



BIOPARCHALANUVCHAN GIDROGELLAR SINTEZI

*Xoshimov Farxod Fayzullayevich,
Ibroximova Moxinbonu Xayotbek qizi,
Orifboyeva-Fayzullayeva Muattar Farxod qizi
Namangan davlat texnika universiteti*

Annotatsiya: Qishloq xo'jaligida qo'llashda ahamiyatli bo'lgan suvni tejashda samarali vosita xisoblangan gidrogellarni sintez qilish bo'yicha ma'lumotlar bildirilgan. Sun'iy gidrogellar olish bo'yicha ayrim tajribalar natijalari keltirilgan, gidrogel sintez qilishning moddalar massa nisbati, jarayon vaqti va harorati kabi ko'rsatkichlarni optimal xolati aniqlangan. Gidrogellarni sintez mexanizmlari keltirilgan. Gidrogellarni qo'llashning ekologik va ijtimoiy ahamiyati haqida ayrim fikrlar keltirilgan.

Kalit so'zlar: gidrogel, polimerlar, karboksimetilsellyuloza, polivinil spirt, tikuvchi agent, limon kislota, massa nisbat, degradatsiya, bo'kish darajasi.

СИНТЕЗ БИОРАЗЛАГАЕМЫХ ГИДРОГЕЛЕЙ

*Хошимов Фарход Файзуллаевич,
Иброхимова Мохинбону Хаётбек кызы,
Орифбоева-Файзуллаева Муаттар Фарход кызы
Наманганский государственный технический университет*

Аннотация: Представлены данные по синтезу гидрогелей, являющихся эффективным средством экономии воды, что актуально для использования в сельском хозяйстве. Представлены результаты ряда экспериментов по получению искусственных гидрогелей и определены оптимальные параметры



синтеза гидрогелей, такие как массовое соотношение веществ, время процесса и температура. Показаны некоторые механизмы синтеза гидрогелей. Представлены соображения об экологической и социальной значимости использования гидрогелей.

Ключевые слова: гидрогель, полимеры, карбоксиметилцеллюлоза, поливиниловый спирт, проклеивающий агент, лимонная кислота, массовое соотношение, деградация, степень насыщения.

SYNTHESIS OF BIODEGRADABLE HYDROGELS

*Hoshimov Farhod Fayzullaevich,
Ibrokhimova Mokhinbonu Khayotbek kyzy,
Orifboeva-Fayzullaeva Muattar Farhod kyzy
Namangan State Technical University*

Abstract: The article presents data on the synthesis of hydrogels, which are an effective means of saving water, which is important for use in agriculture. The article presents the results of a number of experiments on the production of artificial hydrogels and determines the optimal parameters for the synthesis of hydrogels, such as the mass ratio of substances, process time and temperature. Some mechanisms of hydrogel synthesis are shown. Considerations on the environmental and social significance of using hydrogels are presented.

Key words: hydrogel, polymers, carboxymethylcellulose, polyvinyl alcohol, sizing agent, citric acid, mass ratio, degradation, degree of saturation.

Kirish. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023-yil 1-apreldagi “Suv resurslaridan foydalanish samaradorligini oshirish bo‘yicha kechiktirib bo‘lmaydigan chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi PQ-107-sonli, 2022-yil 1-martdagi “Qishloq xo‘jaligida suvni tejaydigan texnologiyalarni joriy etishni yanada



takomillashtirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi qarorlari suv resurslaridan oqilona foydalanish uchun suvni tejaydigan texnologiyalar va ishlanmalarni ishlab chiqish va amaliyotga joriy etishni ko'zda tutadi. Keltirilgan ma'lumotlar suvni tejaydigan texnologiyalarni keng joriy qilish orqali yer resurslaridan samarali foydalanish hamda oziq-ovqat xavfsizligini ta'minlash mumkinligini anglatadi. Ammo suv tejamkor texnologiyalarning qaysi turi nisbatan samarali ekanligi bo'yicha chuqur izlanishlar olib boorish dolzarb xisoblanadi. Masalan, qishloq xo'jaligi uchun yaroqli bo'lgan yerlarning katta qismi sug'orilmaydigan cho'l-dasht maydonlari tashkil qiladi. Bu kabi yerlarda suv tejamkor texnologiyalardan, xususan gidrogellar qo'llash agrotexnologiyalaridan foydalanish maqsadga muvofiqdir [1-5].

Adirliklar va magistral yo'l qirgoqlarida yashil ihota zonalarini tashkil etish uchun boshqa usullarga nisbatan yoki birgalikda gidrogellardan foydalanish iqtisodiy jihatdan eng maqbul yechim hisoblanadi.

Adabiyotlar sharxi. Gidrogellar katta hajmdagi suvni ushlab turishga qodir bo'lgan uch o'lchamli to'rli tuzilmalardir. Odatda gidrogellar suvni yuqori darajada shimib oluvchi sintetik polimerlar bo'lib, tuproq tarkibida ko'p miqdordagi namlikni uzoq vaqt davomida saqlay oladi. O'z og'irligiga nisbatan 100-1000 marta ko'p namlikni tuta oladi. Qo'llanilish jarayoni ham alohida murakkab texnologiyalarni talab qilmaydi. Agar gidrogeldan to'g'ri foydalanilsa, tuvakda o'stiriladigan o'simliklar uchun 50-80 foiz, qishloq xo'jaligi ekinlari uchun 20-50 foiz sug'orish suvini tejash imkoniyatini yaratadi.

Gidrogellarni turli tartibda sinflash mumkin: tarkibi, qo'llanilishi, suv sig'imi, tozaligi, toksikligi, olinish usullari va hokazo. Masalan, gidrogellar olinish manbaiga ko'ra 3 xil bo'ladi: tabiiy, sintetik va suniy. Tabiiy gidrogellarga – kraxmal, sellulyoza, jelatin, gummiarabiklar va ularning turli xosilalari kiradi. Ekologik xavfsiz, oson bioparchalanuvchan, arzon, qoniqarli suv yutish sig'imi va qayta tiklanuvchan manba ekanligi ularning afzalligi xisoblanadi. Sintetik gidrogellarga – polivinilspirt, polivinilasetat, poliakrilae, poliakrilamid va boshqalar kiradi. Bu



polimerlarning ekologik xavfliligi, nisbatan qimmatligi, bioparchalanish qiyinligi, qayta tiklanmasligi ularning kamchiligi, yuqori suv yutish sig'imi esa afzalligi xisoblanadi.

Suniy gidrogellar – tabiiy va sintetik polimerlar asosida turli usullar (sopolimerlanish, blok sopolimerlanish, polimerkomplekslar xosil qilish va x.k.z.lar) yordamida olinadi. Suniy gidrogellar tabiiy va sintetik polimerlarning afzalliklarini o'zida mujassamlashtirgan, ya'ni nisbatan ekologik xavfsiz, arzon, bioparchalanuvchanligi qulay, yuqori suv yutish sig'imiga ega va bu ko'rsatkichlarni oson boshqarish imkoniyati mavjud.

Mavjud yoki amalda qo'llanayotgan tabiiy va sintetik polimerlar asosida belgilangan xususiyatlarga ega gidrogellarni sintez qilish yangi imkoniyatlar ochadi. Karboksimetilsellyuloza natriyli tuzi (KMS-Na), gidroksietilsellyuloza (GES), kraxmal va jelatin kabi tabiiy polimerlarni polivinil spirt (PVS), polivinilatsetat (PVA) va poliakrilamid (PAA) kabi sintetik polimerlar bilan birgalikda sopolimerlab yo'naltirilgan xossalari bioparchalanuvchan va iqtisodiy samarali bo'lgan yangi gidrogellar olish mumkin. Ushbu maqolada gidrogellar olinishining bir qator parametrlari ko'rib chiqiladi.

Tabiiy polimerlarga asoslangan gidrogellar yuqori ekologik xavfsizlikka ega, chunki selluloza, jelatin, xitozan, kraxmal hosilalari bido'st va toksik bo'lmagan moddalardir. Biroq, PVA va PAA kabi sintetik polimerlar degradatsiyasi uzoq muddat talab qilishi tufayli tufayli ma'lum ekologik xavflarni keltirib chiqarishi mumkin. Shuning uchun atrof-muhitga salbiy ta'sirni kamaytiradigan tabiiy va sintetik polimerlar kombinatsiyalarni tanlash muhimdir.

Tadqiqotlar metodologiyasi. Tajribalarda kimyoviy toza reaktivlar - KMS-Na, PVS, $C_6H_8O_7$, H_3BO_3 , $(NH_2)_2CO$, CH_2O lardan va erituvchi sifatida bidistillyat suvdan foydalanildi. Moddalarni KERN firmasining "ABS 120-4N" model elektron analitik tarozisida verguldan so'ng 4 na xona aniqlikda tortib olindi. 400 ml hajmli o'lchov stakanlarida kompozitsiyalar tayyorlandi, magnit aralashtirgichda $80^{\circ}S$



gacha qizdirib aralashtirildi va MEMMERT firmasining “UN 40” model quritish shkafida 110°S haroratda suvsizlantirildi xamda 140°S haroratda tikish jarayoni amalga oshirildi.

Suvda bo'kish darajasini aniqlash (suv yutish sig'imi). Tayyorlangan gidrogellarning yutish xususiyatlari sinash distillangan suvda aniqlandi. Yutishni aniqlash quruq namunani distillangan suvga qo'yishdan iborat bo'lib, u erda muvozanat hosil bo'lgunga qadar bo'kishi uchun qoldiriladi. 24 soatdan keyin muvozanatga erishgandan so'ng, bo'kish koeffitsientini aniqlash uchun namunalar yana tortildi. Tajribada xatolarni minimallashtirish uchun test har bir gelning uchta namunasida o'tkazildi va uchta o'lchovning o'rtacha qiymati o'rtacha qiymat sifatida qabul qilindi.

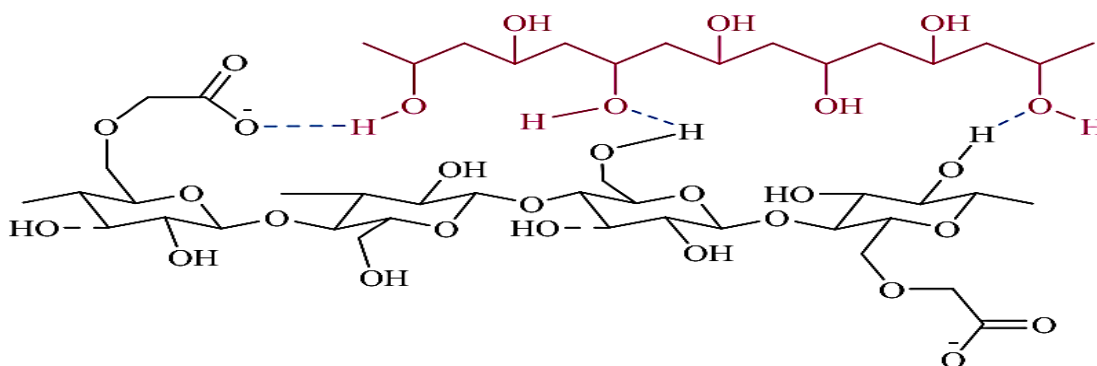
Natijalar va ularning taxlili. Kraxmal va jelatin kabi tabiiy polimerlar arzon, qayta tiklanuvchi manbaaga ega, sanoat miqyosida ishlab chiqarilishi va biodegradatsiyasi ularning ustunligi hisoblanadi. PVS, PAA kabi sintetik polimerlar nisbatan arzon, ammo ularni ishlab chiqarish murakkabroq jarayonlarini o'z ichiga oladi va qayta tiklanuvchi manbaga ega emas.

Tabiiy polimerlarga asoslangan gidrogellar namlikni mukammal ushlab turish xususiyatlarini ta'minlaydi. GES, KMS-Na va PAA kabi polimerlar suvda o'z og'irligidan 100 baravargacha ko'p suv ushlashi mumkin, ammo tikilmaganligi sababli ortiqcha erituvchida eriydilar. Ular asosida olingan suniy gidrogellar sinergetik ta'sir tufayli suvni saqlash samaradorligini oshiradi. Gidrogellarning mexanik mustahkamligi ishlatiladigan polimerlar turiga va o'zaro bog'lanish sharoitlariga bog'liq. Misol uchun, GES:PVA yoki KMS:PVS asosidagi gidrogellar o'zaro bog'lari tufayli bosim va kuch ta'siriga bardoshli bo'ladi. Sintetik polimerlardan foydalanish ko'pincha sof tabiiy polimerlarga nisbatan gidrogellarning mexanik mustahkamligini oshiradi [6, 7].

Yuqoridagilardan kelib chiqib tabiiy polimerlar KMS-Na, GES va sintetik polimerlar PVS, PVA, PAA lar asosida bioparchalanuvchi gidrogellar olish va



ularning fizik-kimyoviy xossalarini o'rganish, optimal tarkibli gidrogellarni sintez qilish texnologiyasini ishlab chiqishni o'z oldimizga maqsad qilib qo'ydik. Tikuvchi agentlar (T.A.) sifatida $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ – karbamid (KA), CH_2O – formaldegid (FA), limon kislota (LK) va bor kislotalari (BK) tanlab olindi. Polimerlar eritmalarini aralashtirilganda ular orasida qutbli guruhlar ishtirokida vodorod bog' xosil qilish orqali molekulalararo ta'sirlar sodir bo'ladi (2-rasm) [8-10].



1-rasm. KMS-Na va PVS orasidagi molekulalararo ta'sir sxemasi.

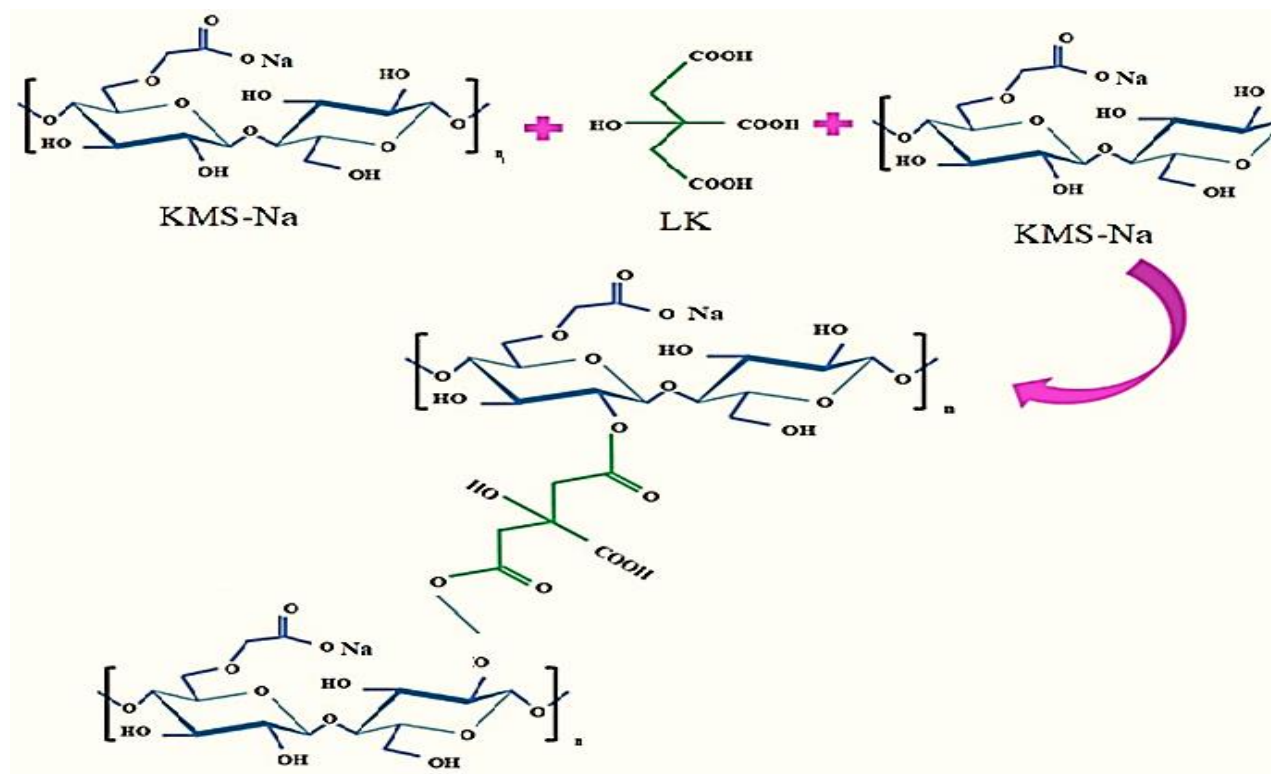
Dastlabki tajribalar faqat KMS-Na bilan 4 xil tikuvchi agentlar ishtirokida turli xarorat va vaqt intervallarida o'tkazildi. So'ngra tajribalar PVS bilan tikuvchi agentlar ishtirokida turli xarorat va vaqt intervallarida o'tkazildi.

Dastlabki tajribalarda gidrogel olish uchun KMS-Na ning 2% li eritmasini tayyorlab olib, 100 g dan 3 ta stakanga o'lchandi va C_1 , C_2 , C_3 eritmalar sifatida belgilandi. Limon kislota ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$), bor kislota (H_3BO_3), mochevina ($(\text{NH}_2)_2\text{CO}$) va formaldegid (CH_2O) kabi tikuvchi agentlar qo'llanildi. Tikuvchi agentlarni 0,1% li eritmaları tayyorlandi.

C_1 eritmaga limon kislotaning 1% li 4 ml eritmasi, C_2 eritmaga ham xuddi shu tikuvchi agentning 2ml eritmasi, C_3 ga ham xuddi shu tikuvchi agentning 1ml eritmasi quyildi va magnitli aralashtirgichda yaxshilab aralashtirib 110°C haroratga suvni to'la bug'latib suvsizlantirildi. Kompozitsiyalar 120°C haroratda 60 daqiqa davomida qizdirildi. Bunda degidratatsiya jarayoni sodir bo'ladi va polimerimiz



tikiladi. Fazoviy 3 o'lchamli tuzilishga ega birikma – gidrogel sintezlanadi (1-, 2-rasm).



2-rasm. KMS-Na ni 120°C da tikuvchi agent limon kislota ishtirigidagi tikilish mexanizmi.

Ushbu jarayon boshqa tikuvchi agentlar - bor kislota, mochevina va formaldegidning 1% li eritmaları bilan xam qayta takrorlandi (1, 2-jadval). Natijalar qoniqarsiz bo'ldi. Olingan KMS-Na va PVS namunalari yomon bo'kuvchan xossalarni namoyon etdi.

1-jadval

KMS-Na ni turli tikuvchi agentlar bilan massa nisbatdagi kompozitsiyalari

№	KMS-Na 2% li eritmasi, g	Limon kislota	H ₃ BO ₃	(NH ₂) ₂ CO	CH ₂ O
		0.1% li eritmaları, ml			
1	100	4	4	4	4
2	100	2	2	2	2



3	100	1	1	1	1
---	-----	---	---	---	---

Keyingi tajribalar uchun polimerlar PVS:KMS-Na massa nisbati - 1:1, 1:5, 1:10, reaksiya vaqti - 10, 30, 60, 120, 180 daqiqa, reaksiya harorati - 80, 100, 120, 140, 160, 180°C interval oraliqlari tanlandi. Keyingi tajribalarda KMS-Na bilan PVS 1:1, 5:1, 9:1 massa nisbatlarda 4 xil tikuvchi agentlar turli xarorat va vaqt intervallarida tajribalar o'tkazildi.

Dastlabki natijalarga ko'ra polimerlar nisbati 10:1 bo'lgan namunalar qoniqarli ko'rsatkichlarga ega bo'lgan, suvga bo'kish tezligi, suv sig'imi va mexanik mustaxkamligi yuqori bo'ldi. Polimerlar KMS-Na:PVS massa nisbati - 10:1, reaksiya vaqti - 60 daqiqa, reaksiya harorati - 140°C da olingan namunalar yuqori bo'kuvchanlik namoyon qildi.

2-jadval

PVS ni turli tikuvchi agentlar bilan massa nisbatdagi kompozitsiyalari

№	PVS 2% li eritmasi, g	Limona kislota	H ₃ BO ₃	(NH ₂) ₂ CO	CH ₂ O
		0.1% li eritmalari, ml			
1	100	4	4	4	4
2	100	2	2	2	2
3	100	1	1	1	1

Masalan KMS-Na va PVS aralashmasini tikuvchi agent LK yoki FA ishtirokidagi reaksiyalari o'tkazilib qoniqarli xossaga ega gidrogel sintezi amalga oshirildi. Yuqoridagi tajribalardan kelib chiqib navbatdagi tajribalarda 2 % li KMS-Na eritmasi va 1 % li PVS eritmasini 0.1% li tikuvchi agentlar eritmalari bilan aralashtirildi.

3-jadval

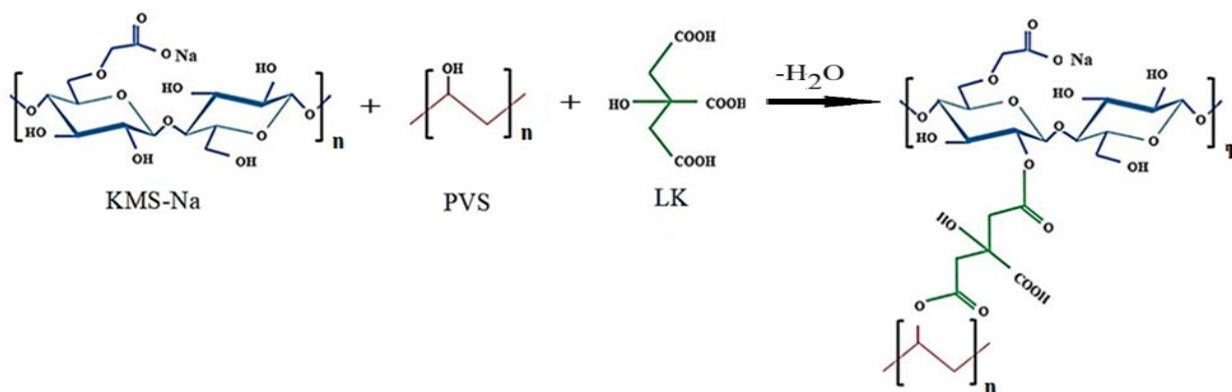
2% li eritmasi KMS-Na va 1% li eritmasi PVS eritmalarini tikuvchi agentlar bilan turli kompozitsiyalari



№	KMS-Na:PVS	Лимон кислота	H ₃ BO ₃	(NH ₂) ₂ CO	CH ₂ O
		0.1% li eritmalari, ml			
1	90:50	2	2	2	2
2	90:50	1	1	1	1
3	90:50	0,5	0,5	0,5	0,5

Yuqorida keltirilgan hajmlarda olingan KMS-Na:PVS:TA eritmalarini magnitli aralashtirgichda aralashtirib quritish shkafida to'la bug'lantirib suvsiz kompozitsiyalar olindi (3-jadval):

Kompozitsiyalar magnitli aralashtirgichda yaxshilab aralashtirib 110⁰C haroratga suvini bug'latib suvsizlantirildi. 140⁰C haroratda 90 daqiqa davomida qizdirildi. Bunda degidratatsiya jarayoni sodir bo'ladi, KMS-Na va PVS polimerlar o'zaro tikiladi. Fazoviy 3 o'lchamli tuzilishga ega birikma – KMS-Na:PVS tarkibli gidrogel sintezlanadi (3-rasm).

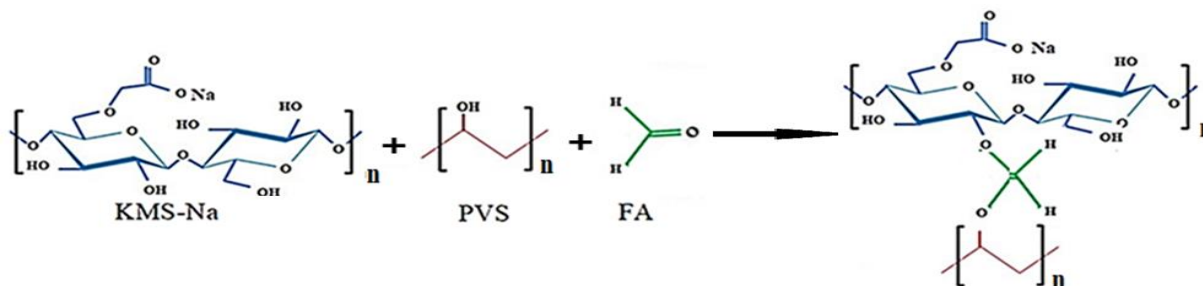


3-rasm. KMS-Na:PVS = 9:1 (massa nisbat) kompozitsiyasi 140⁰C da tikuvchi agent limon kislota ishtirigidagi tikilish mexanizmi.

Tabiiy polimerlar odatda yuqori bioparchalanish xususiyatiga ega. Masalan, jelatin va kraxmal tabiiy sharoitda oson parchalanib yuqori darajada degradatsiyaga uchraydi. PVA va PAA kabi sintetik polimerlar esa biodegradatsiyalanish darajasi kichik [11]. Tabiiy va sintetik polimerlarning kombinatsiyasi gidrogellarning umumiy parchalanishini yaxshilashga yordam berishi mumkin. Ularning o'zaro nisbatlarini o'zgartirib turli xossaga ega gidrogellar olish mumkin. Polimerlarni



nafaqat molekulararo bog'lanishini, balkim o'zaro bog'lanishi mumkinligini ham hisobga olish kerak.



4-rasm. KMS-Na:PVS = 9:1 (massa nisbat) kompozitsiyasi 120°C da tikuvchi agent formaldegid ishtirikidagi sintez mexanizmi.

Bo'kish darajasi (BD%) quyidagi formula bilan aniqlandi:

$$BD_{\%} = \frac{W_t - W_0}{W_0} \times 100\%$$

bu erda W_0 - dastlabki qurilgan namuna og'irligi; W_t – 24 soat davomida bo'kgan namuna og'irligi.

Olingan natijalar ichida eng yaxshi bo'kish ko'rsatkichlarini namoyon qilgan tarkiblar 4-jadvalda keltirilgan:

4-jadval

2% li eritmasi KMS-Na va 1% li eritmasi PVS eritmalarini tikuvchi agentlar bilan turli kompozitsiyalari

№	Tarkiblar (massa nisbat)	Bo'kish darajasi, g	Bo'kish darajasi, %
1	KMS-Na:LK= 100:0,4	68,37	6837
2	PVS:LK= 100:0,4	12,4	1240
3	KMS-Na:BK= 100:0,2	68,4	6840
4	KMS-Na:BK= 100:0,1	62,6	6260
5	KMS-Na:PVS: LK=95:5:0,25	55,7	5570
6	KMS-Na:PVS: LK=90:10:0,2	49,3	4930
7	KMS-Na:PVS: LK=90:10: 0,5	148,2	14820



8	KMS-Na:PVS: FA=95:5: 0,25	54,9	5490
9	KMS-Na:PVS: FA=90:10:0,05	144,9	14490
10	KMS-Na:PVS:BK=95:5: 0,25	84,4	8440
11	KMS-Na:PVS:BK=90:10: 0,2	102,2	10220
12	KMS-Na:PVS:KA=90:10:0,05	58,4	5840
13	KMS-Na:PVS:KA=90:10: 0,1	52,9	5290

Tikuvchi agentlar LK, BK va FA lar ishtirokida olingan gidrogellar yqoniqarli, tikuvchi agent KA qoniqarsiz xususiyatli gidrogellar xosil qildi. Tikish oxirigacha bormaganligi sababli ular 24 soat ichida erib ketdi. Demak jarayon xaroratini oshirish yoki katalizator qo'shib tikilish jarayonini o'rganish kerak.

Xulosa va takliflar. Polimerlar va tikuvchi agentlar ishtirokida boradigan reaksiya mexanizmlari taklif etildi. KMS-Na va PVS polimerlar 9:1 massa nisbatda sintez qilingan gidrogellar yuqori suv tutib turish qobiliyatini namoyon etdilar. Tikuvchi agentlar LK, BK va FA lar ishtirokida olingan gidrogellar yuqori natijalarni ko'rsatdi, 1 gramm gidrogel 148 gramgacha o'zida suv ushladi. Yuqorida keltirilganlarga ko'ra, gidrogellardan suv tanqis hududlar, qir-adir yerlarida, cho'l hududlarida, magistral yo'l bo'ylarida ko'chatlar ekish va ixotalar barpo etishda, yangi massiv va uylar bunyod etish vaqtida daraxtlarni ko'chirib o'tqazishda, landshaft dizaynda, ko'kalamzorlashtirishda, suv taqchil yerlar xisobiga ekin maydonlarini kengaytirishda, issiqxonalar barpo etishda foydalanishni tavsiya etamiz. Gidrogellar ma'lum muddatdan keyin biodegradatsiyaga uchrashi natijasida atrof-muhitga salbiy ta'sir qilmaydi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

1. M.X.Ibroximova, F.F.Xoshimov, I.S.Orifboyev, M.F.Orifboyeva-Fayzullayeva. Pestitsid tutgan suv tejamkor gidrogellar sintezi. **Tabiiy fanlar va ekologiyaga oid ayrim muammolar (Ilmiy maqolalar to'plami) XX. NamDU, 2025, 33-39 betlar.**



2. M.X.Ibroximova, F.F.Xoshimov. Sun'iy gidrogellar sintezini o'rganish. Kimyo fanining muammolari, sanoat sohalariga tatbiqu va yashil texnologiyalar mavzusidagi xalqaro anjuman. 18-19 aprel 2025 yil, Namangan, NDTU, 206-210 betlar.

3. F.F.Hoshimov. О принципах получение гидрогелей для сельского хозяйства. “Fizikaviy va kolloid kimyo fanlarining fundamental va amaliy muammolari hamda ularning innovatsion yechimlari” Xalqaro ilmiy-amaliy anjuman, NamMTI, Namangan, 9-10-fevral, 2024, 1637-1639 betlar.

4. H.N.Khoramabadi, M.Arefian, M.Hojjati, I.Tajzad, A.Mokhtarzade, M.Mazhar, A.Jamavari. A review of polyvinyl alcohol/carboxymethyl cellulose (PVA/CMC) composites for various applications. **Journal of Composites and Compounds.** 2020, 2 p.69-76.

5. H. Dai, Y. Huang, H. Huang, Eco-friendly polyvinyl alcohol/carboxymethyl cellulose hydrogels reinforced with graphene oxide and bentonite for enhanced adsorption of methylene blue, Carbohydrate Polymers. 2018, 185 p.1-11.

6. M.A.Saadiah, A.S.Samsudin. Electrical study on Carboxymethyl Cellulose-Polyvinyl alcohol based bio-polymer blend electrolytes. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.** 2018, 342, 012045.

7. W.F.Su. Principles of Polymer Design and Synthesis. Springer, Berlin Heidelberg, 2013.

8. M.T. Taghizadeh, N. Sabouri, B. Ghanbarzadeh. Mechanochemical activation of carboxymethyl cellulose and its thermoplastic polyvinyl alcohol/starch biocomposites with enhanced physicochemical properties. **International Journal of Biochemistry and Biophysics.** 2013, 1(1), p.9-15.

9. Chang, C.; Lue, A.; Zhang, L. Effects of cross-linking methods on structure and properties of cellulose/PVA hydrogels. *Macromol. Chem. Phys.*, 2008, 209 (12), p.1266-1273.



10. **J.Liu, C.Zhang, D.Miao, S.Sui, F.Deng, C.Dong, L.Zhang, P.Zhu.**
Preparation and characterization of carboxymethylcellulose hydrogel fibers.
Journal of Engineered Fibers and Fabrics. 2018, 13(6), p.6-13.
11. Chen, H.; Fan, M. Novel thermally sensitive pH-dependent chitosan/carboxymethylcellulose hydrogels. J. Bioact. Compat. Polym. 2008, 23 (1), p.38-48.