KRAXMAL – AKRILONITRIL VA BENTONIT ISHTIROKIDA YUQORI ABSORBSION QOBILIYATLI GIDROGEL SINTEZI VA XUSUSIYATLARI.

S.M. Samatov
Termiz davlat universiteti, Kimyo fakulteti
E-mail:sanjar_samatov888@gmail.com
X.X. To'rayev
Termiz davlat universiteti, Kimyo fakulteti k.f.d. prof
B.A. Xolnazarov
Termiz davlat universiteti, Kimyo fakulteti t.f.d. prof

Annotatsiya. Ushbu tadqiqot ishining asosiy maqsadi tabiiy polisaxarid sopolimeriga asoslangan tarkibida mineral saqlagan arzon va yuqori samarali qishloq xo‘jaligi uchun gidrogellar olishdir. Gidrogellarning bo’kish xususiyatlari boshlang‘ich moddalar miqdoriga, muhitning kislotali va ishqoriyligiga, reaksiya harorati va vaqtiga hamda eritmadagi ionlarning konsentratsiyasiga bog‘liq ekanligi aniqlandi. Kraxmal va bentonit gidrogellari polimer zanjiri va matritsasiga qo‘shilganda, uning suv so‘rilishi 25%, suvni ushlab turish vaqti 20% ga oshgani va suv iste’moli 20-25% ga qisqargani aniqlandi.

Kalit so‘zlar - Kraxmal, bentonit, akrilonitril, gidrogel, superabsorbent polimer, nanokompozit gidrogel, kompozit materiallar, biologik parchalanish.

Abstract. The main objective of this research work is to obtain low-cost and highly efficient hydrogels containing mineral content, based on a natural polysaccharide copolymer, for agriculture. The swelling properties of the hydrogels were found to depend on the amount of initial components, the acidity and alkalinity of the medium, the reaction temperature and time, and the concentration of ions in the solution. It was found that when starch and bentonite were added to the polymer chain and matrix, their water absorption increased by 25%, the water retention time increased by 20%, and water consumption was reduced by 20-25%.

Keywords: Starch, bentonite, acrylonitrile, hydrogel, superabsorbent polymer, nanocomposite hydrogel, composite materials, biodegradation.

Аннотация. Основной целью данной исследовательской работы является получение недорогих и высокоэффективных гидрогелей, содержащих минеральные компоненты, на основе сополимера природного полисахарида для сельского хозяйства. Установлено, что свойства набухания гидрогелей зависят от количества исходных веществ, кислотности и щелочности среды, температуры и времени реакции, а также от концентрации ионов в растворе. Было обнаружено, что при добавлении крахмала и бентонита в полимерную цепь и матрицу, их водопоглощение увеличилось на 25%, время удержания воды возросло на 20%, а потребление воды сократилось на 20–25%.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: Крахмал, бентонит, акрилонитрил, гидрогель, суперабсорбентный полимер, нанокомпозитный гидрогель, композиционные материалы, биоразложение.

Kirish.

Global miqyosda suv resurslarining tanqisligi va qishloq xo‘jaligida sug‘orish uchun suv iste’molining ortishi suvni samarali boshqarish masalasini eng dolzarb ilmiy muammolardan biriga aylantirdi. Ayniqsa, qurg‘oqchil va sho‘r hududlarda tuproqning namlikni ushlab turish qobiliyatini oshirish hosildorlikni ta’minlashning asosiy sharti hisoblanadi.

Ushbu muammoni hal qilishning samarali yechimlaridan biri superabsorbent polimerlar (SAP), ya’ni gidrogellardir. Gidrogellar suyuqlikning juda katta miqdorini o‘z og‘irligidan yuzlab baravar ko‘p yutish va ushlab turish xususiyatiga ega. An’anaviy sintetik SAPlar yuqori absorbsion xususiyatga ega bo‘lsa-da, ularning yuqori narxi va biologik parchalanmasligi atrof-muhitga salbiy ta’sir ko‘rsatadi.

So‘nggi yillarda olimlar e’tibori tabiiy polimerlar asosidagi gidrogellarga qaratilgan, chunki ular biologik parchalanadi va arzon xomashyodir. Ushbu ishda biz asosiy polimer zanjir sifatida yer yuzida eng keng tarqalgan va arzon polisaxaridlardan biri bo'lgan Kraxmalni tanladik. Biroq, tabiiy polimerlarning gidrogellari (masalan, kraxmal asosidagilar) odatda past mexanik barqarorlikka va agressiv muhitlarda (sho‘rlanish, kislotali/ishqoriy muhit) absorbsiya qobiliyatining keskin pasayishiga moyil bo‘ladi. Ushbu kamchiliklarni bartaraf etish uchun biz uchta asosiy komponentni birlashtirish orqali kompozit yechimni taklif qilamiz: Akrilonitril (AN): Kraxmalga graft-sopolimerizatsiya orqali bog‘lanib, gidrogelning polimer zanjiriga yuqori absorbsion guruhlar (nitril guruhlari) kiritadi, shu bilan birga umumiy absorbsion qobiliyatni va kimyoviy barqarorlikni oshiradi. Bentonit: Tabiiy mineral bo'lib, zarrachalari polimer matritsasiga kiritilganda nanokompozit gidrogel hosil qiladi. Bentonit gidrogelning mexanik mustahkamligini, termik barqarorligini va ayniqsa, ko‘p valentli ionlar Ca^{2+},Al^{3+} mavjud bo‘lgan sho‘r muhitga chidamliligini sezilarli darajada oshiradi.

Shunday qilib, ushbu tadqiqot ishining asosiy maqsadi — Kraxmal, Akrilonitril va Bentonitni birlashtirish orqali, qishloq xo‘jaligi uchun yuqori absorbsion qobiliyatga ega bo‘lgan, biologik parchalanuvchi va sho‘rlanishga chidamli nanokompozit gidrogellarni sintez qilish va ularning xususiyatlarini optimallashtirishdan iborat.

Biz sintez sharoitlarining (komponentlar nisbati, pH, harorat) olingan gidrogellarning bo‘kish xususiyatlariga ta’sirini o‘rganamiz va ularning suvni ushlab turish samaradorligini amaliy jihatdan baholaymiz.

ISSN 3030-3907

ADABIYOTLAR TAHLILI. Gidrogellar uch o‘lchovli polimer tarmoqlari bo‘lib, ko‘p miqdorda suvni yuta oladi, lekin alohida polimer zanjirlari o‘rtasidagi kimyoviy yoki fizik bog‘lanishlar tufayli erimaydi [1]. Polimer zanjiri suvli muhitda ionlashuvchi yoki boshqa faol guruhlarni o‘z ichiga olgani sababli, ular gidrofil xususiyat namoyon qiladi va o‘zaro tarmoqlangan mustahkam gidrogel tuzilmasining shakllanishiga xizmat qiladi. Polimer gidrogel o‘zining yuqori suv yutish xususiyati sababli noyob sorbent sifatida qaraladi. U gidrogeterogen sorblash tizimini tashkil etadi, bunda tarqalgan faza polimer makromolekulalaridan hosil bo‘lgan uch o‘lchamli fazoviy tarmoqdan iborat. Ushbu tarmoqqa singib joylashgan suv esa tarqalgan muhit vazifasini bajaradi. Natijada gidrogelning sorbsiya jarayoni polimer zanjirlari va suv molekulalari o‘rtasidagi murakkab o‘zaro ta’sirlar asosida amalga oshadi. [2–3]. Bunday tizimlar uzun polimer zanjirlaridan tashkil topgan bo‘lib, ushbu zanjirlar o‘zaro transversal kovalent bog‘lar orqali ulanadi va natijada yaxlit, uch o‘lchamli fazoviy tarmoq hosil qiladi. Mazkur tarmoq gidrogelning mexanik barqarorligi hamda uning suvni yutish xususiyatlarini belgilovchi asosiy struktura hisoblanadi. Tuproqni suvlashda va o‘simliklarni namlik bilan ta’minlashda so‘ruvchi moddalarning asosiy tamoyili shundan iboratki, ular ildiz qatlamiga bir tekis tarqalgan holda tuproq g‘ovaklarida joylashadi. Namlik tushganda granulalar shishib, suvni ushlab turadi va uni asta-sekin o‘simlik ildizlariga yetkazadi. Bu esa tuproqning namlikni saqlash qobiliyatini oshirib, o‘simlikning normal o‘sishi uchun qulay sharoit yaratadi. [4–6]. Kimyoviy usul bilan o‘zaro bog‘langan gidrogellar quyida keltirilgan reaksiyalar orqali sintez qilinadi.: 1) radikal polimerizatsiya, 2) polikondensatsiya, 3) nurlanish polimerizatsiyasi [5-6]. “Reaksiyadan so‘ng turli polimer zanjirlari o‘rtasida o‘zaro bog‘lanishlar hosil bo‘ldi va natijada hosil bo‘lgan polimerlar qisman elastik xususiyatlarga ega bo‘ldi, ba’zan esa ular sof elastik ko’rinishida bo’ladi. Shuningdek, gidrogelning struktura shakli uning zarur mexanik mustahkamligini va barqarorligini ta’minlaydi.. Superabsorbentlarning (SAP) ikki asosiy turi mavjud: sintetik (neft-kimyo asosidagi) va tabiiy (biopolimerlar) [10]. Tijorat maqsadlarida ishlatiladigan superabsorbentlar qayta tiklanmaydigan neft-kimyo manbalaridan, xususan akril kislota va akrilamid asosidagi monomerlardan ishlab chiqariladi [11-13]. Har yili bir necha million tonna superabsorbentlar sintetik materiallari ishlab chiqariladi va turli sohalarda ishlatiladi. [14]. Sintetik gidrogellar qishloq xo‘jaligida qo‘llanilgandan so‘ng atrof-muhitni ifloslantirishga olib keladi, chunki sintetik gidrogellar qisqa vaqt ichida parchalanmaydi. Shuning uchun qisman sintetik, qisman tabiiy superabsorbentlar ishlab chiqarishga qiziqish ortib bormoqda. [15-16]. Biologik parchalanadigan superabsorbentlar sohasidagi eng muhim muammo — to‘liq biologik parchalanadigan polimer asosidagi superabsorbent materiallarni sintez qilish yoki ishlab chiqarish bo‘lib, ular suvni

ISSN 3030-3907

tez va orqaga qaytariladigan tarzda yaxshi mexanik mustahkamlikka ega holda so‘rib oladi. Kraxmal asosidagi polimer gidrogellar: Kraxmal tabiiy polimerlar orasida alohida o‘rin egallaydi va uglevodlarning asosiy oziq manbai hisoblanadi. Bu polisaxarid o‘simliklarda to‘planib, yashil barglardagi fotosintez qiluvchi hujayralarda, urug‘lar va kurtaklarda hamda dukkaklilarning maxsus saqlovchi hujayralarida granulalar shaklida saqlanadi. Bu gomopolimer glukopiranoz molekulalaridan tashkil topgan bo‘lib, ular ikki xil tarzda bir-biriga ulanadi: chiziqli shakl amiloza hosil qiladi, yuqori tarmoqlangan shakl esa amilopektin hosil qiladi. [18]. Kraxmal asosidagi gidrogellar sun’iy gidrogellarning atrof-muhitga salbiy ta’sirini kamaytirish maqsadida ishlab chiqariladi. Shu bilan birga, kraxmalning kimyoviy modifikatsiyasi gidrogel sintez jarayonida keng o‘rganilgan. Kimyoviy modifikatsiyaning turli usullari mavjud bo‘lib, eng optimal yondashuv — vinil monomerlar va kraxmalni radikal kopolimerizatsiya orqali birlashtirishdir. Tadqiqotchilar kartoshka va makkajo‘xori kraxmallari asosida gidrogellarni ishlab chiqmoqdalar, bu esa suvni saqlash qobiliyati yuqori va atrof-muhitga zararini kamaytiradigan materiallarni yaratishga imkon beradi. [20]. Kraxmal asosidagi gidrogellarning hosil bo‘lishi kraxmalning dastlab jellanishi va keyinchalik retrogradatsiya jarayoni orqali uch o‘lchovli tarmoq hosil qilishini o‘z ichiga oladi. Retrogradatsiya jarayoni kraxmal molekulalarining soviganida qayta tartiblanib, barqaror va zichroq modda hosil qilishidir. Akril kislota yoki akrilamid ko‘pincha kraxmalning kopolimerizatsiyasida ishlatiladi [21]. Ushbu usullarda kraxmal va reaktsiyaga kiruvchi moddalar bilan eritmada modifikatsiya qilinadi. Reaktsiyani boshlovchi modda (initiator) esa polimerizatsiyani ishga tushiradi. Shu tarzda kraxmal, akril kislota, akrilamid va bog‘lovchi birlashib, mustahkam gidrogel hosil qiladi. Kraxmalning akrilamid yoki akril kislota bilan kopolimerizatsiyasi yuqori suv yutish qobiliyatiga ega superabsorbentlarni olish imkonini beradi. Kraxmal zanjiriga boshqa polimer zanjirlarini kimyoviy bog‘lash orqali gidrogel hosil qilish — kraxmal asosidagi gidrogellarni olishda keng qo‘llaniladigan usuldir. Kraxmal molekulalari va akrilamid yoki akril kislota monomerlari boshlovchi (kaliy persulfat) va N,N’-metilen-bis-akrilamid ta’siri ostida kovalent bog’lanadi. [23-24]. Gidrogellar asosan sintetik materiallar, tabiiy polisaxaridlar va har ikkala sinfning kopolimerizatsiyasi asosida olinadi. So‘nggi yillarda tabiiy polisaxaridlarga asoslangan gidrogellar uzoq ta’sirli sintetik gidrogellar bilan almashtirildi. Bu gidrogellar suvni yuqori darajada so‘rib oladi va zaxarli emas. Gidrogellar toza moddalardan — polisaxaridlardan sintez qilinishi mumkin [26-29]. Gidrogellar sintezida uchta asosiy komponent ishlatiladi: monomerlar, reaktsiyani boshlovchi moddalar (initiatorlar) va bog‘lovchi moddalar (binderlar).. Bundan tashqari, reaksiya vaqti va harorati, monomerlarning molyar nisbati va reaksiya muhiti ham muhimdir. Adabiyotlar tahlili shuni

ISSN 3030-3907

ko‘rsatdiki, sanoatda mavjud bo‘lgan yuqori moslashuvchan gidrogellarning aksariyati sintetik polimerlardan, asosan akril yoki metakril kislotalar bo‘lgan vinil monomerlardan tayyorlanadi. Bugungi kunda odamlar sog‘lig‘i haqida jiddiy qayg‘urishadi, shuning uchun tezda atrof-muhitni ifloslantiruvchi va sog‘liqqa salbiy ta’sir ko‘rsatadigan mahsulotlardan voz kechmoqda. Shu sababli, biologik parchalanadigan va ekologik toza mahsulotlardan tobora ko‘proq foydalanmoqda. Shu sababli, ushbu tadqiqot ishlarida kraxmal, bentonit va akrilonitrilga asoslangan yarim sintetik superabsorbent gidrogellar sintez qilindi. Ushbu gidrogellar qishloq xo‘jaligida suv sarfini kamaytirish, mineral o‘g‘itlarni tejash va o‘simlik unumdorligini oshirish uchun qo‘llanilishi mumkin.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Superabsorbent gidrogellarni sintez qilish uchun quyidagi reagentlardan foydalanildi: makkajo‘xori kraxmali,akrilonitril (tozaligi 99%), kaliy persulfat (KPS), kaliy gidroksid (KOH), natriy gidrokarbonat ($NaHCO_3$) va bentonit, "Navbahor" bentonit gil koni (O‘zbekiston), dan olib kelingan uning tarkibi 1-jadvalda ko‘rsatilgan.

1-jadval

Bentonit gilining tarkibiNomi	SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3	MgO	CaO	Na2O	K2O	P2O5	SO3	FeO	Qo‘shimcha
Bentonit Gil	57,91	0,35	13,69	5,10	1,84	0,48	1,53	1,75	0,43	0,75	-	16,71

Olingan mahsulotning fizik-kimyoviy xususiyatlarini o‘rganish uchun infraqizil spektroskopiya (IQ) tahlili va boshqa usullardan foydalanildi.

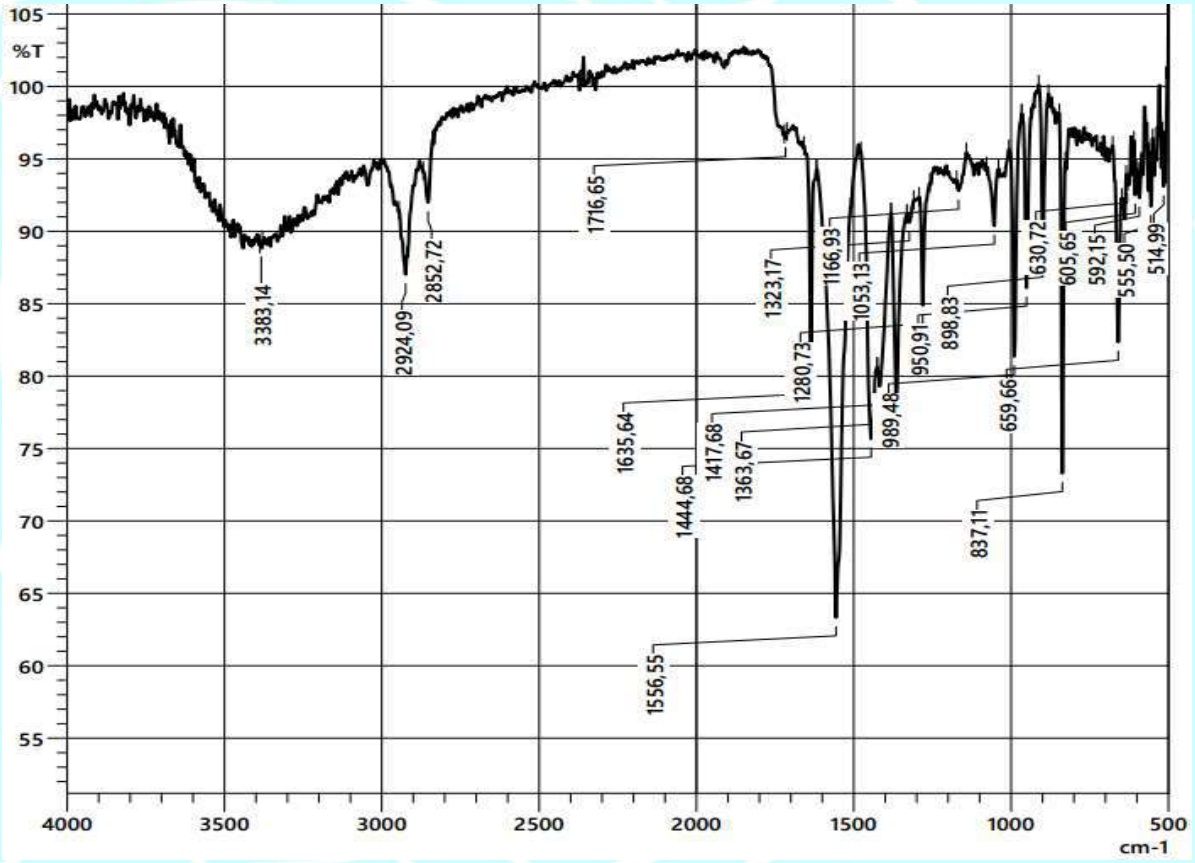
Superabsorbent gidrogel tayyorlash.

Reaksiya mexanik aralashtirish, muzlatgich, termometr va azot gazi bilan jihozlangan laboratoriya reaktorida amalga oshirildi. Reaktorda 10 g kartoshka kraxmalini 120 ml distillangan suv bilan aralashtiriladi. So‘ng, eritma azot atmosferasida 10 daqiqa aralashtirilib, erigan kislorod olib tashlandi. Eritma 80 °C da 30 daqiqa davomida qizdirilib, kraxmal suspenziyasi hosil bo’lguncha aralashtiriladi. Aralashmaga akrilonitril, bog‘lovchi reagent va bentonit kukuni qo‘shildi. Reaksiya 60 °C da 4 soat aralashtirish bilan amalga oshirildi. Reaksiya davomida azot atmosferasi saqlanib turildi. Olingan mahsulotga 4% natriy gidroksid eritmasi qo‘shilib, 95 °C haroratda 2 soat davomida gidroliz qilindi. Gidrolizdan so‘ng mahsulot filtrlanib, bir necha marta distillangan suv bilan yuvildi. Reaksiyaga kirishmagan boshlang‘ich monomerlar olib tashlandi. Yuvilgan mahsulot metanol bilan quritilgan. Quritilgan namuna vakuumda 60 °C haroratda quritilib, superabsorbent gidrogel hosil qilindi.

ISSN 3030-3907

MUHOKAMA VA NATIJALAR

Infraqizil spektroskopiyasi (IQ) tahlili



1-rasm Superabsorbent gidrogelning IQ spektri.

1-rasmda olingan superabsorbent gidrogelning IQ spektri ko‘rsatilgan. 3383 sm^{-1} atrofidagi keng va kuchli pik gidrogel matritsasida kraxmalning asosiy moddasi bo'lgan gidroksil (O-H) guruhlarining mavjudligini ko'rsatadi. Bu guruhlar kuchli vodorod bog'lanishlari orqali bog'langan bo'lib, ular gidrogelning dastlabki shishishi va suvni yutish qobiliyatida muhim rol o'ynaydi. 2924 sm^{-1} va 2852 sm^{-1} dagi piklar esa kraxmal zanjirlari va payvandlangan polimer zanjirlarining o'ziga xos alifatik C-H cho'zilish tebranishlarini tasdiqlaydi.1166 sm^{-1} va 1053 sm^{-1} oralig'idagi kuchli yutilishlar kraxmalning asosiy glikozid bog'lanishlari (C-O-C) va umumiy polisaxarid skeletining mavjudligidan dalolat beradi. Sintezda ishlatilgan akrilonitril monomerining xarakterli piki (C = N) yo'qligi, va buning o'rniga 1800 sm^{-1} dan 1500 sm^{-1} gacha bo'lgan sohada yangi piklarning paydo bo'lishi polimerlanishdan so'ng KOH ishtirokida nitril guruhlarining muvaffaqiyatli gidrolizlanib, faol ion guruhlarga aylanganini isbotlaydi.1716 sm^{-1} dagi o'tkir pik gidroliz natijasida hosil bo'lgan karbonil (C=O) guruhini (masalan, qisman gidrolizlangan amid yoki kislota) tasdiqlaydi.

1635 sm^{-1} va 1556 sm^{-1} dagi piklar esa gidrogelning superabsorbentlik qobiliyatini ta'minlovchi eng muhim guruhlar – karboksilat anionining (COO-) asimmetrik va simmetrik cho'zilish tebranishlarini ko'rsatadi. Bu ion guruhlari suv

ISSN 3030-3907

bilan kuchli tortishish hosil qilib, gidrogelning katta miqdorda suvni yutish xususiyatini belgilaydi.

1100 sm^{-1} dan 900 sm^{-1} gacha bo'lgan sohada (ko'proq 1053 sm^{-1} pikida aks etgan) silikat skeleti tebranishlari (Si-O-Si) ko'rinib turishi bentonitning gidrogel matritsasiga muvaffaqiyatli kiritilganligini ko'rsatadi. Bentonit kiritilishi gidrogelning strukturasini mustahkamlaydi va mexanik xususiyatlarini yaxshilaydi. IQ spektri yakuniy mahsulotning kraxmal zanjirlari ustiga payvandlangan, karboksilat guruhlari bilan ionlashgan polimer va bentonit minerallarini o'z ichiga olgan kompozit material ekanligini ishonchli tarzda isbotlaydi.

Xulosa

Kraxmal va bentonit minerallari asosida yaratilgan yarim sintetik superabsorbent polimerlar zamonaviy materialshunoslik va ekologik muhandislik nuqtai nazaridan ulkan amaliy ahamiyat kasb etadi. Kraxmal tabiiy va biologik parchalanuvchi polimer bo‘lib, u gidrogel matritsasining asosiy qismini tashkil qiladi.

Bentonit -bu arzon va keng tarqalgan mineral bo‘lib, u nanokompozit to‘ldiruvchi sifatida qo‘shiladi. Bentonit gidrogelning strukturologiyasiga ijobiy ta'sir ko'rsatib, uning g'ovakligini sezilarli darajada oshiradi.

Ushbu arzon va ekologik jihatdan xavfsiz xomashyolardan foydalanish gidrogelning suvni yutish samaradorligini yaxshilash bilan birga, butun mahsulotning tan narxini optimal darajada ushlab turish imkonini beradi.

Sintezlangan Kraxmal-g-PAN/Bentonit/$NaHCO_3$ tizimi (bu yerda g-PAN payvandlangan poliakrilonitril funksional guruhini anglatadi) suvni saqlashda yuqori samaradorlikni namoyish etadi.

Bentonit zarrachalari gidrogel ichida o‘zaro bog‘langan tarmoq hosil qiladi, bu esa gidrogelning mexanik mustahkamligini oshiradi va suv bilan shishish kinetikasini optimallashtiradi.

Ushbu kompozit gidrogellar yomg‘ir yoki sug'orish suvini gidrogel matritsasida uzoq muddat saqlashga qodir. Ular suvni saqlab, uni nazorat qilinadigan bo‘shatish mexanizmi orqali bevosita o'simlikning ildiz tizimiga yetkazib beradi.

Bu tipdagi gidrogellarning qishloq xo‘jaligidagi ahamiyati yuqori: ular qurg‘oqchil yoki yarim qurg‘oqchil hududlarda suv resurslarini tejashda hal qiluvchi rol o‘ynaydi. Suv yetishmasligidan kelib chiqadigan o‘simliklarning stress holati (plant stress) va nobud bo‘lishining oldini olish orqali, bu gidrogellar hosildorlikni barqarorlashtirish va agroekotizimlarning chidamliligini oshirish uchun samarali vosita hisoblanadi.

ISSN 3030-3907

Xulosa qilib aytganda kraxmal-bentonit negizidagi nanokompozit gidrogellar arzon xomashyodan foydalangan holda yuqori funksionallikni ta'minlaydi va barqaror qishloq xo‘jaligini rivojlantirish uchun innovatsion yechim taklif etadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Xiao C. "Kimyoviy va fizik kraxmal asosidagi gidrogellarning hozirgi yutuqlari". Starch/Staerke, 2013, 65-son, 82-88-betlar. https://doi.org/10.1002/star.201200113.
2. Ismoil H., Irani M., Ahmad Z. "Kraxmal asosidagi gidrogellar: hozirgi holat va qo‘llanilish". Int. J. Polym. Mater., 2012, 62-jild, 411-420-betlar. https://doi.org/10.1080/00914037.2012.719141.
3. Xolnazarov B.A., Turaev Kh.Kh., Djalilov A.T. "Kraxmal kopolimeri/minerallar kukuni asosida superabsorbent gidrogellarning sintezi" International Journal of Engineering Trends and Technology, jild 70, son 12, 351-358-betlar, 2022. Crossref, https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V70I12P234.
4. Chen P., Lin X., Jin R., Nie W., Zhou Y. "Gidroksipropil sellyuloza/molibden-disulfid kompozit gidrogellarining bo‘yoq adsorbsiyasi va foto-induktsiyalangan qayta ishlash". Karbohidrat. Polym., 2017, 167-jild, 36-43-betlar. DOI: 10.1016/j.carbpol.2017.02.094.
5. Xolnazarov B.A., Turayev Kh.Kh., Dzhalilov A.T. Kraxmal, akrilamid, akril kislota va montmorillonit asosidagi superabsorbent polimer kompozitining sintezi. Avstriya Texnik va Tabiiy Fanlar Jurnali, 2019, 5-6-son, 69-73-betlar.
6. Zdanowicz M., Schmidt B., Spychaj T. "Reaktiv ekstruziya qayta ishlash orqali olingan superabsorbent sifatida kraxmal graft kopolimerlari". Pol. J. Chem. Technol. 2010, 12-son, 14–17-betlar. DOI: 10.2478/v10026-010-0012-3.
7. Turaev Kh.Kh., Xolnazarov B.A., Djalilov A.T. Kraxmal-xitozan gibridi asosida superabsorbent gidrogellarning sintezi//Journal of European Chemical Bulletin. 2022,11(11), 152 - 161. https://doi.org/10.31838/ecb/2022.11.11.018.
8. Xolnazarov B.A., Turayev Kh.Kh., Shirinov Sh.D., Djalilov, A.T. Sintez superabsorbentnogo gidrogelya na osnove krakhmala, akrilovoy kisloty i montmorillonita. Universum: tekhnicheskiye nauki, 2019, 8-son, 11-16-betlar.
9. Xolnazarov B.A., Turayev Kh.Kh., Dzhalilov A.T., Shirinov Sh.D. Issledovaniye novogo gidrogelya, sintezirovannogo na osnove krakhmala, akrilamida i bentonit. *Universum: tekhnicheskiye nauki*, 2019, 4-son, 52-55-betlar.
10. Hajighasem A., Kabiri K. Kationik, yuqori spirtli shishadigan gellar: sintez va xarakterlash. *J Polym Resour.*, 2013, 20-jild, 218-226-betlar. DOI: 10.1007/s10965-013-0218-1.

ISSN 3030-3907

11. Kulmatov K.A., Turaev Kh.Kh., Kasimov Sh.A., Shukurov D.Kh., "Guruch kraxli va karboksimetilsellyuloza asosida gidrogelni olish va uning qishloq xo‘jaligi o‘simliklaridagi roli," International Journal of Engineering Trends and Technology, 71-jild, 11-son, 100-108-betlar, 2023. Crossref, https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V71I11P210.

12. Hong T.T., Okabe H., Hidaka Y., Hara K. Nurlanish ko‘chirib o‘tkazish orqali tayyorlangan karboksimetil sellyuloza/natriy stirol sulfonat gellari yordamida suvli eritmalardan metall ionlarini olib tashlash. *Karbohidrat. Polym*., 2016, jild 157, 335-343-betlar DOI: 10.1016/j.carbpol.2016.09.049.

13. Mahmud M., Daik R., Adam Z. Poli(etilen glikol) ning nurlanish bilan bog‘langan poli(vinil pirolidon)-past molekulyar og‘irlikdagi xitozan tarmoq gidrogellarining xususiyatlariga γ ta’siri. *Sains Malays*, 2018, 47-jild, 6-son, 1189-1197-betlar. DOI: 10.17576/jsm-2018-4706-14.

ISSN 3030-3907