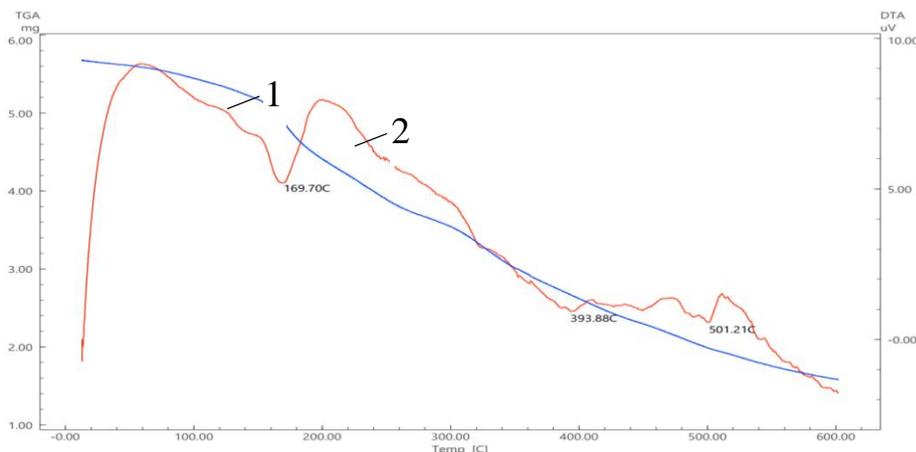


6-расм. ГПМЦ/АК/АА/Сr³⁺ таркибли гидрогелнинг ИҚ-спектри

ГПМЦ/АК/АА/Сr³⁺ таркибли бўкувчан гидрогелнинг ИҚ-спектри (6-расм) таҳлил қилинганда 3354 см⁻¹ соҳадаги валент ютилиш чизиғи гидрогел таркибидаги –ОН гуруҳларига тегишлидир. 2972–2881 см⁻¹даги ютилиш чизиқлари эса –СН гуруҳларининг ассиметрик валент тебранишларига тўғри келиб, унинг деформацион ютилиш чизиғи 669 см⁻¹ соҳага мос келади.

Гидрогел таркибидаги $-C=O$ карбонил гуруҳига тегишли валент тебранишлар эса $1670-1624\text{ см}^{-1}$ соҳада намоён бўлди. Спектрдаги $1088-1049\text{ см}^{-1}$ ютилиш соҳаси гидрогел таркибидаги $-C-O-C-$ эфир гуруҳининг деформацион тебранишларига мос келади. Спектрда тегишли функционал гуруҳларнинг ютилиш соҳалари ГПМЦ/АК/АА/ Cr^{3+} таркибли гидрогелнинг тузилишини тасдиқлайди.

ГПМЦ/АК/АА/ Cr^{3+} таркибли гидрогелнинг термик характеристикалари дериватографик усулда ўрганилди ва унинг натижалари 7-расм ва 1-жадвалда келтирилган.



**7-расм. ГПМЦ/АК/АА/ Cr^{3+} таркибли гидрогелнинг дериватограммаси
1 – ДТГА эгри чизиғи, 2 – DSK эгри чизиғи**

Олинган натижалар таҳлили шуни кўрсатдики, масса йўқотилиши асосан икки босқичда амалга ошган (7-расм). Биринчи босқичда масса асосан $40-200^{\circ}C$ ҳароратлар оралиғида содир бўлиб бунда масса йўқотилиши $11,63\text{ масс.}\%$ ни ташкил этади. Иккинчи босқичда эса $200-400^{\circ}C$ ҳароратлар оралиғида содир бўлиб, масса йўқотилиши $56,14\text{ масс.}\%$ ни ташкил этди.

Парчаланиш тезлиги таҳлил қилинганда (1-жадвал) $200-400^{\circ}C$ ҳароратлар оралиғида параланиш тезлиги қиймати юқори бўлиб, $2,55\text{ мг/мин}$ дан $3,12\text{ мг/мин}$ ни ташкил этди.

Гидрогелнинг парчаланиши учун сарфланган энергия миқдори таҳлил қилинганда (1-жадвал), $200-400^{\circ}C$ лар оралиғида сарфланган энергия миқдорининг ортганлиги кўринади ва у $0,265-3,42\text{ }\mu V \cdot c/мг$ ни ташкил этади.

1-жадвал

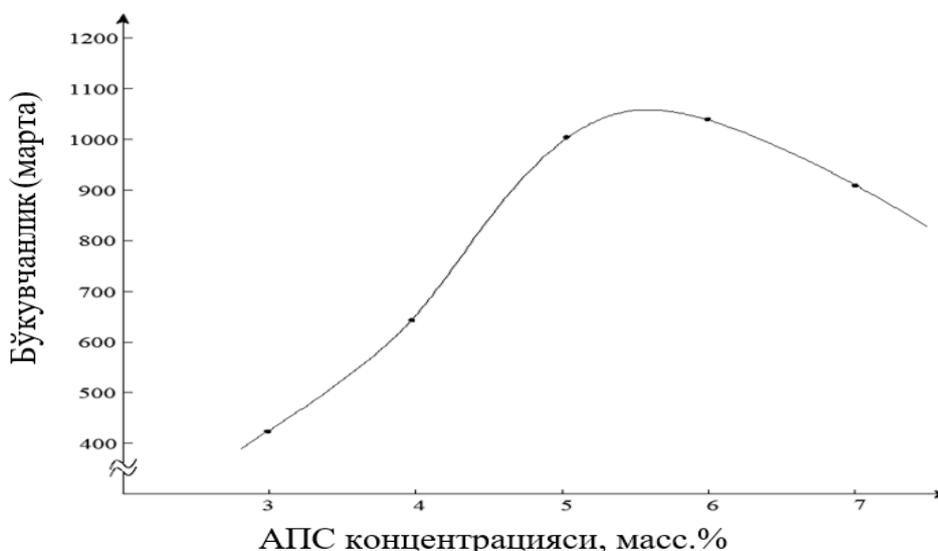
ГПМЦ асосидаги гидрогелнинг ДТГА ва DSK эгри чизикларининг таҳлил натижалари (ГПМЦ/АК/АА/ Cr^{3+})

№	Ҳарорат, $^{\circ}C$	Йўқотилган масса, %	Парчаланиш тезлиги, мг/мин	Сарфланган энергия миқдори, ($\mu V \cdot c/мг$)
1	50	0,915	1,11	0,652
2	100	4,23	1,32	0,145
3	150	7,83	1,22	0,252
4	200	11,63	2,55	0,265
5	250	17,58	3,32	1,421

6	300	28,32	4,03	1,695
7	350	35,61	4,11	3,277
8	400	56,14	3,12	3,422
9	450	58,93	2,62	3,711
10	500	60,41	1,12	2,602
11	550	63,12	1,12	0,556
12	600	66,74	1,09	0,550

Гидрогелнинг бўкувчанлик даражасига боғловчи вазифасини бажарувчи хром (III)-нитрат концентрациясининг таъсири ҳам ўрганилди. Олинган натижалар таҳлилидан кўринадики, хром (III)-нитрат концентрациясининг 0,015 масс.% гача ортиши билан бўкувчанлик даражаси ҳам ортиб боради. Хром (III)-нитрат концентрацияси 0,015 масс.% дан янада ортиши билан бўкувчанлик даражаси камайиши содир бўлади. Бу эса боғловчи миқдорининг ортиши гидрогел тузилишининг тартибсиз шаклланишига олиб келиши билан асосланади.

Гидрогелнинг бўкувчанлик даражасига қўшилаётган инициаторнинг табиати ва концентрациясининг таъсири жуда муҳим аҳамиятга эгадир. Шу сабабдан, гидрогел олишда инициатор сифатида қўлланилган аммоний персульфат концентрациясининг таъсири ҳам ўрганилди ва унинг натижалари 8-расмда келтирилган.



8-расм. ГПМЦ/АК/АА/Сr³⁺ таркибли гидрогел бўкувчанлигига аммоний персульфат концентрациясининг таъсири

Олинган натижалар таҳлилидан кўринадики (8-расм), инициаторнинг концентрацияси 5,5 масс.% гача етганда гидрогелнинг бўкувчанлик даражаси максимал қийматга эришади. Инициатор концентрация 5,5 масс.% дан ортиши билан гидрогелнинг бўкувчанлик даражаси камайиши кузатилади. Бунга сабаб макромолекулалар орасидаги боғланишлар сони кўпаяди ва акрил кислота ҳамда акриламидларнинг олигомерлари ва гомополимерлари ҳосил бўлиши мумкин. Булар гидрогелнинг бўкувчанлик даражасини камайишига олиб келади.

Говаклик гидрогелнинг бўкиш жараёнида муҳим роль ўйнайди. Шу сабабдан, синтез қилинган КМЦ ва ГПМЦ асосидаги гидрогелларнинг говаклик даражалари ўлчами аниқланди. Синтез қилинган гидрогеллардаги говаклик даражаси «Сорби-Мета Аналайзер» қурилмаси ёрдамида аниқланди ва олинган натижалар 2-жадвалда келтирилган.

2-жадвал

Гидрогеллардаги говаклар ҳосил бўлишига целлюлоза ҳосилалари, мономер ва полимер табиатининг таъсири

№	Гидрогел номи	Сирт юзаси, м ² /г	Қатламнинг солиштирма юзаси, НТД/г	Константа БЕТ
1	КМЦ/АК/Сr ³⁺	11,08 ± 0,75	2,5442	13,10
2	КМЦ/АК/АА/Сr ³⁺	18,27 ± 1,13	2,2388	15,10
3	КМЦ/АК/РАА/Сr ³⁺	9,75 ± 0,80	4,1945	11,61
4	КМЦ/АК/ВА/Сr ³⁺	10,65 ± 0,46	2,4447	11,06
5	ГПМЦ/АК/Сr ³⁺	9,36 ± 0,57	2,3912	12,94
6	ГПМЦ/АК/АА/Сr ³⁺	23,72 ± 0,92	3,0173	19,30
7	ГПМЦ/АК/РАА/Сr ³⁺	21,62 ± 0,60	3,9138	11,84
8	ГПМЦ/АК/ВА/Сr ³⁺	9,893 ± 0,51	2,0183	18,62

КМЦ ва ГПМЦ асосида турли мономер ва полимерлар иштирокида синтез қилинган гидрогелларнинг синтезига турли омилларнинг таъсири ўрганилди ва олинган натижалар 3-жадвалда келтирилган.

3-жадвал

КМЦ, ГПМЦ ва турли мономерлар ҳамда полимерлар асосида синтез қилинган гидрогелларнинг бўкиш даражасига турли омилларнинг таъсири

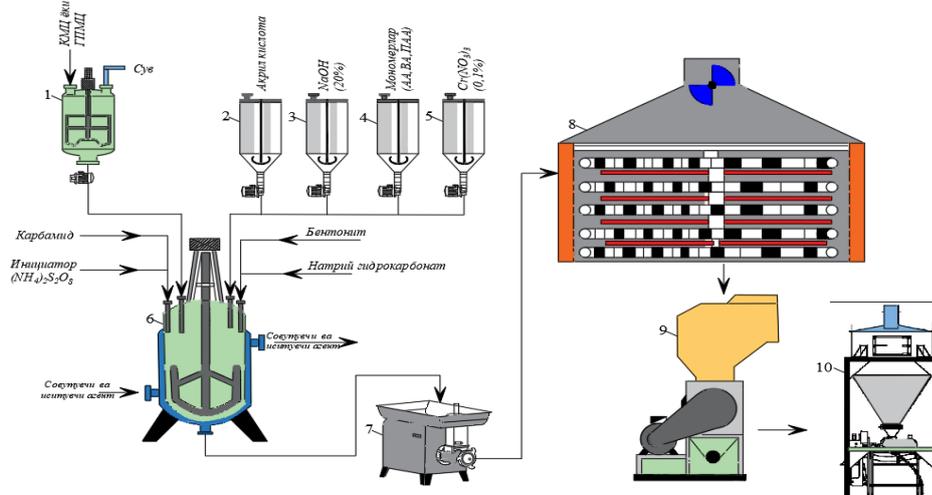
№	Гидрогел таркиби	Турли омиллар				Бўкувчанлик даражаси, марта
		Т, °С	τ, мин	[С _м], %	[С _л], %	
1	КМЦ/АК/Сr ³⁺	89	110	-	11	270
2	КМЦ/АК/АА/Сr ³⁺	99	150	25	9	730-800
3	КМЦ/АК/ПАА/Сr ³⁺	93	130	14	4	230
4	КМЦ/АК/ВА/Сr ³⁺	107	180	19	6	340
5	ГПМЦ/АК/Сr ³⁺	96	120	-	8	385
6	ГПМЦ/АК/АА/Сr ³⁺	98	170	16	5,5	950-1050
7	ГПМЦ/АК/ПАА/Сr ³⁺	94	140	15	5	463
8	ГПМЦ/АК/ВА/Сr ³⁺	106	190	18	7	737

Олинган натижалар таҳлилидан кўринадикки, энг юқори бўкувчанлик ГПМЦ/АК/АА/Сr³⁺ (1050 марта) таркибли гидрогелда кузатилди. Бу полимер таркибида фаол нукталари сонини камайтиради ҳамда кенгроқ тармоқлараро бўшлиқларга эга бўлган тузилманинг ҳосил бўлишига олиб келади, натижада, полимер катта ҳажмда суюқликни ўзига сингдиради ва ушлаб туради. Шу билан бирга энг кичик бўкувчанлик КМЦ/АК/РАА/Сr³⁺ (230 марта) таркибли гидрогелда кузатилди.

Олинган натижалар, яъни КМЦ ва ГПМЦ асосидаги синтез қилинган гидрогелларнинг бўкувчанлик даражаси қатори аниқланди ва у қуйида келтирилади:

ГПМЦ/АК/АА/ Cr^{3+} >КМЦ/АК/АА/ Cr^{3+} >ГПМЦ/АК/ВА/ Cr^{3+} >ГПМЦ/АК/ПАА/ Cr^{3+} >ГПМЦ/АК/ Cr^{3+} >КМЦ/АК/ВА/ Cr^{3+} >КМЦ/АК/ Cr^{3+} >КМЦ/АК/ПАА/ Cr^{3+}

Диссертациянинг «Гидрогеллар олиш технологиясини яратиш ва уларнинг иқтисодий самарадорлиги» деб номланган тўртинчи бобида, олинган илмий-тадқиқот натижалари асосида КМЦ ва ГПМЦ ҳамда минерал ўғитлар иштирокида олинган юқори бўкувчан гидрогеллар ишлаб чиқариш технологияси таклиф этилди ва унинг принципиал технологик схемаси қуйидаги 9-расмда келтирилган.



9-расм. Гидрогеллар ишлаб чиқаришнинг принципиал технологик схемаси: 1– КМЦ ва ГПМЦ эритмасини таёрлаш учун мешалкали реактор; 2 – акрил кислота учун сиғим; 3– NaOH (20%) эритмаси учун сиғим; 4– мономер (АА, ПАА, ВА) лар эритмаси учун сиғим; 5– $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$ (0,1%) эритмаси учун сиғим; 6 – асосий реактор; 7– пичоқли майдалагич; 8– қуритгич, 9– тишли майдалагич, 10– қадоклаш ускунаси.

Дастлаб 1-реакторда карбоксиметилцеллюлоза ёки гидроксипропил-метилцеллюлозаларнинг 16,6% ли сувли эритмаси 30 дақиқа давомида механик аралаштириб турган ҳолда тайёрлаб қўйилади. Сўнгра 2- сиғимда турган акрил кислотаси керакли миқдорда 6-асосий реакторга қўйилади ва 3-сиғимда турган 20% ли натрий гидроксид билан 60 % гача нейтралланади. Нейтралланиш жараёни 6-асосий реакторда боради ва жараён экзотермик бўлганлиги учун реактор доимий совутувчи агент ёрдамида совутиб турилади. 6-асосий реакторга зарур ҳароратда керакли миқдорда инициатор қўшилиб у тўлиқ эритмада тарқалгунга қадар 4-5 °С атропоида ушлаб турилади. Кейинги босқичда 4-сиғимда турган мономер эритмаси ва керакли миқдордаги карбамид асосий реакторга 15 дақиқа давомида секин-секин қўйилади. Асосий реактордаги барча жараёнлар доимий аралаштириб турилган ҳолда амалга оширилади. Қўшилган моддалар эритма бўйлаб тўлиқ тарқалиб бўлгандан сўнг аралаштириб турган ҳолда инициатор қўйилади ва температура 90°С гача кўтарилади. Температура 50°С га борганда механик аралаштириш жуда секинлаштириб, айланиш тезлиги 70 айланиш/дақиқа

бўлиши таъминланади. Бунинг сабаби, тикилиш жараёни бошланганда полимерда механик деструкция юз бермаслиги учун, гелланиш амалга ошганда жараён тўхтатилади ва асосий маҳсулот реактордан олинади.

Ушбу тадқиқот натижаларига кўра, гидрогел қўлланилиши пахта ниҳолларининг ривожланишини яхшилаш билан бирга, сувга ва ўғитларга бўлган эҳтиёжини ҳам камайтиради. Бу эса сув, ишчи кучи ва минерал ўғитлар сарфини камайтириб, ҳар бир гектар ердан 2500 м³ сувни тежаш, карбамид сарфидан гектарига 200–300 кг миқдорида иқтисод қилиш имконини беради. Пахта учун гидрогел қўллаш ҳар бир гектар ердан 1 500 000 сўмдан ортиқ фойда келтиради ва сув ресурсларидан оқилона фойдаланишни таъминлайди.

Гидрогелнинг сувни ушлаб туриш қобилияти, унинг таркибидаги минерал ўғитлар билан биргаликда ниҳолларнинг илдиз отиши, ўсиши ва сифатини яхшилашда муҳим омил бўлади. Шу билан бирга, ниҳоллар экишда гидрогел қўлланилганда анъанавий усулга нисбатан 30–40% сув тежалишига эришилади ва ҳар бир ниҳолдан 100 000 сўмдан 200 000 сўмгача тежашга эришилади.

ХУЛОСАЛАР

«Целлюлоза ҳосилалари асосида гидрогеллар олиш ва хоссаларининг тадқиқоти» мавзусидаги фалсафа доктори (PhD) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотларга асосланган ҳолда, назарий ва амалий аҳамиятга эга бўлган қуйидаги хулосалар тақдим этилади:

1. Карбоксиметилцеллюлоза, гидроксипропилметилцеллюлоза асосида карбамид, бентонит ва натрий гидрокарбонатлар иштирокида маҳаллий иқлим ва тупроқ шароитларига мослашган юқори бўкувчанлик даражасига эга гидрогеллар синтез қилинди.

2. Синтез қилинган гидрогелларнинг бўкувчанлигига мономерлар табиати, концентрацияси, вақт давомийлиги, боғловчи хром (III)-нитрат ва инициатор аммоний персульфат концентрациясининг таъсири ўрганилди ҳамда энг паст бўкувчанлик КМЦ/АК/ПАА/Сr³⁺ ва энг юқори бўкувчанлик ГПМЦ/АК/АА/Сr³⁺ таркибли гидрогеллар эканлиги тасдиқланди.

3. Синтез қилинган гидрогеллар бўкиш қобилиятига тузлар табиати ва концентрацияларининг таъсири ўрганилди ва металлар валентлигининг ва концентрациясининг ортиши билан гидрогелнинг бўкувчанлик даражаси 1000 г/г дан 50 г/г га камайганлиги аниқланди.

4. Синтез қилинган гидрогеллардаги ғоваклар ҳосил бўлишига натрийгидрокарбонат концентрациясининг таъсири ўрганилди. Юза сиртининг 9,36 м²/г дан 23,72 м²/г ортиши билан бўкувчанлик даражаси 230 г/г дан 1050 г/г гача ортиши маълум бўлди.

5. Олинган барча гидрогелларнинг бўкувчанлик даражаси аниқланди ва гидрогелларни бўкувчанлик даражаси бўйича фаоллик қатори кўрсатилди: ГПМЦ/АК/АА/Сr³⁺>КМЦ/АК/АА/Сr³⁺>ГПМЦ/АК/ВА/Сr³⁺>ГПМЦ/АК/ПАА/Сr³⁺>ГПМЦ/АК/Сr³⁺>КМЦ/АК/ВА/Сr³⁺>КМЦ/АК/Сr³⁺>КМЦ/АК/ПАА/Сr³⁺

6. Гидрогеллар ҳосил бўлишига барча омиллар таъсири ўрганилди. Жумладан, энг юқори бўкувчанлик даражасига эга бўлган ГПМЦ/АК/АА/ Cr^{3+} таркибли гидрогел синтезининг мақбул шароити, яъни ҳарорат- $98\text{ }^{\circ}\text{C}$, реакция давомийлиги 170 минут, мономер концентрацияси 16 масс.%, инициатор концентрацияси 5,5 масс.% эканлиги аниқланди.

7. Карбоксиметилцеллюлоза, гидроксипропилметилцеллюлоза асосида ҳамда акрил кислота, акриламид, винилацетат, карбамид, хром нитрат, бентонит, натрий гидрокарбонат ва аммоний персульфат иштирокидаги юқори бўкувчан гидрогеллар олишнинг принципиал технологияси яратилди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.17/7.06.2024.К/Т.06.03 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ НАВОЙСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ
ГОРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНО-
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

ИСРОИЛОВ ОЛТИНБЕК ИХТИЁР УГЛИ

**ПОЛУЧЕНИЕ ГИДРОГЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ПРОИЗВОДНЫХ
ЦЕЛЛЮЛОЗЫ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ СВОЙСТВ**

02.00.14 - Технология органических веществ и материалов на их основе

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам**

Навои-2025

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за номером B2025.2.PhD/T5582.

Докторская диссертация выполнена в Навоийском государственном горно-технологическом университете.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекском, русском, английском (резюме)) размещен на веб-б-странице Научного совета по адресу www.nsumt.uz и на информационно-образовательном портале «Ziyonet» (www.ziyonet.uz).

Научный руководитель:

Мухиддинов Баходир Фахриддинович
доктор химических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Вапов Хуснитдин Мирзоевич
доктор технических наук, профессор

Киёмов Шариф Нозимович
доктор технических наук, с.н.с.

Ведущая организация:

Бухарский государственный университет

Защита диссертации состоится 26 августа 2025 года в 9:00 часов на заседании Научного совета DSc.17/7.06.2024.K/T.06.03. (Адрес: 210100, г. Навои, ул. Галаба шох, 76в. Зал заседаний Навоийского государственного горно-технологического университета. Тел.: 0 (436) 223-23-32; факс: 0 (436) 223-49-66; (e-mail: info@nsumt.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Навоийского государственного горно-технологического университета (зарегистрирован за №217). Адрес: 210100, г. Навои, ул. Галаба шох, 76в. Тел.: 0 (436) 223-23-32; факс: 0 (436) 223-49-66.

Автореферат диссертации разослан 13 августа 2025.

(реестр протокола рассылки №11 от 13 август 2025).



[Handwritten signature]

Нурмуродов Т.И.
Вр.и.о. председателя Научного совета
по присуждению ученых
степеней, д.т.н., профессор

[Handwritten signature]

Шарипов С.Ш.
Ученый секретарь Научного совета по
присуждению ученых степеней, PhD., доцент

Вапов Х.М.
Председатель Научного семинара при Научном
совете по присуждению ученых
степеней, д.т.н., профессор

[Handwritten signature]

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. Во всем мире из-за резкого роста численности населения и расширения аграрных секторов увеличиваются объемы использования природных ресурсов, особенно воды. Согласно прогнозам Организации Объединенных Наций, к 2030 году нехватка водных ресурсов на планете может значительно увеличиться. Кроме того, на орошение в сельском хозяйстве отводится основная масса от общего объема потребления пресной воды. Орошаемые сельскохозяйственные земли являются основным источником производства продовольствия, обеспечивая почти половину мировых продовольственных продуктов, выращиваемых на орошаемых землях. Также на орошаемое земледелие приходится основная часть потребления воды человеком. Поэтому возрастает необходимость применения более простых и инновационных методов использования воды в сельском хозяйстве.

На сегодняшний день в мире в условиях глобального дефицита воды применение водосберегающих полимерных материалов, как одного из инновационных подходов, становится актуальной задачей. В связи с этим ведутся научные исследования по решению таких актуальных задач с использованием высоко-водоудерживающих полимеров, таких как гидрогели, повышающие влагоёмкость почвы, снижающие потери воды за счет испарения и оптимизацию снабжения растений водой и минеральными удобрениями. В связи с этим особое внимание уделяется методам синтеза высоконабухающих гидрогелей на основе природных полимеров.

В республике развитие химической промышленности на основе высоких технологий производятся новые виды материалов. В частности, производимые на АО «Навоизот» производные целлюлозы дают возможность получать гидрогели с высокой водоудерживающей способностью. Кроме того, формируется независимая и конкурентоспособная инфраструктура химической промышленности, эффективно используются сырьевые ресурсы, ведущие к снижению себестоимости продукции. В Указе² Президента республики определены такие важные задачи, как повышение продуктивности использование воды и сокращение потерь воды, достижение эффективности за счёт использования новых технологий. Исходя из этих задач, большое научное и практическое значение имеют исследования, направленные на синтез высоконабухающих гидрогелей, исследование их физико-химических свойств, внедрение экономически эффективных технологий.

Указы Президента республики Узбекистан от 25 октября 2019 года УП №4499 «О мерах по расширению механизмов стимулирования внедрения водосберегающих технологий в сельском хозяйстве», от 1 марта 2022 года УП №144 «О мерах по дальнейшему совершенствованию внедрения водосберегающих технологий в сельском хозяйстве» от 3 апреля 2023 года УП

²Указ Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года УП №60 «О стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы» Сборник правовых документов Республики Узбекистан. -Т.2022г

№107 «О неотложных мерах по повышению эффективности использования водных ресурсов» и от 5 января 2024 года УП №5 «О мерах по совершенствованию системы управления водными ресурсами на нижнем уровне и повышению эффективности использования водных ресурсов» и другие документы, связанные с этой деятельностью, служат в определённой степени реализации поставленных задач.

Связь исследования с приоритетными направлениями развития науки и технологий Республики. Настоящее исследование выполнено в соответствии с VII приоритетным направлением развития науки и технологий Республики — «Химические технологии и нанотехнологии».

Степень изученности проблемы. Исследованиями синтеза и упрощения технологий получения гидрогелей с высокой водоудерживающей способностью занимались такие зарубежные ученые, как Muhammad Rizwan, Salih Muharam, Liu M, Alessandro F.Martins, R.Nuisin, S.Al-Assaf, YE.M. Ahmed, A. Abidin, M.R.Lutfor, M.Z.Rahman, M. J. Zouhuriaan-Mehr, Prabhpreyet Kaur, S.D.Zhang, K.Kabiri, N.Dairi, A.I.Jushman, D.YE. Garli, C.Ivanov, S.K.Gulrez, В.В.Василевская и другие. В Узбекистане исследования в этой области проводились и проводятся А.Т. Джалиловым, Х.Х. Тураевым, Б.Ф.Мухиддиновым, Ш.Д.Шириновым, Б.А.Холназаровым, М.Б.Тожидиновым, Ш.Холтураевым, Б.Х.Мамутовым, Ш.Д.Шеркузиевым и другими учёными.

Этими учеными были реализованы новые исследования и практические проекты по производству экологически чистых и водосберегающих гидрогелей, синтезированы гидрогели на основе природных и синтетических полимеров и различных других веществ. В частности, гидрогели, созданные на основе природных полимеров, находят широкое применение в сельском хозяйстве, медицине, строительстве, пищевой промышленности и в упаковочной сфере.

Связь диссертации с планами научно-исследовательских работ высшего учебного заведения в котором выполнена диссертация.

Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательских работ Навоийского государственного горно-технологического университета в рамках хоздоговорных работ 4-04/2021 по теме «Исследования биотехнологической очистки хвостохранилищ с применением высших водных растений»

Цель исследования. Цель исследования заключается в разработке технологии получения высоко набухающих и биоразлагаемых гидрогелей на основе природных полимеров, содержащих в своём составе питательные вещества для растений.

Задачи исследования:

Определение оптимальных условий синтеза высоко-водоудерживающих гидрогелей, содержащих природные полимеры (карбоксиметилцеллюлозу, гидроксипропилметилцеллюлозу), акриловую кислоту, полиакриламид, винилацетат, минеральные удобрения, различные вяжущие агенты соли хрома и инициаторы;

Исследование физико-химических свойств и структуры высоко-водоудерживающих гидрогелей, полученных на основе карбоксиметилцеллюлозы, гидроксипропилметилцеллюлозы и природного минерала — бентонита с применением современных методов анализа;

Изучение влияния исходных веществ и концентрации ионов в растворе на сорбционные свойства высоко-водоудерживающих гидрогелей;

Разработка технологии получения высоко-набухаемых водоудерживающих гидрогелей на основе природных полимеров карбоксиметилцеллюлозы, гидроксипропилметилцеллюлозы и природных минералов и ее экономическое обоснование;

Объект исследования: В качестве объекта исследования являются карбоксиметилцеллюлоза, гидроксипропилметилцеллюлоза, акриловая кислота, акриламид, полиакриламид, винилацетат, нитрат хрома, карбамид, бентонит, персульфат аммония, гидрокарбонат натрия, персульфата калия и гидроксид натрия.

Предмет исследования. Предметом исследования является влияние температуры винилмономеров, карбамида, природных минералов, вяжущих агентов, инициаторов на физико-химические свойства гидрогелей, синтезированных на основе природных полимеров, и разработка простой технологии получения высоко-водоудерживающих гидрогелей.

Методы исследования. Для изучения структуры, физико-химических и морфологических свойств гидрогелей использовались методы сканирующей электронной микроскопии, инфракрасной спектроскопии, термогравиметрии, рентгенографии и порозиметрии.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

Получены высоко набухающие, устойчивые в климатических условиях и удерживающие питательные вещества гидрогели на основе природных полимеров — карбоксиметилцеллюлозы и гидроксипропилметилцеллюлозы, акриловой кислоты, полиакриламида, винилацетата, бентонита, а также связывающих солей Cr^{3+} ;

Определены оптимальные условия синтеза высоко набухающих гидрогелей, содержащих природные полимеры (карбоксиметилцеллюлозу, гидроксипропилметилцеллюлозу), акриловую кислоту, полиакриламид, винилацетат и минеральные удобрения при участии связывающего агента (соли Cr^{3+}) и инициаторов: температура — 98 °С, продолжительность реакции — 170 минут, концентрация мономеров — 16 мас.%, концентрация инициатора — 5,5 мас.%;

Изучена термическая стабильность полученных гидрогелей методом дериватографии, а также набухаемость в зависимости от концентрации природного минерала бентонита; установлено, что максимальная степень набухания гидрогеля составляет 950–1050 г/г;

Разработана технология получения высоко набухающих гидрогелей на основе природных полимеров — карбоксиметилцеллюлозы и гидроксипропилметилцеллюлозы с участием природных минералов.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

Создана возможность экономии воды и минеральных удобрений, в результате получения и использования суперабсорбирующих гидрогелей, эффективно функционирующих в условиях местного климата и почвы, на основе карбоксиметилцеллюлозы, гидроксипропилметилцеллюлозы, акриловой кислоты, акриламида, полиакриламида, винилацетата и солей хрома;

Разработана технология получения высоконабухающих гидрогелей на основе карбоксиметилцеллюлозы и гидроксипропилметилцеллюлозы;

Обоснованы технико-экономические показатели получения синтезированных гидрогелей на основе карбоксиметилцеллюлозы и гидроксипропилметилцеллюлозы.

Достоверность результатов исследования подтверждается проведением многочисленных экспериментов, удовлетворительной воспроизводимостью и количественной проверкой результатов, а также современными методами исследования, такими как термогравиметрический анализ, электронная микроскопия, рентгенофазовый анализ и инфракрасная (ИК) спектроскопия. Научные результаты, полученные с помощью этих методов, успешно прошли опытно-промышленные испытания и внедрены в практику, что подтверждается соответствующими актами.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость исследования заключается в определении оптимальных условий синтеза высокоэффективных гидрогелей с участием природных полимеров, акриламида, акриловой кислоты, полиакриламида, винилацетата, карбамида, а также природных минералов — бентонита и гидрокарбоната натрия;

Практическая значимость исследования обосновывается разработкой технологии получения гидрогелей, обладающих высокой водоудерживающей способностью, на основе природных полимеров, акриламида, акриловой кислоты, полиакриламида, винилацетата, карбамида и природных минералов (бентонита и гидрокарбоната натрия), эффективным использованием их в сельском хозяйстве, которое позволяет снизить расход воды и удобрений, защищает растения от засухи, повышает урожайность в условиях водного дефицита и улучшает рост растений;

Внедрение результатов исследования.

На основе полученных научных результатов по синтезу и исследованию свойств гидрогелей на основе целлюлозных производных:

Разработана технология получения новых составов гидрогелей из местного сырья (карбоксиметилцеллюлозы и гидроксипропилметилцеллюлозы), которая включена в «Перспективный список разработок, подлежащих внедрению в 2025–2028 годах» АО «Навоийазот» (справка АО «Навоийазот» № 03-4/4163 от 3 июля 2025 года). В результате создаются импортозамещающие гидрогели на основе местного сырья;

Разработана технология получения гидрогелей, содержащих КМЦ/АК/АА/Сr³⁺, ГПМЦ/АК/АА/Сr³⁺ и ГПМЦ/АК/ВА/Сr³⁺, а также удерживающих питательные вещества. Эта технология также включена в «Перспективный список разработок, подлежащих внедрению в 2025–2028 годах» АО «Навоийазот» (справка АО «Навоийазот» № 03-4/4163 от 3 июля 2025 года). В результате применение данных гидрогелей в локальных микрорайонах обеспечивает равномерное прорастание и развитие хлопчатника и других семян, что позволяет экономить до 2500 м³ воды и 200–300 кг/га минеральных удобрений на каждый гектар земли.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования были представлены и обсуждены на 13 научно-практических конференциях, в том числе 3 на международных и 10 на республиканских.

Опубликованность по результатам исследования. По теме диссертации опубликовано всего 19 научных работ, из них 6 статей в научных изданиях, рекомендованных для издания основных результатов диссертаций Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан, в том числе 3 из которых в республиканских и 3 в зарубежных журналах. Получено 8 программных свидетельств для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Общий объем диссертации составляет 116 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во **введении** обоснованы актуальность и требования предъявляемые к теме диссертации, цели и задачи исследования, охарактеризованы объект и предмет исследования, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, раскрыта научная новизна и практическая значимость полученных результатов, приведены рекомендации по внедрению результатов исследования в практику, перечень опубликованных работ и структура диссертации.

В первой главе, озаглавленной «**Методы получения гидрогелей и перспективы их применения**», на основе анализа литературных источников рассмотрены научные исследования, направленные на разработку гидрогелей с высокой сорбционной способностью, в частности, на основе сополимеров природных полисахаридов, выявлена возможность разработки технологии получения биоразлагаемых, экологически чистых и недорогих гидрогелей, способных удерживать значительное количество воды и минеральных удобрений, что позволит эффективно использовать ранее неосвоенные, засушливые земли, а также импортозамещающую продукцию на внутреннем рынке.

Также были определены задачи по увеличению интервалов между поливами, снижению степени потерь удобрений, обеспечению стабильного поступления питательных веществ и устранению недостатков традиционных удобрений. Изучены виды гидрогелей: карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ), полиакриламид (ПАА), полиакрилат натрия (ПАН),

гидроксипропилметилцеллюлоза (ГПМЦ) и перспективные методы их получения. Кроме того были изучены актуальные проблемы в проведённых исследованиях по получению биоразлагаемых гидрогелей на основе природных полимеров и солей металлов.

Изучена неопределимая роль инновационных технологий (лиофилизация, методы полимеризации) при получении гидрогелей, влияющих на повышение их механических, физических и биологических свойств и целенаправленное их применение. На основании анализа литературы определены цели и задачи диссертационной работы.

Во второй главе, под названием **«Синтез гидрогелей на основе производных целлюлозы, с участием винилмономеров и минералов и методы их исследования»**, представлены данные о физико-химических свойствах исходных сырьевых компонентов, на основе которых синтезированы различные типы гидрогелей, о методах их исследования, включая ИК-спектроскопию, сканирующую электронную микроскопию, рентгенофазовый анализ, а также для определения термических характеристик полученных гидрогелей, были использованы дериватографические методы.

В третьей главе, под названием **«Синтез и исследование свойств гидрогелей на основе карбоксиметилцеллюлозы, гидроксипропилметилцеллюлозы, винилмономеров и минералов»**, определены физико-химические свойства синтезированных гидрогелей на основе карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ), акриловой кислоты и соли Cr^{3+} . Результаты кривых ДТГА и ДСК анализов термических свойств гидрогелей получены с использованием дериватографических методов анализа ДТГА и ДСК. Структура гидрогелей обоснована методами электронной микроскопии, рентгенофазового анализа и ИК-спектроскопии.

Первоначально были синтезированы гидрогели следующих составов: КМЦ/АК/ Cr^{3+} , КМЦ/АК/АА/ Cr^{3+} , КМЦ/АК/ПАА/ Cr^{3+} , КМЦ/АК/ВА/ Cr^{3+} (с участием карбоксиметилцеллюлозы, акриловой кислоты, акриламида, полиакриламида, винилацетата). Затем, вместо карбоксиметилцеллюлозы была использована гидроксипропилметилцеллюлоза тоже с участием акриловой кислоты, акриламида, винилацетата и нитрата Cr^{3+} , на основе которых были синтезированы гидрогели с составом: ГПМЦ/АК/ Cr^{3+} , ГПМЦ/АК/АА/ Cr^{3+} , ГПМЦ/АК/ПАА/ Cr^{3+} , ГПМЦ/АК/ВА/ Cr^{3+}

Изучено влияние температуры (в диапазоне 60–130°C) на выход гидрогелей на основе карбоксиметилцеллюлозы и гидроксипропилметилцеллюлозы. Установлено, что оптимальная температура образования гидрогелей на основе карбоксиметилцеллюлозы и гидроксипропилметилцеллюлозы находится в пределах 89–107°C. Повышение температуры выше от 110°C до 130 °C приводит к снижению выхода основного целевого продукта.

С целью определения структуры макромолекулы полученного гидрогеля был получен его инфракрасный (ИК) спектр, представленный на рис.1.

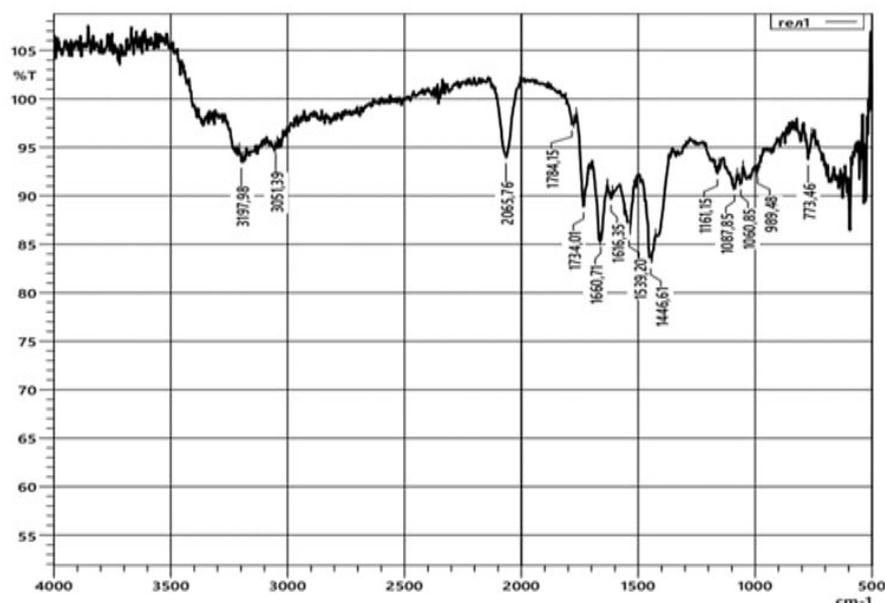


Рис.1. ИК-спектр гидрогеля состава КМЦ/АК/АА/Сг³⁺

При анализе ИК-спектра образца КМЦ/АК/Сг³⁺ (рис.1) наблюдаются полосы средней интенсивности в области 3198 см⁻¹, соответствующие валентным колебаниям –ОН-групп, участвующих в водородной связи. В области 2065 см⁻¹ наблюдаются валентные колебания карбоксильной –СОО⁻-группы, а её деформационные полосы поглощения проявляются в области 440 см⁻¹.

В интервале 1734–1660 см⁻¹ отмечаются асимметричные валентные колебания карбонильной >С=О группы. Поглощение средней интенсивности в области 1446 см⁻¹ обусловлено деформационными колебаниями –СН₂-группы. Полосы поглощения в области 1161 см⁻¹ соответствуют –СН–ОН-группам, а в интервале 1087–1060 см⁻¹ наблюдаются симметричные валентные полосы колебания относящиеся –С–О–С– группе, указанные спектральные характеристики подтверждают структуру полученного гидрогеля.

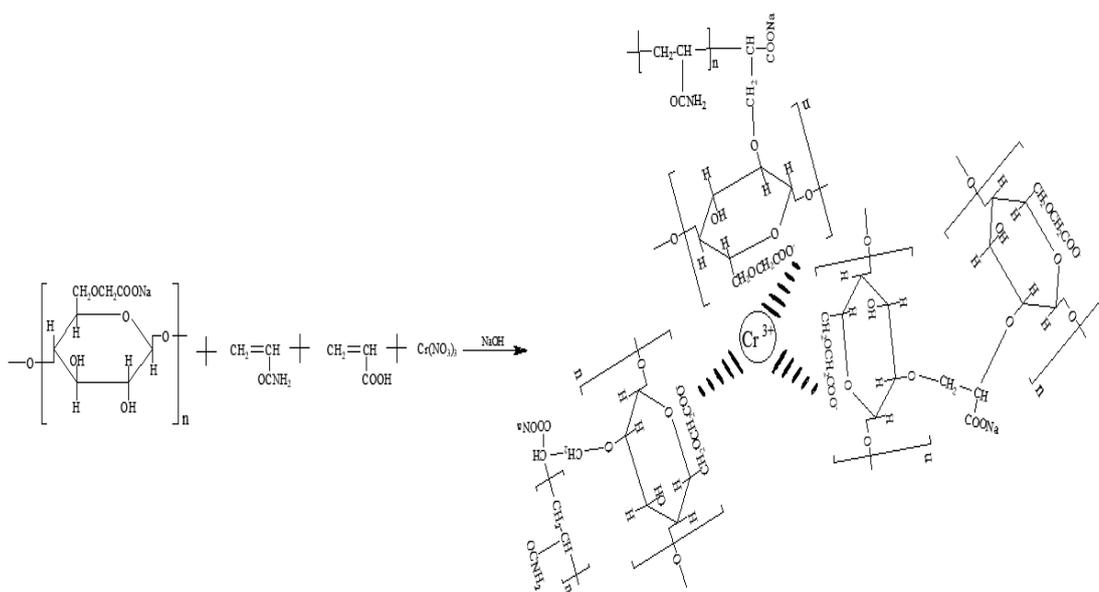


Рис.2. Структура гидрогеля состава КМЦ/АК/АА/Сг³⁺

Гидрогели, полученные на основе карбоксиметилцеллюлозы и гидроксипропилметилцеллюлозы, характеризуются сравнительно низкими механическими свойствами, в связи с чем для их улучшения были использованы соли Cr^{3+} . Ниже представлена структура синтезированного гидрогеля состава КМЦ/АК/АА/ Cr^{3+} (рис.2).

Кроме того, было подробно изучено влияние природы и концентрации мономеров, связующих агентов, инициаторов, а также температуры реакции на процесс синтеза.

Как известно, степень набухания гидрогелей зависит от их пористости и содержания гидрофильных групп. Для изучения степени пористости, а также поверхности и морфологии гидрогелей использовалась сканирующая электронная микроскопия (СЭМ). На рис. 3 представлены СЭМ-изображения гидрогеля состава КМЦ/АК/АА/ Cr^{3+} до и после набухания.

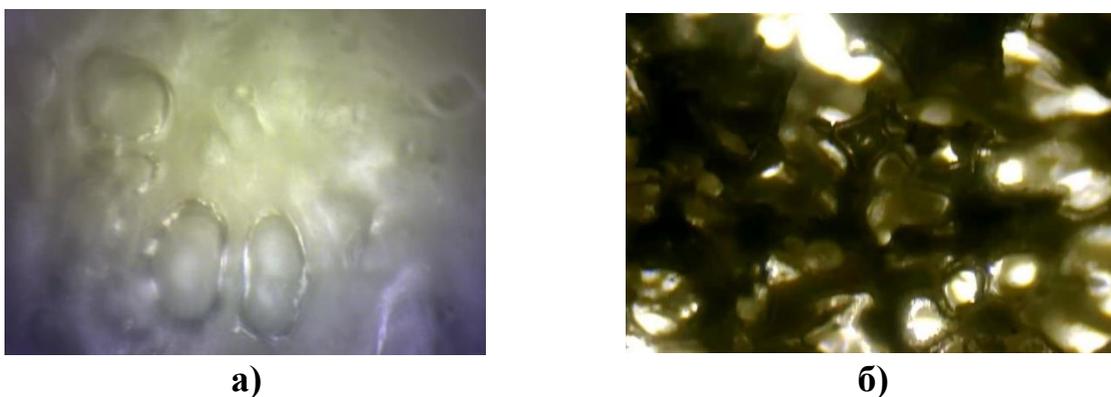
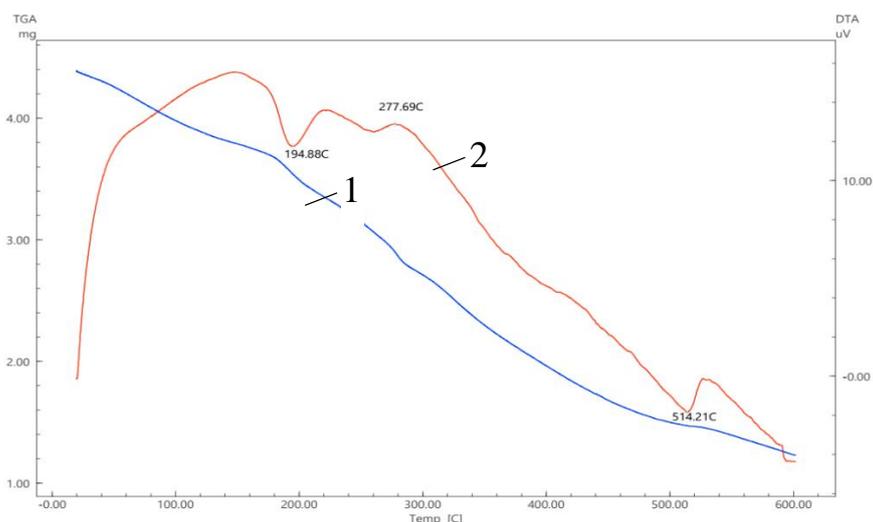


Рис. 3. Изображения гидрогеля состава КМЦ/АК/АА/ Cr^{3+} до набухания (а) и после набухания (б) СЭМ

В процессе синтеза гидрогелей происходит образование порообразующих веществ, таких как гидрокарбонат натрия (NaHCO_3) или карбоната аммония, которые под воздействием температуры в ходе реакции разлагаются с выделением углекислого газа (CO_2), что способствует образованию газовых пузырьков между макромолекулами. Эти газовые пузырьки распределяются во внутренней структуре гидрогеля, способствуя повышению его набухающей способности, водоотдачи, а также улучшению механических свойств гидрогеля.

Кроме того, степень пористости гидрогелей зависит от молекулярной подвижности полимерных цепей, энергии межцепного взаимодействия и уменьшения свободной энергии. Как правило, гидрогели достигают термодинамической устойчивости за счёт увеличения энтропии и снижения свободной энергии, что также способствует образованию пористой структуры.

Также, с целью изучения термических свойств гидрогеля состава КМЦ/АК/АА/ Cr^{3+} был использован дериватографический метод и полученные результаты представлены на рис. 4.



**Рис. 4. Дериватограмма гидрогеля состава КМЦ/АК/АА/Сr³⁺:
1-кривая ДТГА, 2-кривая ДСК**

По результатам термического анализа гидрогеля, полученного на основе КМЦ, акриловой кислоты и взаимосвязанного хрома (Сr³⁺), видно, что потеря массы протекает в две основные стадии (Рис.4).

На первой стадии потеря массы происходит в температурном интервале от 43 до 200°С, потеря составляет 15,44% по массе.

Вторая же стадия осуществляется в интервале температур 200-450°С, потеря составляет 56,27% по массе.

При анализе скорости разложения было установлено, что в интервале 200–450°С скорости разложения высокие и составляет от 2,18 до 4,96 мг/мин..

При анализе количества энергии, израсходованной на процесс термического разложения гидрогеля в этом же температурном интервале наблюдается возрастание количества израсходованной энергии, которая составляет от 0,04 до 2,21 μV·с/мг.

Полученные результаты указывают, что трехкомпонентный полимерный комплекс, карбоксиметилцеллюлоза образованная между акриловой кислотой, акриламидом и ионами Сr³⁺ (в виде нитрата хрома (III)), способствует формированию гидрогеля с высокой степенью набухания.

Также было изучено влияние концентрации нитрата хрома (III), использованного в качестве связующего агента, на степень набухания гидрогеля состава КМЦ/АК/АА/Сr³⁺ и полученные данные приведены на рис. 5. Анализ полученных результатов показал, что (рис.5) при содержании нитрата Сr³⁺ в количестве 0,017% масс, гидрогель показал максимальное набухание и его значение достигло до 800 раз. Это объясняется увеличением числа связей между макромолекулами.

Повышение концентрации нитрата хрома (III) выше 0,017 мас.% приводит к снижению степени набухания. Это обусловлено чрезмерным увеличением количества связей между макромолекулами.

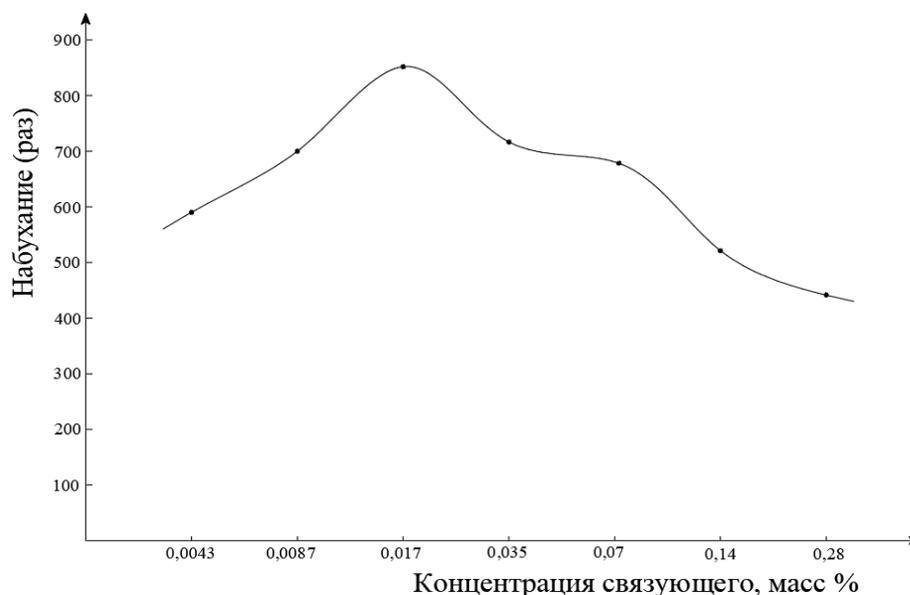


Рис. 5. Влияние концентрации связующего агента на степень набухания гидрогеля состава КМЦ/АК/АА/Сr³⁺

Кроме того, в рамках исследования был проведён синтез гидрогелей с использованием местного сырья, в частности, гидроксипропилметилцеллюлозы (ГПМЦ), производимого на АО «Навоийазот». Преимуществами ГПМЦ по сравнению с другими аналогами метилцеллюлозы является её высокая органорастворимость и термопластичность.

Поэтому на основе ГПМЦ, акриловой кислоты (АК), акриламида (АА) и нитрата хрома (III) был синтезирован высоконабухающий гидрогель состава ГПМЦ/АК/АА/Сr³⁺. Его структура была исследована методом ИК-спектроскопии, результаты которой представлены на рис.б.

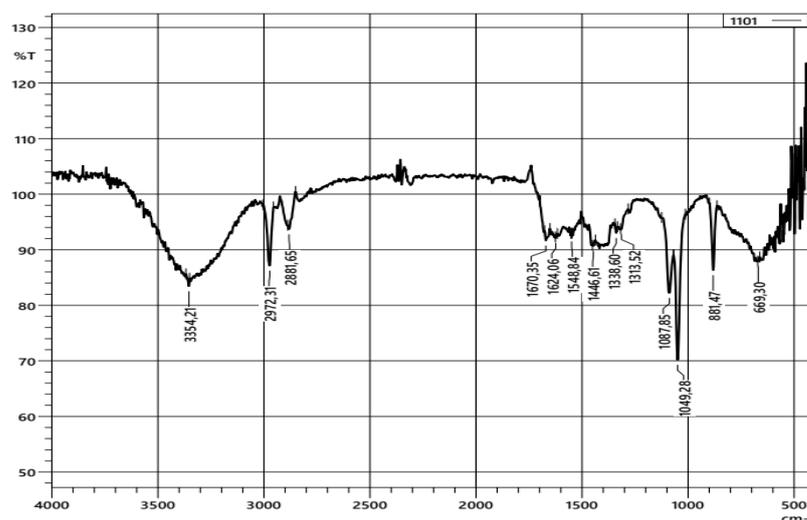


Рис. 6. ИК-спектр гидрогеля состава ГПМЦ/АК/АА/Сr³⁺

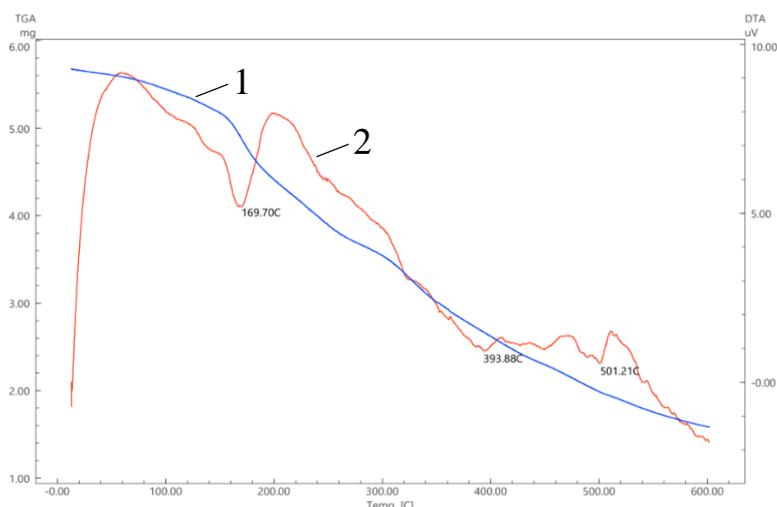
При анализе ИК-спектра водоудерживающего гидрогеля состава ГПМЦ/АК/АА/Сr³⁺ (рис. б) была зафиксирована валентная полоса поглощения в области 3354 см⁻¹, соответствующая гидроксильным группам (-ОН), входящим в состав структуры гидрогеля. Полосы поглощения в диапазоне 2972–2881 см⁻¹ обусловлены асимметричными валентными колебаниями

метильных ($-CH_3$) групп, а деформационное колебание этих групп проявляется при 669 см^{-1} .

В области $1670\text{--}1624.1\text{ см}^{-1}$ наблюдаются валентные колебания карбонильных групп ($-C=O$). Поглощение в интервале $1088\text{--}1049\text{ см}^{-1}$ соответствует деформационным колебаниям эфирных связей $-C-O-C-$.

Наличие характерных полос поглощения, соответствующих ключевым функциональным группам, подтверждает успешный синтез гидрогеля с заданной структурой на основе ГПМЦ, акриловой кислоты, акриламида и соли хрома (III).

Термические характеристики гидрогеля ГПМЦ/АК/АА/ Cr^{3+} были исследованы методом дериватографии, результаты которых представлены на рис. 7 и в таблице 1.



**Рис. 7. Дериватограмма гидрогеля состава ГПМЦ/АК/АА/ Cr^{3+} :
1 – кривая ДТГА, 2 – кривая ДСК**

Анализ полученных данных (рис. 7) показал, что потеря массы исследуемого гидрогеля происходит преимущественно в две стадии:

Первая стадия — в интервале температур $40\text{--}200\text{ °C}$, сопровождается потерей массы $11,63\%$ от исходной массы.

Вторая стадия — в интервале температур $200\text{--}400\text{ °C}$, с более интенсивным термическим разложением, приводит к потере $56,14\%$ массы.

Анализ скорости разложения, согласно данным табл. 1. показал, что в интервале $200\text{--}400\text{ °C}$ скорость термического распада достигает $2,55\text{--}3,12\text{ мг/мин}$, что указывает на интенсивное разрушение полимерной структуры.

Рассчитанная энергия, израсходованная на термическое разложение гидрогеля в этом температурном диапазоне, также значительно возрастает — от $0,265$ до $3,42\text{ мВ}\cdot\text{с/мг}$.

Также было изучено влияние концентрации нитрата хрома (III), выполняющего функцию связующего агента, на степень набухания гидрогеля. Анализ полученных результатов показал, что с увеличением концентрации нитрата хрома (III) до $0,015\text{ мас. \%}$, степень набухания гидрогеля возрастает, а

дальнейшее увеличение концентрации свыше 0,015 мас. % приводит к снижению набухаемости.

Таблица 1

Анализ результатов кривых ДТГА и ДСК гидрогеля на основе ГПМЦ (ГПМЦ/АК/АА/Cr³⁺)

№	Температура, °С	Потеря массы, %	Скорость разложения, мг/мин	Количество израсходованной энергии (μV•с/мг)
1	50	0,915	1,11	0,652
2	100	4,23	1,32	0,145
3	150	7,83	1,22	0,252
4	200	11,63	2,55	0,265
5	250	17,58	3,32	1,421
6	300	28,32	4,03	1,695
7	350	35,61	4,11	3,277
8	400	56,14	3,12	3,422
9	450	58,93	2,62	3,711
10	500	60,41	1,12	2,602
11	550	63,12	1,12	0,556
12	600	66,74	1,09	0,550

Это объясняется тем, что избыток связующего агента приводит к хаотичному формированию структуры гидрогеля, что, в свою очередь, ухудшает его способность к набуханию.

Кроме того, существенное влияние на степень набухания гидрогеля оказывает концентрация инициатора, вводимого в систему. В связи с этим было исследовано влияние концентрации персульфата аммония, используемого в качестве инициатора при синтезе гидрогеля. Полученные результаты представлены на рис. 8.

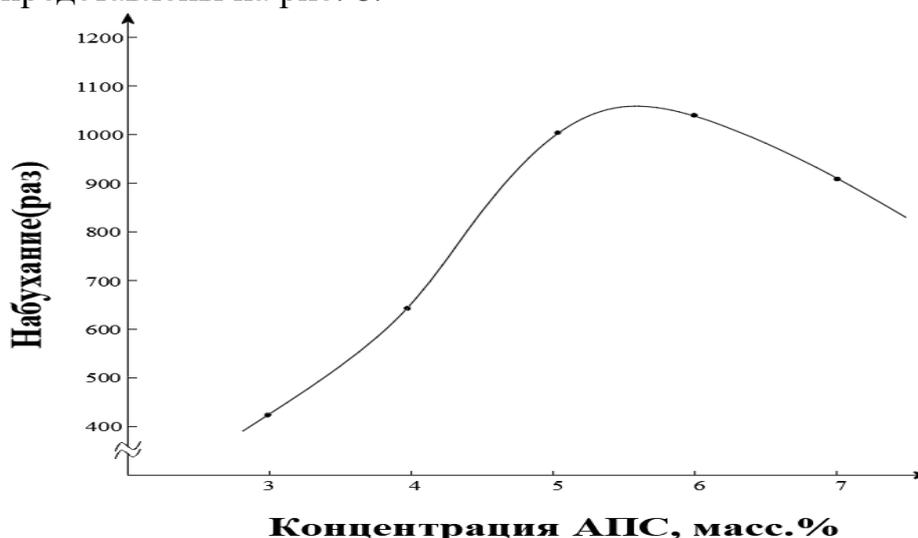


Рис. 8. Влияние концентрации персульфата аммония на степень набухания гидрогеля ГПМЦ/АК/АА/Cr³⁺

Анализ полученных результатов показывает (рис. 8), что при увеличении концентрации инициатора до 5,5 мас. % степень набухания гидрогеля достигает максимального значения. Однако дальнейшее увеличение концентрации инициатора выше 5,5 мас. % приводит к снижению степени набухания. Это объясняется тем, что с ростом концентрации инициатора увеличивается количество межмакромолекулярных сшивок, а также образованием олигомеров и гомополимеров акриловой кислоты и акриламида, отрицательно влияющих на набухаемость гидрогеля.

Пористость играет важную роль в процессе набухания гидрогеля. В связи с этим была проведена оценка степени пористости гидрогелей, синтезированных на основе КМЦ и ГПМЦ.

Степень пористости синтезированных гидрогелей были определены с использованием прибора "Sorbi-Meta Analyzer", а полученные результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

Влияние природы производных целлюлозы, мономеров и полимеров на порообразование в структуре гидрогелей

№	Наименование гидрогеля	Поверхностная площадь, м ² /г	Удельная поверхность слоя, НТД/г	Константа БЕТ
1	КМЦ/АК/Сr ³⁺	11,08 ± 0,75	2,5442	13,10
2	КМЦ/АК/АА/Сr ³⁺	18,27 ± 1,13	2,2388	15,10
3	КМЦ/АК/РАА/Сr ³⁺	9,75 ± 0,80	4,1945	11,61
4	КМЦ/АК/ВА/Сr ³⁺	10,65 ± 0,46	2,4447	11,06
5	ГПМЦ/АК/Сr ³⁺	9,36 ± 0,57	2,3912	12,94
6	ГПМЦ/АК/АА/Сr ³⁺	23,72 ± 0,92	3,0173	19,30
7	ГПМЦ/АК/РАА/Сr ³⁺	21,62 ± 0,60	3,9138	11,84
8	ГПМЦ/АК/ВА/Сr ³⁺	9,893 ± 0,51	2,0183	18,62

Синтез гидрогелей на основе КМЦ и ГПМЦ с участием различных мономеров и полимеров также сопровождался изучением влияния различных факторов на процесс получения материала, результаты которых представлены в табл. 3.

Анализ полученных результатов (табл.3.) показывает, что наибольшая степень набухания была зафиксирована у гидрогеля состава ГПМЦ/АК/АА/Сr³⁺ — до 1050-кратного увеличения. Это объясняется тем, что в составе данного полимера снижается количество активных центров, в результате чего формируется структура с более широкими межцепными промежутками. Такая структура способствует поглощению и удержанию большого объема жидкости.

На основе полученных результатов исследования установлен ряд активности гидрогелей:

ГПМЦ/АК/АА/Сr³⁺ > КМЦ/АК/АА/Сr³⁺ > ГПМЦ/АК/ВА/Сr³⁺ > ГПМЦ/АК/РАА/Сr³⁺ > ГПМЦ/АК/Сr³⁺ > КМЦ/АК/ВА/Сr³⁺ > КМЦ/АК/Сr³⁺ > КМЦ/АК/РАА/Сr³⁺

Таблица 3

Влияние различных факторов на степень набухания гидрогелей, синтезированных на основе КМЦ, ГПМЦ, различных мономеров и полимеров

№	Состав гидрогеля	Различные факторы				Степень набухания(раз)
		T, °C	τ, мин	[C _M],%	[C _J],%	
1	КМЦ/АК/Cr ³⁺	89	110	-	11	270
2	КМЦ/АК/АА/Cr ³⁺	99	150	25	9	730-800
3	КМЦ/АК/ПАА/Cr ³⁺	93	130	14	4	230
4	КМЦ/АК/ВА/Cr ³⁺	107	180	19	6	340
5	ГПМЦ/АК/Cr ³⁺	96	120	-	8	385
6	ГПМЦ/АК/АА/Cr ³⁺	98	170	16	5,5	950-1050
7	ГПМЦ/АК/ПАА/Cr ³⁺	94	140	15	5	463
8	ГПМЦ/АК/ВА/Cr ³⁺	106	190	18	7	737

В то же время, наименьшая степень набухания была зафиксирована у гидрогеля состава КМЦ/АК/ПАА/Cr³⁺, составив всего 230-кратное увеличение.

В четвёртой главе диссертации, озаглавленной «**Разработка технологии получения гидрогелей и их экономическая эффективность**» описывается что, на основе проведённых научно-исследовательских работ была предложена принципиальная технологическая схема производства гидрогелей с высокой степенью набухания, полученных с участием КМЦ и ГПМЦ, а также минеральных удобрений. Принципиальная технологическая схема данной технологии представлена на рис. 9.

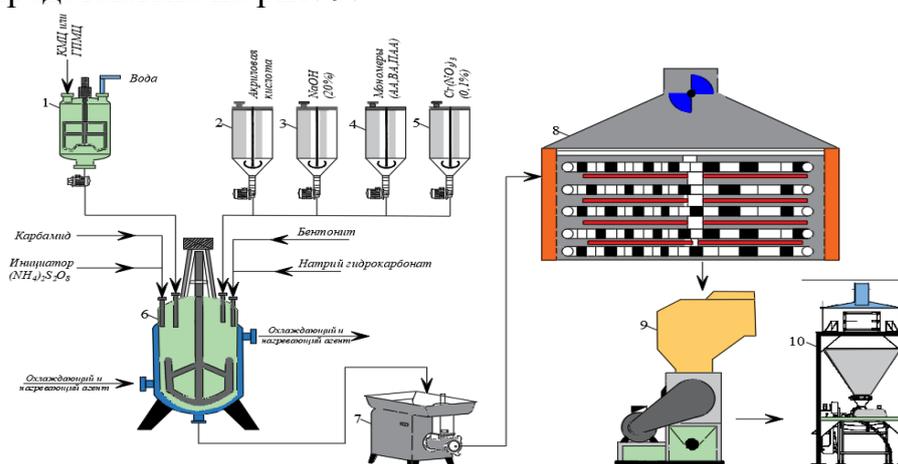


Рис.9. Принципиальная технологическая схема производства гидрогелей: 1-реактор с мешалкой для приготовления растворов КМЦ и ГПМЦ; 2-ёмкость для акриловой кислоты; 3-ёмкость для раствора NaOH (20%); 4-ёмкость для растворов мономеров (АА, ПАА, ВА); 5-ёмкость для раствора Cr(NO₃)₃ (0,1%); 6-основной реактор; 7-ножевой измельчитель; 8-сушильная установка; 9-зубчатый измельчитель; 10-упаковочное оборудование.

На первом этапе в реакторе 1 подготавливают 16,6% водный раствор карбоксиметилцеллюлозы или гидроксипропилметилцеллюлозы при

постоянном механическом перемешивании в течение 30 минут. Затем акриловая кислота из емкости 2 в необходимом количестве подается в основной реактор 6 и частично нейтрализуется (до 60%) 20% раствором гидроксида натрия из емкости 4. Нейтрализация проводится в, основном ,реакторе и процесс является экзотермической, поэтому реактор постоянно охлаждается с помощью хладагента.

Затем при достижении требуемой температуры в основной реактор вводится инициатор, и температура смеси поддерживается на уровне 4–5 °С до полного распределения инициатора в растворе. Далее, в течение 15 минут по тихонечку в реактор добавляют раствор мономера из емкости 3 и необходимое количество карбамида. Все процессы в основном реакторе происходят при постоянном перемешивании. После полного распределения всех компонентов в реакционную смесь добавляют инициатор и повышают температуру до 90 °С. При достижении температуры 50 °С скорость перемешивания значительно снижается до 70 об/мин, чтобы избежать механической деструкции полимера при начале сшивания.

После завершения гелеобразования процесс останавливается, и готовый продукт извлекается из реактора.

Согласно результатам данного исследования, применение гидрогеля улучшает развитие саженцев хлопчатника, а также снижает потребность их в воде и удобрениях. Это позволяет снизить расход воды, рабочую силу и расход минеральных удобрений, сэкономить 2500 м³ воды и 200-300 кг карбамида на каждый гектар земли. Применение гидрогеля для хлопчатника принесет выгоду в размере более 1500000 сумов на гектар земли, тем самым обеспечивая рациональное использование водных ресурсов. Способность гидрогеля удерживать воду вместе с содержащимися в нем минеральными удобрениями является важным фактором улучшения укоренения, роста и качества рассады. При этом использование гидрогеля при посадке рассады происходит до 30-40% экономии воды по сравнению с традиционными методами, а также экономия на каждый саженец достигается от 100000 до 200000 сумов.

ВЫВОДЫ

На основе проведённых исследований по теме диссертационной работы на соискание учёной степени доктора философии (PhD) «Получение гидрогелей на основе производных целлюлозы и исследование их свойств» представлены следующие выводы, имеющие теоретическое и практическое значение:

1. Синтезированы гидрогели с высокой способностью к набуханию, адаптированные к местным климатическим и почвенным условиям на основе карбоксиметилцеллюлозы и гидроксипропилметилцеллюлозы с участием карбамида, бентонита и гидрокарбоната натрия.

2. Изучено влияние природы и концентрации мономеров, продолжительности процесса, а также концентрации сшивающего агента — нитрата хрома (III) и инициатора-персульфата аммония на степень набухания

синтезированных гидрогелей и доказано, что наименьшая степень набухания наблюдается у гидрогелей с составом КМЦ/АК/ПАА/ Cr^{3+} , а наибольшая - у гидрогелей с составом ГПМЦ/АК/АА/ Cr^{3+} .

3. Изучено влияние природы и концентрации солей на способность синтезированных гидрогелей к набуханию, также определено, что с увеличением валентности и концентрации металлов степень набухания гидрогелей снижается — от 1000 г/г до 50 г/г.

4. Изучено влияние концентрации гидрокарбоната натрия на поробразование в структуре синтезированных гидрогелей. Установлено, что с увеличением площади поверхности с 9,36 м²/г до 23,72 м²/г степень набухания возрастает от 230 г/г до 1050 г/г.

5. Определена степень набухания всех синтезированных гидрогелей, на основе которой составлен ряд активности гидрогелей по степени набухания:

ГПМЦ/АК/АА/ Cr^{3+} >КМЦ/АК/АА/ Cr^{3+} >ГПМЦ/АК/ВА/ Cr^{3+} >ГПМЦ/АК/ПАА/ Cr^{3+} >ГПМЦ/АК/ Cr^{3+} >КМЦ/АК/ВА/ Cr^{3+} >КМЦ/АК/ Cr^{3+} >КМЦ/АК/ПАА/ Cr^{3+}

6. Изучено влияние всех факторов на формирование гидрогелей. В частности, для гидрогеля с наивысшей степенью набухания-состава ГПМЦ/АК/АА/ Cr^{3+} -определены оптимальные условия синтеза: температура-98 °С, продолжительность реакции-170 минут, концентрация мономеров-16 масс.%, концентрация инициатора-5,5 масс.%.

7. Создана принципиальная технология получения высоконабухающего гидрогеля на основе карбоксиметилцеллюлозы, гидроксипропилметилцеллюлозы, а также с участием акриловой кислоты, акриламида, винилацетата, карбамида, нитрата хрома, бентонита, гидрокарбоната натрия и персульфата аммония.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON THE BASIS OF SCIENTIFIC COUNCIL
AWARDING SCIENTIFIC DEGREES DSc.17/7.06.2024.K/T.06.03 AT THE
NAVOI STATE UNIVERSITY OF MINING AND TECHNOLOGIES**

NAVOI STATE UNIVERSITY OF MINING AND TECHNOLOGIES

ISROILOV OLTINBEK

**OBTAINING HYDROGELS BASED ON CELLULOSE DERIVATIVES
AND STUDYING THEIR PROPERTIES**

02.00.14 - Technology of organic substance and materials on their basis

**DISSERTATION ABSTRACT
of the doctor of philosophy (PhD) on technical sciences**

Navoi – 2025

The theme of the dissertation for the Doctor of Philosophy (PhD) degree was registered at the Supreme Attestation Commission at the Ministry of Higher Education, Science, and Innovations of the Republic of Uzbekistan under the number B2025.2.PhD/T5582.

The dissertation was completed at the Navoi State University of Mining and Technologies.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (summary)) on the web page of the scientific council www.nsumt.uz and on the Information and Educational Portal "Ziyonet".

Research supervisors:	Mukhiddinov Bakhodir Doctor of chemical sciences, Professor
Official opponents:	Vapoev Husnitdin Doctor of technical sciences, Professor Qiyomov Sharif Doctor of technical sciences, s.r.f.
Leading organization:	Bukhara State University

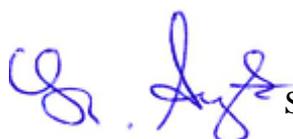
The defense of the dissertation will take place on 26 august, 2025 at 9:00 hours at a meeting of the scientific council DSc.17/7.06.2024.K/T.06.03 at the Navoi State University of Mining and Technologies at the address: 210100, Navoi, ave. Galaba Shokh, 76v. Conference hall of the Navoi State University of Mining and Technologies Tel.: 0 (436) 223-23-32; fax: 0 (436) 223-49-66; (e-mail: info@nsumt.uz).

The dissertation can be found at the Information Resource Center of the Navoi State University of Mining and Technologies (registered under the number 217). Address: 210100, Navoi, ave. Galaba Shokh, 76v. Conference hall Navoi State University of Mining and Technologies Tel.: 0 (436) 223-23-32; fax: 0 (436) 223-49-66; (e-mail: info@nsumt.uz).

Abstract of the dissertation is distributed on 13 august 2025.

(protocol at the register No. 11 dated 13 august 2025).


T. Nurmurodov
Chairman of Scientific Council for
awarding the scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor


S. Sharipov
Scientific Secretary of the Scientific Council for
awarding the scientific degrees,
PhD., associate professor


H. Vapoev
Chairman of the Scientific Seminar at the
Scientific Council for the award of the scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of the study is to develop a technology for producing highly absorbent and biodegradable hydrogels, which contain nutrients for plants, based on natural polymers.

The object of the research work includes Carboxymethyl cellulose, hydroxypropyl methylcellulose, acrylic acid, acrylamide, polyacrylamide, vinyl acetate, chromium nitrate, urea, bentonite, ammonium persulfate, potassium persulfate, sodium bicarbonate, and sodium hydroxide.

The scientific novelty of the research consists of the following:

Hydrogels with high absorbency, climate stability, and nutrient retention were obtained for the first time based on natural polymers — carboxymethyl cellulose and hydroxypropyl methylcellulose, acrylic acid, polyacrylamide, vinyl acetate, bentonite, and Cr^{3+} salts as cross-linking agents;

The optimal conditions for synthesizing highly absorbent hydrogels containing natural polymers — carboxymethyl cellulose, hydroxypropyl methylcellulose, acrylic acid, polyacrylamide, vinyl acetate, mineral fertilizers, as well as cross-linker (Cr^{3+} salt) and initiators — were determined to be: temperature – 98°C , reaction time – 170 minutes, monomer concentration – 16 wt.%, and initiator concentration – 5.5 wt.%;

The thermal stability of the obtained hydrogels was studied using the derivatographic method, and the swelling capacity was investigated depending on the concentration of natural mineral bentonite. It was found that the maximum absorbency of the hydrogel is 950–1050 g/g;

A technology has been developed for obtaining highly absorbent hydrogels based on natural polymers — carboxymethyl cellulose and hydroxypropyl methylcellulose — with the participation of natural minerals.

Implementation of research results.

Based on the scientific findings obtained from the study on the synthesis and properties of hydrogels derived from cellulose derivatives:

The technology for producing new composition hydrogels based on local raw materials (carboxymethyl cellulose and hydroxypropyl methylcellulose) has been included in the “List of Promising Developments for Implementation in 2025–2028” of Navoiyazot JSC (as per official letter No. 03-4/4163 dated July 3, 2025, from Navoiyazot JSC). As a result, this creates the opportunity to develop import-substituting hydrogels based on domestic raw materials.

The technologies for synthesizing nutrient-retaining hydrogels composed of CMC/PAAm/AA/ Cr^{3+} , HPMC/PAAm/AA/ Cr^{3+} , and HPMC/PAAm/VA/ Cr^{3+} based on local raw materials have also been included in the “List of Promising Developments for Implementation in 2025–2028” of Navoiyazot JSC (official letter No. 03-4/4163 dated July 3, 2025, from Navoiyazot JSC). As a result, the application of these hydrogels in small micro-agricultural zones allows for uniform germination and growth of cotton seedlings and sprouts, enabling the saving of up to 2500 m³ of water and 200–300 kg/ha of mineral fertilizers per hectare of land.

The structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and an appendix. The volume of the dissertation is 116 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙЎАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I част, I part)

1. Исроилов О.И., Мухиддинов Б.Ф., Джалилов А.Т. Широшов Ш.Д. Синтез и исследование свойств экологически чистого универсального супер абсорбирующего гидрогеля // *Universum: химия и биология*. – Москва, 2024. – №10. – С. 4-9 (02.00.00. №2).

2. Исроилов О.И., Мухиддинов Б.Ф., Джалилов А.Т., Широшов Ш.Д. Карбоксиметилцеллюлоза асосида кўп функцияли суперабсорбент гидрогеллар синтези // *Фан ва технологиялар тараққиёти*. – Бухоро, 2024. – №5. – С. 140-144 (02.00.00. №14).

3. Исроилов О.И., Мухиддинов Б.Ф., Джалилов А.Т., Широшов Ш.Д., Исроилова Г.А. ИК-спектроскопические и термогравиметрические исследования гидрогелей, синтезированных на основе карбоксиметилцеллюлозы // *Universum: химия и биология*. – Москва, 2024. – №11. – С. 13-20 (02.00.00. №2).

4. Исроилов О.И., Мухиддинов Б.Ф., Джалилов А.Т., Широшов Ш.Д., Исроилова Г.А. Маҳаллий хомашёлар асосида гидрогеллар синтези ва уларнинг хоссалари // *Композицион материаллар*. – Тошкент, 2024. – №4. – С. 212-217 (02.00.00. №4).

5. Мухиддинов Б.Ф., Джалилов А.Т., Исроилов О.И., Широшов Ш.Д. Сравнительный анализ набухаемости гидрогелей синтезированных на основе карбоксиметилцеллюлозы // *Фан ва технологиялар тараққиёти*. – Бухара, 2025. – №1. – С. 105-109 (02.00.00. №14).

6. Мухиддинов Б.Ф., Джалилов А.Т., Широшов Ш.Д., Исроилов О.И. Синтез и исследование гидрогелей на основе гидроксипропилметилцеллюлозы методами дериватографии и ик-спектроскопии // *Universum: химия и биология*. – Москва, 2025. – №4. – С. 10-15 (02.00.00. №2).

II бўлим (II част, II part)

7. Исроилов О. И, Тагаев И. А., Журакулов Б. А. Роль гелеобразных химических соединений для увеличения биомассы степных растений // *Journal of advanced research and stability*. 2022, 238-241 бетлар.

8. Исроилов О.И., Мухиддинов Б.Ф., Широшов Ш.Д. Хром тузлари ва карбоксиметилцеллюлоза асосида гидрогеллар синтез қилиш // *Zarafshon vohasini kompleks innovatsion rivojlantirish yutuqlari, muammolari va istiqbollari IV-xalqaro ilmiy-amaliy anjumani*. – Navoi, November 16-17, 2023. – С. 214.

9. Исроилов О.И., Мухиддинов Б.Ф., Джалилов А.Т., Широшов Ш.Д. Karboksimetilsellyuloza asosida gidrogellar sintezi va ularning xarakteristikasi // *Международная научно-техническая конференция, «Проблемы,*

инновационные предложения и решения в области химии и технологии нефти и газа». – Бухара, 14-15 декабря 2023 г. – С. 361-365.

10. Исроилов О.И., Мухиддинов Б.Ф., Ширинов Ш.Д., Джалилов А.Т. Синтез гидрогелей на основе карбоксиметилцеллюлозы и солей хрома // Материалы докладов 88-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов. – Минск, 2024 г. – С. 180-182.

11. Исроилов О.И., Мухиддинов Б.Ф., Джалилов А.Т., Ширинов Ш.Д. Супер абсорбент полимер гидрогелларни Na-КМЦ асосида синтез қилиш ва уларнинг характеристикаси // Zarafshon vohasini kompleks innovatsion rivojlantirish yutuqlari, muammolari va istiqbollari v-xalqaro ilmiy-amaliy anjumani. – Navoi, 18-19 April, 2024. – С. 388-389.

12. Исроилов О.И., Мухиддинов Б.Ф., Ширинов Ш.Д., Джалилов А.Т. Экологик тоза ва кўп функцияли карбоксиметилцеллюлоза асосидаги композит гидрогеллар хоссаларини тадқиқоти // Республиканская научно-техническая конференция, «Перспективы развития композиционных материалов» – Т, ГУП “Фан ва тараккиёт”. – Ташкент, 19-20 сентября 2024 г. – С. 180-181.

13. Исроилов О.И., Мухиддинов Б.Ф., Исроилова Г.А., Ширинов Ш.Д. Cr^{3+} ионлари билан ўзаро боғланган карбоксиметилцеллюлоза асосида гидрогеллар синтези // “NAVOIYAZOT” AJ 60 yilligiga bag‘ishlanadi, “O‘zbekistonda ilm-fan, kimyoviy texnologiya va ishlab chiqarish istiqbollari” mavzusidagi respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi, – Navoiy, 15-noyabr 2024 y, – С. 210-212.

14. Мухиддинов Б.Ф., Исроилов О.И., Ширинов Ш.Д., Джалилов А.Т. Композитный гидрогель на основе карбоксиметилцеллюлозы и ионов металлов // Материалы докладов 89-й научно-технической конференции с международным участием. – Минск, 3-18 февраля 2025 г. – С. 277-279.

15. Мухиддинов Б.Ф., Исроилов О.И., Исроилова Г.А., Ширинов Ш.Д. Полифункциональные гидрогели на основе карбоксиметилцеллюлозы // Материалы докладов 89-й научно-технической конференции с международным участием. – Минск, 3-18 февраля 2025 г. – С. 245-247.

16. Мухиддинов Б.Ф., Джалилов А.Т., Ширинов Ш.Д., Исроилов О.И. Целлюлоза хосилалари асосида синтез қилинган гидрогеллар ва уларнинг қишлоқ хўжалигидаги аҳамияти // Международная научно-техническая конференция, Коллоидная химия: инновации и решения для химической технологии, экологии и промышленности. – Термез, 7-8 февраля 2025 г. – С. 1063-1065.

17. Мухиддинов Б.Ф., Ширинов Ш.Д., Исроилов О.И., Исроилова Г.А. Гидропропилметилцеллюлоза асосида гидрогеллар синтези ва уларнинг табиий ресурслардан фойдаланишдаги аҳамияти // “Global iqlim o‘zgarishi va suv tanqisligi sharoitida suv-energetika va oziq-ovqat xavfsizligi” mavzusidagi

xalqaro ilmiy va ilmiy-texnikaviy anjumani. – Buxoro, 25-26 fevral, 2025 y. – С. 120-123.

18. Исроилов О.И., Мухиддинов Б.Ф., Ахтамов Д.Т., Исроилова Г.А. Гидроксипропилметилцеллюлоза асосида гидрогел синтез қилиш ва унинг ик-спектроскопик таҳлили // “Kimyo va kimyoviy texnologiya sohalarining dolzarb muammolari va istiqbollari” xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya. – Jizzax, 25-26 aprel, 2025 y. – С. 848-852.

19. Мухиддинов Б.Ф., Ахтамов Д.Т., Исроилов О.И., Исроилова Г.А. Гидроксипропилметилцеллюлоза асосида синтез қилинган гидрогелларнинг ик-спектроскопик ва термогравиметрик таҳлили // Kimyo fanining muammolari, sanoat sohalariga tatbiqi va yashil texnologiyalar mavzusidagi xalqaro anjuman. – Namangan, 18-19 aprel, 2025 y. – С. 1557-1560.

20. Мухиддинов Б.Ф., Джалилов А.Т., Ширинов Ш.Д., Исроилов О.И., Самадов А.Р. Ammoniy persulfat konsentratsiyasining KMS asosida olingan gidrogelning bo'kuvchanlik darajasiga ta'sirini hisoblash // O'zbekiston respublikasi adliya vazirligi huzuridagi intellektual mulk agentligi. № DGU 42437.

21. Мухиддинов Б.Ф., Джалилов А.Т., Ширинов Ш.Д., Исроилов О.И., Самадов А.Р. Monomer tabiatining KMS asosida olingan gidrogelning bo'kuvchanlik darajasiga ta'sirini hisoblash // O'zbekiston respublikasi adliya vazirligi huzuridagi intellektual mulk agentligi. № DGU 42438.

22. Мухиддинов Б.Ф., Джалилов А.Т., Ширинов Ш.Д., Исроилов О.И., Самадов А.Р. Xrom (III) nitrat tuzi konsentratsiyasining KMS asosida olingan gidrogelning bo'kuvchanlik darajasiga ta'sirini hisoblash // O'zbekiston respublikasi adliya vazirligi huzuridagi intellektual mulk agentligi. № DGU 42439.

23. Мухиддинов Б.Ф., Джалилов А.Т., Ширинов Ш.Д., Исроилов О.И., Самадов А.Р. Vaqt davomiyligini KMS asosida olingan gidrogelning bo'kuvchanlik darajasiga ta'sirini hisoblash // O'zbekiston respublikasi adliya vazirligi huzuridagi intellektual mulk agentligi. № DGU 42440.

24. Мухиддинов Б.Ф., Исроилов О.И., Ширинов Ш.Д., Джалилов А.Т., Самадов А.Р. KMS/VA/Sr tarkibli gidrogelning sinteziga inisiator konsentratsiyasining gellanish haroratiga ta'sirini hisoblash // O'zbekiston respublikasi adliya vazirligi huzuridagi intellektual mulk agentligi. № DGU 47190.

25. Мухиддинов Б.Ф., Исроилов О.И., Ширинов Ш.Д., Джалилов А.Т., Самадов А.Р. KMS/VA/Sr tarkibli gidrogelning sintezida vinilasetat konsentratsiyasining suv yutuvchanlikga ta'sirini hisoblash // O'zbekiston respublikasi adliya vazirligi huzuridagi intellektual mulk agentligi. № DGU 47191.

26. Мухиддинов Б.Ф., Исроилов О.И., Ширинов Ш.Д., Джалилов А.Т., Самадов А.Р. KMTS asosidagi gidrogelning suvni yutish qobiliyatiga tuzlarning tabiati va konsentratsiyasining ta'sirini hisoblash // O'zbekiston respublikasi adliya vazirligi huzuridagi intellektual mulk agentligi. № DGU 47192.

27. Мухиддинов Б.Ф., Исроилов О.И., Ширинов Ш.Д., Джалилов А.Т., Самадов А.Р. Ammoniy persulfat inisiatori konsentratsiyasining KMTS asosida

olingan gidrogelning bo‘kuvchanlik darajasiga ta’sirini hisoblash // O'zbekiston respublikasi adliya vazirligi huzuridagi intellektual mulk agentligi. № DGU 47193.

