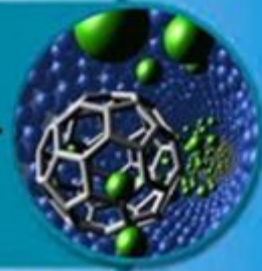




**ФАН ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР  
ТАРАҚҚИЁТИ**  
**РАЗВИТИЕ НАУКИ И  
ТЕХНОЛОГИЙ**



*1*  
*2025*

*Тахририят ҳайъати раиси:*

**СИДДИҚОВА С.Ғ. –**

**Бухоро муҳандислик-технология институти ректори**

*Муовини:*

**ЮЛДАШЕВ Н.Х. –**

**БухМТИ илмий ишлар ва инновациялар бўйича проректори**

*Тахрир ҳайъати:*

**МУҚИМОВ К.М. –** ЎзР ФА академиги (ЎЗМУ)

**ЖАЛИЛОВ А.Т. –** ЎзР ФА академиги (Тошкент кимё-технология ИТИ)

**НЕГМАТОВ С.Н. –** ЎзР ФА академиги (“Фан ва тараққиёт” ДУК)

**БАҲОДИРОВ Ғ.А. –** т.ф.д., профессор, ЎзР ФА бош илмий котиби

**ХАМИДОВ О.Х. –** иқтисод фанлари доктори, профессор (БухДУ)

**ЖАЛИЛОВ Т.Қ. –** иқтисод фанлари доктори (DSc) (ТКТИ)

**МУХТАРОВ Н.Ш. –** техника фанлари доктори (DSc) (“Ўзбекнефтегаз” АЖ)

**ТУХСАНОВ Х.А. –** иқтисод фанлари доктори (DSc) (“Ўзбекнефтегаз” АЖ)

**МАДИЕВ Р.Х. –** техника фанлари доктори (DSc) (“Шуртан ГКМ” МЧЖ)

**АДИЗОВ Б.З. –** техника фанлари доктори (DSc), к.и.х., ЎзРФА УНКИ

**ХУРМАМАТОВ А.М. –** техника фанлари доктори, профессор, ЎзРФА УНКИ

**СОБИРОВА Н.К. –** филология фанлари номзоди, доцент, ЎЗМУ

**ҒАФУРОВ Д.О. –** Бухоро МТИ ёшлар масалалари ва маънавий-маърифий ишлар бўйича биринчи проректори ф.ф.ф.д (PhD)

**ҚУРБОНОВ Ж.М. –** техника фанлари доктори, профессор (Самарқанд ИСИ)

**САИДОВ С.Б. –** Бухоро МТИ молия ва иқтисод ишлари бўйича проректори

**ШАРИПОВ М.З. –** физика-математика фанлари доктори (DSc), профессор

**АСТАНОВ С.Х. –** физика-математика фанлари доктори, профессор

**РАХМОНОВ Х.Қ. –** техника фанлари доктори, профессор

**ВОХИДОВ М.М. –** техника фанлари доктори, профессор

**ЖЎРАЕВ Х.Ф. –** техника фанлари доктори, профессор

**САДУЛЛАЕВ Н.Н. –** техника фанлари доктори (DSc), профессор

**МАЖИДОВ Қ.Х. –** техника фанлари доктори, профессор

**ФОЗИЛОВ С.Ф. –** техника фанлари доктори, профессор

**ИСАБАЕВ И.Б. –** техника фанлари доктори, профессор

**АБДУРАҲМОНОВ О.Р. –** техника фанлари доктори, профессор

**НИЗОМОВ А.Б. –** иқтисод фанлари доктори, профессор

**ЖУМАЕВ М.Р. –** физика-математика фанлари доктори (DSc), профессор

**ЮНУСОВА Г.С. –** фалсафа фанлари доктори (DSc), профессор

**ЖЎРАЕВА М.М. –** филология фанлари доктори (DSc), профессор

**ТЎХТАЕВА З.Ш. –** техника фанлари доктори (DSc), профессор

**МАХМУДОВ М.Ж. –** техника фанлари доктори (DSc), профессор

**ХАЙИТОВ Р.Р. –** техника фанлари доктори (DSc), к.и.х.

**БОЗОРОВ Ғ.Р. –** техника фанлари доктори (DSc), профессор

**БОЛТАЕВ З.И. –** физика-математика фанлари доктори (DSc), профессор

**ОЛТИЕВ А.Т. –** техника фанлари доктори, (DSc)

**ЖАЛИЛОВ Р.Б. –** техника фанлари доктори (DSc), профессор

**МАХМУДОВ М.И. –** техника фанлари доктори (DSc), профессор

**МАЖИДОВА Н.Қ. –** техника фанлари доктори (DSc), профессор

**АХМЕДОВ В.Н. –** кимё фанлари номзоди, профессор

**МАХМУДОВ Р.А. –** техника фанлари доктори (DSc), профессор

**ПУЛАТОВА М.И. –** физика-математика фанлари номзоди, профессор

*Бош муҳаррир:*

**ДЎСТОВ Ҳ.Б. –** кимё фанлари доктори, профессор

*Муҳаррирлар:*

**БАРАКАЕВА Д.Ф., ОРТИҚОВА С.Ж., ИСТАМОВА Г.Х.**

*Мусахҳишлар:*

**БОЛТАЕВА З.З., АРТИКОВА М.М.**

## **ФАН ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР ТАРАҚҚИЁТИ**

**ИЛМИЙ – ТЕХНИКАВИЙ ЖУРНАЛ**

## **РАЗВИТИЕ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ**

**НАУЧНО – ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ**

*Журнал Ўзбекистон матбуот ва ахборот агентлиги Бухоро вилояти бошқармасида 2014 йил 22-сентябрда № 05-066-сонли гувоҳнома билан рўйхатга олинган*

*Муассис:*

**Бухоро муҳандислик-технология институти**

*Журнал Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги ОАК Раёсатининг 2017 йил 29-мартдаги №239/5-сонли қарори билан диссертациялар асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрлар рўйхатига киритилган. 2019 йилда Ўзбекистон Республикаси ОАК Раёсатининг қарорлари билан қайта рўйхатдан ўтказилган.*

*Тахририят манзили:*

**200100, Бухоро шаҳри, Қ. Муртазоев кўчаси, 15-уй, Бухоро муҳандислик-технология институти**

**Тел: 0(365) 223-92-40**

**Факс: 0(365) 223-78-84**

**Электрон манзил:**

**E-mail: [fantt\\_jurnal@umail.uz](mailto:fantt_jurnal@umail.uz)**

**Журналнинг тўлиқ электрон варианты билан**

**<https://journal.bmti.uz/>**

**сайти орқали танишиш мумкин.**

*Ушбу журналда чоп этилган материаллар тахририятнинг ёзма рухсатисиз тўлиқ ёки қисман чоп этилиши мумкин эмас.*

*Тахририятнинг фикри муаллифлар фикри билан ҳар доим ҳам мос тушмаслиги мумкин. Журналда ёритилган материалларнинг ҳаққонийлиги учун мақолаларнинг муаллифлари ва реклама берувчилар масъулдирлар.*

# МУНДАРИЖА - СОДЕРЖАНИЕ – CONTENT

| <b>ТЕХНИКА, ТЕХНОЛОГИЯ ВА ЖИҲОЗЛАР</b>                                                                                                                                                                             |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Бибутов Н.С., Хожиев А.Х., Ҳабибов Ф.Ю.</b> Балкани эгилишга синаш . . . . .                                                                                                                                    | <b>4</b>   |
| <b>Ataullayev Sh.N., To‘raqulova M.Q., Boboqulov F.B., Xamidov D.G‘.</b> Neft va gaz zavodlaridan chiqayotgan mash‘ala gazlarini qayta ishlash texnologiyalasini takomillashtirish . . .                           | <b>11</b>  |
| <b>Xamzayev A.A., Xaydarov Sh.B., Usmonov M.Z., Niyetbaev A.D.</b> Karyer bir cho‘michli ekskavatorlarining ish rejimlarini optimallashtirish . . . . .                                                            | <b>18</b>  |
| <b>Ismailov M.A., Mannobjonov B.Z.</b> Suv tozalash jarayonida mikroorganizmlarga ta‘sir qiluvchi asosiy faktorlar . . . . .                                                                                       | <b>24</b>  |
| <b>Чулиев У.Х., Амонов М.Р.</b> Разработка состава буровых растворов и изучение их реологических и эксплуатационных свойств . . . . .                                                                              | <b>32</b>  |
| <b>Sharibayev N.Y., Ibragimov A.T.</b> Ipak salmog‘ini oshirish uchun ipak qurtlarini parvarishlashning zamonaviy yechimlari . . . . .                                                                             | <b>35</b>  |
| <b>Мухамедбаев А.А.</b> Влажностные характеристики автоклавного газобетона . . . . .                                                                                                                               | <b>39</b>  |
| <b>Jo‘rayev F.O‘., Umedova U.X., Axmedov Y.H., Mardonova S.M.</b> Plug osti tovonini yumshatadigan chuquryumshatkich qurilmasining murakkab sirtli ishchi organining dala tajriba tadqiqotlari natijalari. . . . . | <b>45</b>  |
| <b>КИМЁ ВА КИМЁВИЙ ТЕХНОЛОГИЯЛАР</b>                                                                                                                                                                               |            |
| <b>Фозилов С.Ф., Зоирова А.И., Фозилов Ҳ.С.</b> Табиий газдан МТО (метанолдан олефин) технологияси асосида қуйи олефинар олиш . . . . .                                                                            | <b>50</b>  |
| <b>Atoyev E.X., Sharipova N.O‘.</b> Adgeziya xossalarini oxirgi plazmali mustahkamlash usulidan foydalanib o‘rganish . . . . .                                                                                     | <b>57</b>  |
| <b>Eshdavlatova G.E., Kamolov L.S.</b> Tabiiy gazlarni nordon komponentlardan aminli tozalashda ko‘piklanish sabablari va uning intensivligiga ta‘sir etuvchi omillar . . . . .                                    | <b>61</b>  |
| <b>Умурова Ш.Ш., Амонов М.Р., Амонова М.М.</b> Изучение текстурных характеристик бентонитовых материалов . . . . .                                                                                                 | <b>64</b>  |
| <b>Axmedova Sh.U., Axmedova O.B.</b> Gazlarni absorbsion tozalashda samarali absorbent kompozitsiyalar yaratish . . . . .                                                                                          | <b>68</b>  |
| <b>Ataqulova D.D.</b> Neft-gaz-suv muhiti korroziyasida aminonitrilli (MAD tipli) ingibitorlarning samaradorligini o‘rganish . . . . .                                                                             | <b>72</b>  |
| <b>Bobokulova M.Sh., Xodjamkulov S.Z.</b> Effect of various factors on the synthesis of ion-exchange membranes and IR-spectral description of their structure with a fure converter . . .                          | <b>78</b>  |
| <b>To‘raqulova M.Q., Boboqulov F.B., Temirov A.H.</b> “Vodorod sulfidi saqlagan nordon gazlarni utilizatsiyalashning samarali texnologiyasini ishlab chiqish” . . . . .                                            | <b>84</b>  |
| <b>Abdukarimov M.M., Maxmudov N.N., Yodgorov N.</b> Gazkondensat konlarini ishlatishni sa-maradorligini oshirishda organik aminlar asosidagi korroziya ingibitorining ta‘sirini tadqiq etish . . . . .             | <b>91</b>  |
| <b>Abdukarimov M.M., Maxmudov N.N., Yodgorov N.</b> Magistral neft va gaz quvurlarini vodorod sulfidli korroziyasiga ingibitorlarni ta‘sirini tadqiq etish . . . . .                                               | <b>95</b>  |
| <b>Tursunova F.J., Amonov M.R.</b> Sanoat katalizatorlari chiqindilarini qayta ishlash . . . . .                                                                                                                   | <b>99</b>  |
| <b>Муҳиддинов Б.Ф., Джалилов А.Т., Исроилов О.И., Ширинов Ш.Д.</b> Сравнительный анализ набухаемости гидрогелей синтезированных на основе карбоксиметилцеллюлозы                                                   | <b>105</b> |
| <b>Choriyev A.U., Mirzayeva S.K., Normurodov I.O‘., Izbasarova G.Sh.</b> 4-xlorfenilxlor-atsetat asosida nukleofil almashinish reaksiyalarini tadqiq qilish. . . . .                                               | <b>110</b> |

## МАШИНАСОЗЛИК ВА ЭНЕРГЕТИКА

|                                                                                                                                                                                                       |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Жалилов Р.Б., Караев А.Т., Камалов У.У.</b> Исследование модернизации котельной АО «Бухараэнергомарказ» . . . . .                                                                                  | <b>117</b> |
| <b>Berdiev D.M., Abdullaev B.K., Abdullaev A.X., Kuziyev G.Sh.</b> Yeyilishbardosh qoplama qoplash jarayonining termodinamik ko'rsatkichlarini hisoblash . . . . .                                    | <b>125</b> |
| <b>Maxmudov M.I., Timirov X.N.</b> Oqova suvda erigan kislorodni optik usulda o'lchashning afzalliklari . . . . .                                                                                     | <b>131</b> |
| <b>Muzaffarov F.F.</b> Vertikal o'qli shamol energetik qurilmasining yurgizish momentini oshirishning ilmiy-texnik tadqiqoti . . . . .                                                                | <b>135</b> |
| <b>Mirzayev Sh.M., Hakimova S.Sh., Qodirov J.R.</b> Qovunlarni quritishda quyosh radiatsiyasi va tabiiy vakuumli dastlabki ishlov berish . . . . .                                                    | <b>145</b> |
| <b>Makhmudov M.I., Mamirov U.F., Nurov S.S.</b> Treatment plants increasing the energy efficiency of biological by automating measurements of main technological parameters . . . .                   | <b>153</b> |
| <b>Tog'ayev I.B., Abdullayev Sh.Sh.</b> Reaktiv quvvat manbalari yordamida elektr energiyasining sifat ko'rsatkichlarini bosqichma-bosqich oshirishda tizimli tahlil olib borish                      | <b>156</b> |
| <b>Сафаров А.Б., Пиримов Р.Р., Сайфиддинов Қ.Э.</b> Муқобил энергия манбаларидан электр энергиясини олишда кичик тезликли электр генераторни лойиҳалаш ва динамик режимларини моделлаштириш . . . . . | <b>164</b> |
| <b>Kamolov J.J.</b> Panel-nurlanishli isitish tizimini turli izolyatsiya materiallari uchun hisoblash                                                                                                 | <b>174</b> |
| <b>Maxmudov M.I., Sayfiyev H.O., Nurov S.S.</b> Fotoelektrik batareyalar energetik parameterlarini monitoring qilish uchun quyosh intensivligini kuzatish qurilmasi tayyorlash . . . . .              | <b>178</b> |
| <b>Tovboyev A.N., Tog'ayev I.B.</b> Reaktiv quvvat manbalarini o'rnatish natijasida elektr energiyasining sifat ko'rsatkichlarini oshirishning baholash usullari . . . . .                            | <b>183</b> |
| <b>Barakayev N.R., Narziyev M.S., Talabov M.D., Jo'raqulova M.O.</b> Inkubatsiyalash jarayonida parranda tuxumlarini o'z o'qi atrofida aylantirish uchun sarflanadigan energiyani aniqlash .          | <b>191</b> |

## ИНФОРМАТИКА ВА АХБОРОТ – КОММУНИКАЦИОН ТИЗИМЛАР

|                                                                                                                                                                   |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Жураев З.Б., Курбонов М.У., Абдувохидов Х.Ш.</b> Современное состояние цифровой образовательной системы высшего образования в республике Узбекистан . . . . .  | <b>196</b> |
| <b>Курбанов Ж.М., Курбанова М.Ж., Холтураев Х.К.</b> Разработка математической модели изменения структурно-механических свойств плодов и овощей в процессе сушки. | <b>201</b> |

## ОЗИҚ-ОВҚАТ САНОАТИ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ

|                                                                                                                                                                                              |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Sharipov N.Z.</b> Olcha danagining fizik xossalarini tadqiq qilish . . . . .                                                                                                              | <b>207</b> |
| <b>Sabirov U.K., Oqilov A.</b> Sut mahsulotlarini saqlashning mikroiklim parametrlarini intellektual boshqarish tizimini ishlab chiqish . . . . .                                            | <b>211</b> |
| <b>Oltiyev A.T., Haydarova M.F.</b> Tsukat ishlab chiqarish texnologiyasidagi an'anaviy shakar xom ashyosini, novvot ishlab chiqarish texnologiyasining qoldiq siropiga almashtirish . . . . | <b>220</b> |
| <b>Атамуратова Т.И., Ахмедова М.Б.</b> Способы приготовления бездрожжевого хлеба . . .                                                                                                       | <b>225</b> |
| <b>Хаитов Р.А., Ахмедова М.Б.</b> Применение муки из соевого жмыха для улучшения белкового состава хлеба . . . . .                                                                           | <b>229</b> |
| <b>Рахмонов К.С., Атамуратова Т.И.</b> Антибактерицидная активность настоев из пряно-ароматического растительного сырья . . . . .                                                            | <b>233</b> |
| <b>Эрматов О.С.</b> Қишлоқ хўжалик маҳсулотларини қайта ишлаш миницеҳи. . . . .                                                                                                              | <b>240</b> |
| <b>Barakayev N.R., Uzoqov Y.A., Sadullayev S.X., Xolmuradov B.B., Axmedov A.G'.</b> Respublikamizda ekilayotgan bug'doy don navlarini tahlil etish . . . . .                                 | <b>247</b> |
| <b>Ибрагимов Р.Р., Нарзиев М.С., Кулдошева Ф.С., Шарипов Н.З.</b> Разработка плана эксперимента процесса стерилизации плодов и овощей . . . . .                                              | <b>252</b> |

## ТЎҚИМАЧИЛИК ВА ЕНГИЛ САНОАТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ

|                                                                                                                                                                                              |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Muhammedova M.O.</b> Boldir-tovon bo'g'imi shikastlangan oyoq panjalari uchun ortopedik poyabzal va ortezlarning konstruktiv tahlillari . . . . .                                         | <b>259</b> |
| <b>Ataxanov A.K., Azizov I.R., Odilxonova N.O.</b> Tiklangan tolalardan mexanik texnologiyada notoqima matolar tayyorlash imkoniyatlari . . . . .                                            | <b>267</b> |
| <b>Muhammedova M.O.</b> Boldir-tovon bo'g'imidagi shikastlanishlarda tadqiqotchilar tomonidan taklif etilgan ortopedik yechimlar tahlili. . . . .                                            | <b>272</b> |
| <b>Do'stova F.X.</b> Tikuv mashinasining taklif etilgan friksion muftasi konstruksiyasi vazifasi va ish tamoyillari. . . . .                                                                 | <b>275</b> |
| <b>Мардонов С.Э.</b> Определение уработки нитей ворсовой основы при формировании коврового изделия. . . . .                                                                                  | <b>279</b> |
| <b>Бebuтова Н.Н.</b> Ёзги махсус кийимларни тайёрлашда қўлланиладиган талабларни шакллантириш . . . . .                                                                                      | <b>284</b> |
| <b>Kurbanov F.A., Zarifova M.B.</b> Jin arra tishlari ishchi yuzasiga ta'sir qiluvchi kuchlar . . . .                                                                                        | <b>290</b> |
| <b>Хамроева М.Ф., Мухамеджанова С.Ф., Туйчиев Т.О.</b> Турли конструкциядаги козиқчали-планкали барабанларнинг ифлосликларни ажралиш жараёнига таъсири . . .                                 | <b>293</b> |
| <b>Парпиев А., Наврузов Н., Ахмедов К., Якубов К.</b> Ишчи камерадаги пахтанинг дастлабки оқим ҳаракати динамикаси. . . . .                                                                  | <b>299</b> |
| <b>Ibrohimov I., Obidov A.</b> Takomillashtirilgan toshtutgich kamerasida harakatlanayotgan paxta bo'lakchasining shikastlanish holatini tadqiq qilish. . . . .                              | <b>303</b> |
| <b>Хамроева М.Ф., Мухамеджанова С.Ф., Туйчиев Т.О.</b> Турли конструкциядаги козиқчали-планкали барабанларнинг тозалаш самарадорлигига таъсири . . . . .                                     | <b>310</b> |
| <b>Турдиев Б.Э., Росулов Р.Х., Райимкулов Ж.К., Пардаев Б.Ч.</b> Пахта чигити элеваторида тасмали лентанинг тажрибавий изланишлари. . . . .                                                  | <b>315</b> |
| <b>Жуманиязов Қ., Саломов А.</b> Пневмомеханик йигирув жараёнини такомиллаштирилган самарали технологиясини ишлаб чиқаришга қаратилган илмий тадқиқот ишлари таҳлили . . . . .               | <b>319</b> |
| <b>Muhammedova M.O., Barnoyev B.E.</b> Xromlangan charm tarkibini tahlil qilish va charm chiqindilarini qayta ishlash usullari . . . . .                                                     | <b>328</b> |
| <b>АНИҚ ВА ИЖТИМОИЙ-ИҚТИСОДИЙ ФАНЛАР</b>                                                                                                                                                     |            |
| <b>Мустақимова Қ.С.</b> Александр Сергеевич Пушкин ва ўзбек адабиёти . . . . .                                                                                                               | <b>333</b> |
| <b>Цай И.К.</b> Непрерывное образование библиотечных специалистов Республики Узбекистан . . . . .                                                                                            | <b>336</b> |
| <b>Mirzayev Sh.R., Eshchanov Sh.A.</b> Issiq-quruq iqlim sharoitida sanoat usullaridan foydalgan holda o'rta qavatli turar-joy binolarini loyihalashning tamoyillari: Buxoro shahri misolida | <b>343</b> |
| <b>Xasanova S.Q.</b> Fe'l nisbatlari tarjimai muammolari va yechimlari . . . . .                                                                                                             | <b>348</b> |

### Foydalanilgan adabiyotlar

1. Perelman F.M. Molibden va volfram / F. M. Perelman, darslik 1968. 140b.
2. Noorganik moddalarning kimyoviy texnologiyasi: 2. Darslik / T. G. Axmetov, R. T. Porfiryeva, L. G. Gaysin va boshqalar – ., 2002. 533b.
3. T.A.Otaqo'ziyev, Q.Ahmerov S.M. Turobjonov. Umumiy kimyoviy texnologiya 1991 yil. 411b.
4. G.K. Boreskov, A. A. Samaxov. Katalizatorlarni tanlash va ishlab chiqarishning ilmiy asoslari, Sat., tahrir., 1964.

УДК: 661.728.8

### СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НАБУХАЕМОСТИ ГИДРОГЕЛЕЙ СИНТЕЗИРОВАННЫХ НА ОСНОВЕ КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ

<sup>1</sup>Муҳиддинов Б.Ф., <sup>2</sup>Джалилов А.Т., <sup>1</sup>Исроилов О.И., <sup>2</sup>Ширинов Ш.Д.

<sup>1</sup>Навоийский государственный горно-технологический университет,

<sup>2</sup>Ташкентский научно-исследовательский институт химической технологии.

**Аннотация.** Синтезированы гидрогели на основе КМЦ в присутствии полиакриламида, акриламида и винилацетата. Исследованы набухаемости гидрогелей, поры в гидрогелях и влияние различных факторов на синтез гидрогелей. Определены оптимальная температура и время реакции, концентрация мономеров и инициаторов. Исследована набухаемость гидрогеля на основе КМЦ с ГОСТ Р 59456-2021 5.9-методом. **Ключевые слова:** мономер, акриламид, персульфат аммония, акриловая кислота, температура, адсорбент, винилацетат, карбоксиметилцеллюлоза, гидрогель, полиакриламид.

### КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗА АСОСИДА СИНТЕЗ ҚИЛИНГАН ГИДРОГЕЛЛАР БЎҚУВЧАНЛИГИНИНГ ҚИЁСИЙ ТАҲЛИЛИ

<sup>1</sup>Муҳиддинов Б.Ф., <sup>2</sup>Жалилов А.Т., <sup>1</sup>Исроилов О.И., <sup>2</sup>Ширинов Ш.Д.

<sup>1</sup>Навоий давлат кончилиги ва технологиялар университети,

<sup>2</sup>Тошкент кимё технологиялари илмий-тадқиқот институти.

**Аннотация.** КМЦ асосида полиакриламид, акриламид ва винилацетат иштирокида гидрогеллар синтез қилинди. Гидрогелларнинг бўқувчанлиги, гидрогеллар говақлари ва турли омилларнинг гидрогеллар синтезига таъсири ўрганилди. Оптимал ҳарорат ва реакция вақти, мономерлар ва инициаторларнинг концентрацияси аниқланди. ГОСТ Р 59456-2021 5.9-усули билан КМЦ асосидаги гидрогелларнинг бўқувчанлиги ўрганилди.

**Калит сўзлар:** тономер, акриламид, аммоний персульфат, акрил кислота, ҳарорат, адсорбент, винилацетат, карбоксиметилцеллюлоза, гидрогель, полиакриламид.

### COMPARATIVE ANALYSIS OF THE SWELLING CAPACITY OF HYDROGELS SYNTHESIZED BASED ON CARBOXYMETHYLCELLULOSE

<sup>1</sup>Muhiddinov B.F., <sup>2</sup>Djalilov A.T., <sup>1</sup>Isroilov O.I., <sup>2</sup>Shirinov Sh.D.

<sup>1</sup>Navoi state mining and technological university,

<sup>2</sup>Tashkent research institute of chemical technology.

**Abstract.** Hydrogels based on CMC were synthesized in the presence of polyacrylamide, acrylamide, and vinyl acetate. The swelling behavior of hydrogels, the structure of pores within them, and the impact of various factors on their synthesis were investigated. The optimal reaction temperature, reaction time, monomer concentrations, and initiator concentrations were determined. The swelling capacity of the CMC-based hydrogel was studied according to GOST R 59456-2021, using the 5.9 method.

**Keywords:** monomer, acrylamide, ammonium persulfate, acrylic acid, temperature, adsorbent, vinyl acetate, carboxymethyl cellulose, hydrogel, polyacrylamide.

**Введение.** Гидрогели на основе природных полимеров благодаря своим уникальным биологическим свойствам и способности к биологическому разложению предпочтительны в качестве средств для удержания воды в почве. Обычно такие природные полимеры химически модифицируют с помощью виниловых мономеров, чтобы улучшить их способность впитывать и удерживать воду. Среди природных полисахаридов, используемых для получения гидрогелей, целлюлозосодержащие выделяются высокой способностью впитывать и удерживать воду, а также способствует росту растений.

На сегодняшний день потребление пресной воды людьми превышает возможности природы по её восполнению через глобальный водный цикл. Другими словами, пределы устойчивого использования воды были превышены, что ставит под вопрос возможность считать воду возобновляемым ресурсом [1]. Ежегодно из земли извлекается более четырёх триллионов м<sup>3</sup> воды, из которых 70% используется в сельском хозяйстве [2]. Интенсивное потребление воды в сельском хозяйстве напрямую связано с продовольственной безопасностью, экономическим развитием и здоровьем населения. Учитывая, что 90% воды используется для орошаемого земледелия [3], повышение эффективности использования воды наряду с увеличением урожайности сельскохозяйственных культур является актуальной задачей, требующей решения.

Традиционные методы орошения часто приводят к потерям воды через испарение, утечку и сток. Поэтому крайне важно внедрять стратегии, способствующие сохранению влаги в почве. С этой точки зрения, материалы на основе природных полимеров, способные впитывать и удерживать воду, представляют собой оптимальный вариант для эффективного использования воды в сельском хозяйстве [4].

Гидрогели выполняют функцию небольшого водохранилища: они набухают при поливе почвы и постепенно высвобождают содержащуюся в них воду, когда почва высыхает. Состав гидрогелей играет решающую роль в их способности к ассимиляции воды и механизмах её поглощения. Гидрогели, состоящие из неионных гидрофильных полимеров, поглощают воду за счёт капиллярного действия и водородных связей между гидрофильными группами и молекулами воды. В отличие от них, гидрогели на основе ионных гидрофильных полимеров обладают высокой способностью к водопоглощению и демонстрируют три механизма поглощения воды: капиллярность, электростатическое отталкивание и осмос [5].

Кроме того, тип и количество гидрофильных групп, а также степень сшивки в сети полимеров определяют способность гидрогелей к впитыванию воды [6].

Полисахариды, такие как крахмал, хитозан, целлюлоза, натрий альгинат, благодаря своей биосовместимости и способности к биологическому разложению, использовались для создания гидрогелей [7]. Однако они демонстрируют менее выраженные свойства поглощения и удержания воды по сравнению с синтетическими аналогами. Например, Ван и др. (2021) пришли полиакриловую кислоту к цепи карбоксиметилхитозана, что позволило гидрогелю достичь способности к поглощению воды в 1200 г/г, а срок удержания воды в почве составил от 8 до 14 дней.

Гидрогели на основе КМЦ, особенно те, которые синтезированы с участием двух- и трехвалентных катионов, являются перспективными благодаря своим гелеобразующим свойствам, способности адаптироваться к различным pH-средам и доказанной эффективности в стимулировании роста растений. Разложение этого природного полимера в почве приводит к образованию олигосахаридов, которые способствуют прорастанию, удлинению ростков и стимулируют развитие корневой системы.

**Цель исследования.** Основная цель данного исследования заключается в сравнительном анализе биологически разлагаемых гидрогелей на основе КМЦ, синтезированных для удержания воды и минеральных удобрений, способствующих росту растений в условиях нехватки воды.

#### **Объекты и методы исследования**

**Карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ):** это растворимая форма целлюлозы, в молекулярной структуре которой карбоксильные группы делают полимерную цепь гидрофильной. Эти гидрофильные группы образуют водородные связи с молекулами воды, что обеспечивает способность гидрогеля к поглощению воды. В процессе синтеза гидрогелей на основе КМЦ добавление различных мономеров и наполнителей может изменить их свойства набухаемости.

**Полиакриламид:** это синтетический полимер, который часто используется для повышения набухаемости, обладает высокой гидрофильностью и способностью связывать молекулы воды.

**Акриламид:** мономер с высокими гидрофильными свойствами, который усиливает жесткость полимерных цепей и их взаимодействие с молекулами воды.

**Винилацетат:** это вещество придает гидрогелю определенные гидрофобные свойства, что влияет на его способность поглощать и сохранять большое количество воды.

**«Sorbi-Meta Analyzer»** - сертифицированный метод измерения удельной поверхности дисперсных и пористых материалов в РФ и ряде стран СНГ, метрологически обеспечен аттестованными ГСО и поставляется с первичной метрологической поверкой. Измерения проводятся в автоматическом режиме и отображаются в реальном масштабе времени. Прибор прост в эксплуатации и компактен. Сосуд Дьюара, нагреватель, ампула с испытуемым образцом находятся внутри корпуса, что обеспечивает безопасность использования жидкого азота. Позволяет проводить однократный (экспресс) и многоточечный анализ удельной поверхности по методу БЭТ (соответствует международным стандартам ASTM и ISO). Диапазон измерения удельной поверхности: от 0.1 м<sup>2</sup>/г до 2000 м<sup>2</sup>/г.

**Набухаемость.** Распространенный метод анализа набухания гидрогеля это метод – взвешивания. Метод взвешивания заключается в сравнении массы гидрогеля до и после набухания. В этом случае коэффициент набухания массы, представляет собой отношение изменения конечной массы к начальной массе.

Эксперимент проводился следующим образом:

1. Из гидрогеля, предварительно высушенного до постоянной массы в вакуумной сушильной камере при температуре 70°C, отбирали навеску массой 1 г. Эту навеску помещали в 1 литр дистиллированной воды и оставляли на 24 часа для полного набухания.

2. После завершения набухания гидрогель (обозначаемый как  $M_2$ ) извлекали из воды и фильтровали через нейлоновую сетку с размерами ячеек 0,1 мм. При этом образец удерживали на сетке до тех пор, пока с его поверхности полностью не удалялась вода. Затем проводился расчет способности гидрогеля к поглощению воды с использованием следующей формулы:

$$Q = \frac{M_2 - M_1}{M_1}$$

где:  $Q$  – водопоглощаемость гидрогеля (г воды на 1 г сухого гидрогеля),  $M_1$  – масса сухого гидрогеля (г),  $M_2$  – масса гидрогеля после набухания (г).

Данная методика позволяет точно определить, сколько воды способен поглотить 1 г сухого гидрогеля после набухания в условиях эксперимента.

**Полученные результаты и их обсуждения.** Синтезированы влияние природы мономера и полимера на степень набухаемости гидрогеля синтезированные на основе КМЦ, результаты которых представлены на рис.1.

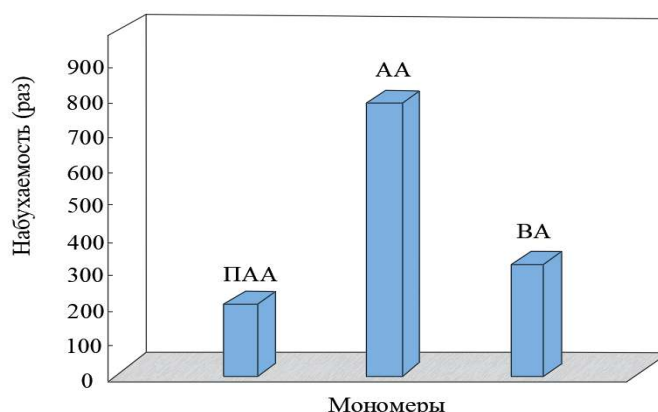


**Рис.1. Влияние природы мономера и полимера на степень набухаемость гидрогеля синтезированные на основе карбоксиметилцеллюлозы.**

230-кратная водоудерживающая способность была зафиксирована при добавлении полиакриламида. Поскольку это вещество обладает гидрофобными свойствами, его способность к адсорбции воды относительно низка.

800-кратная водоудерживающая способность была зарегистрирована для гидрогеля, синтезированного с акриламидом. Этот высокий показатель свидетельствует о сильном взаимодействии с молекулами воды и значительной способности удерживать воду.

340-кратная водоудерживающая способность была получена при добавлении винилацетата. Этот результат связан с его структурными характеристиками и средней способностью к адсорбции воды.

Эти значения отражают различные химические свойства наполнителей и их взаимодействие с матрицей гидрогеля. Например, высокая водоудерживающая способность акриламида обусловлена его высокой гидрофильностью и сильным взаимодействием с молекулами воды.

Способность гидрогелей к поглощению воды зависит от их цепочной структуры, химических свойств наполнителей и молекулярных взаимодействий. Акриламид, обладая большим количеством гидрофильных групп, демонстрирует высокую набухаемость. Гидрофобность винилацетата снижает этот показатель, однако его механическая стабильность может оказать положительное влияние на другие характеристики гидрогеля.

Поры существенную роль играют в набухаемости гидрогеля. По этому определены значение поры синтезированных гидрогелей. Поры в гидрогелях, синтезированных на основе КМЦ и различных мономеров, были определены на приборе «Сорби-Мета Аналайзер», результаты представлены в табл.1.

**Таблица 1. Влияние природы мономера и полимера на поры гидрогеля**

| № | Название гидрогеля | Полная удельная поверхность, м <sup>2</sup> /г | Удельный объем мономолекулярного слоя, НТД/г | Константа БЭТ | Набухаемость, раз |
|---|--------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------|-------------------|
| 1 | КМЦ/АК/ПАА/Сг      | 18.27 ± 1.13                                   | 4.1945 мл                                    | 11.61         | 230               |
| 2 | КМЦ/АК/АА/Сг       | 9.75 ± 0.80                                    | 2.2388 мл                                    | 15.10         | 800               |
| 3 | КМЦ/АК/ВА/Сг       | 10.65 ± 0.46                                   | 2.4447 мл                                    | 11.06         | 340               |

Кроме того, в данном исследовании для получения гидрогелей с макро- и микропорами использовалось кислотное разложение натрия гидрокарбоната. В процессе разложения образовывался углекислый газ, который, выходя в атмосферу, способствовал формированию крупных пор. Хотя поры присутствовали во всех синтезированных гидрогелях, они различались по размеру. В целом набухаемость гидрогелей зависит от их состава, метода получения и размера пор. При больших размерах пор вода в результате осмотического процесса очень быстро проникает в центр матрицы.

Исследованы влияние различных факторов на синтез гидрогеля на основе КМЦ, результаты которых представлены в табл.2.

**Таблица 2. Влияние различных факторов на степень набухания гидрогелей, синтезированных на основе КМЦ и различных мономеров и полимеров**

| № | Названия гидрогеля | Влияние различных факторов |        |                      |                      | Степень набухания, раз |
|---|--------------------|----------------------------|--------|----------------------|----------------------|------------------------|
|   |                    | Т, °С                      | τ, мин | [С <sub>м</sub> ], % | [С <sub>ж</sub> ], % |                        |
| 1 | КМЦ/АК/ПАА/Сг      | 99                         | 150    | 14                   | 9                    | 230                    |
| 2 | КМЦ/АК/АА/Сг       | 93                         | 130    | 25                   | 4                    | 800                    |
| 3 | КМЦ/АК/ВА/Сг       | 107                        | 180    | 19                   | 6                    | 340                    |

Влияние различных факторов: Т, °С – температура синтеза гидрогеля, τ, мин – продолжительность синтеза гидрогеля (в минутах), [С<sub>м</sub>], % – концентрация мономера в реакционной смеси, [С<sub>ж</sub>], % – концентрация инициатора.

Высокая степень набухаемости (230 раз) объясняется низкими концентрациями мономера – винилацетата (14%) и инициатора (9%), которые влияют на процесс формирования полимерной структуры. Кроме того, уменьшенное содержание инициатора замедляет скорость реакции и снижает количество активных центров, что также способствует образованию менее сшитой и более рыхлой структуры полимера. Такая структура обладает большей гидрофильностью и способностью к значительному поглощению жидкости, что и обуславливает высокую степень набухаемости. Температура синтеза – 99°C, время реакции – 150 минут.

Максимальная степень набухаемости (800 раз) достигается за счет высокой концентрации мономера – акриламида (25%), который способствует образованию множества гидрофильных участков, способных активно взаимодействовать с водой. При этом низкая концентрация инициатора (4%) замедляет процесс полимеризации, уменьшая количество точек сшивки в полимерной сети. Это приводит к формированию более рыхлой структуры с широкими межсеточными пространствами, что позволяет полимеру впитывать и удерживать значительные объемы жидкости. Такой баланс между количеством мономера и инициатора способствует достижению экстремально высокой степени набухаемости.

**Заключение.** Исследованы влияние природы мономера и полимера на степень набухаемости гидрогеля синтезированные на основе карбоксиметилцеллюлозы. Установлено, что в присутствии акриламида степень набухаемость проявляет самый высокий и составляет 800 раз. Также определена поры синтезированные гидрогелей. Выявлены, корреляция между значениями поры и степенью набухаемости.

#### Список литературы:

1. Preeti Mehta, Monika Sharma, Meena Devi. Hydrogels: An overview of its classifications, properties, and applications. Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials Volume 147, November 2023, 106145
2. A. Boros, B. Gordos, D. Tözsér. A bibliometric analysis-based literature review of the relationship between sustainable water management and green innovations in the agricultural sector. Heliyon, 10 (12) (2024), Article e33364
3. Ayoub El Idrissi, Badr-eddine Channab, Younes Essamlali, Mohamed Zahouily. Superabsorbent hydrogels based on natural polysaccharides: Classification, synthesis, physicochemical properties, and agronomic efficacy under abiotic stress conditions: A review. International Journal of Biological Macromolecules Volume 258, Part 2, February 2024, 128909
4. Li D, Chen K, Tang H, Hu S, Xin L, Jing X, He Q, Wang S, Song J. A Logic-Based Diagnostic and Therapeutic Hydrogel with Multistimuli Responsiveness to Orchestrate Diabetic Bone Regeneration. Adv Mater. 2022 Mar;34(11):e2108430. doi: 10.1002/adma.202108430
5. Concepción G.G., Yağmur U., Zeynep G. D., Dimitrios K. Influence of Biochar-Reinforced Hydrogel Composites on Growth and Biochemical Parameters of Bean Plants and Soil Microbial Activities under Different Moisture Conditions. 5 July 2024 / Revised: 29 July 2024 / Accepted: 15 August 2024 / Published: 19 August 2024. doi.org/10.3390/agriculture14081405
6. О.И. Исроилов, Б.Ф. Мухиддинов и др. Синтез и исследование свойств экологически чистого универсального супер абсорбирующего гидрогеля. Universum: технические науки: 2024. <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/18322>
7. О.И. Исроилов, Б.Ф. Мухиддинов, А.Т. Джалилов, Ш.Д. Ширинов, Г.А. Исроилова. ИК-спектроскопические и термогравиметрические исследования гидрогелей, синтезированных на основе карбоксиметилцеллюлозы. Universum: технические науки : электрон. научн. 2024. DOI-10.32743/UniTech.2024.128.11.1876

*Исроилов Олтинбек Ихтиёр ўгли — базовый докторант кафедры «Химическая технология» Навоийского государственного горного и технологического университета, тел.: (+99891)333-49-99, E-mail: isroilovoltinbek@gmail.com.*