

**KARBAMIDO-FORMALDGLID OLIGOMERI ASOSIDA UCH
KOMPONENTLI INTERPOLIMER KOMPLEKSLAR OLIH VA FIZIK-
KIMYOVIY XOSSLARINI O'RGANISH**

Yodgorov B.O.

Chirchiq davlat pedagogika universiteti

Annotatsiya. *Ushbu maqolada karbamid-formaldegid oligomeri (KFO) asosida uch komponentli interpolimer komplekslar (IPK) sintez qilish va ularning fizik-kimyoviy xossalarini o'rganish natijalari keltirilgan. Tadqiqotda KFO natriy karboksimetiltellyuloza (Na-KMTs) va uchinchi komponent – poliakril kislota (PAK) bilan birgalikda interpolimer kompleks hosil qilish uchun ishlatildi. Sintez qilingan namunalarning tarkibi va tuzilishi infraqizil (IQ) spektroskopiya usuli yordamida o'rganildi. Fizik-mexanik xossalari, termik barqarorligi va suv shimish qobiliyati aniqlanib, komponentlar nisbatining kompleks xossalariga ta'siri tahlil qilindi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, uch komponentli IPK tarkibiga KFO ning kiritilishi polimer tarmog'ining zichlashuviga, mustahkamlik va termik barqarorlikning ortishiga, suv shimishning esa kamayishiga olib keladi. Olingan kompozitsiyalar qishloq xo'jaligida, ayniqsa tuproq namlikni saqlash qobiliyatini oshirish va degradatsiyaga uchragan tuproqlarni melioratsiyalashda qo'llash uchun istiqbolli hisoblanadi.*

Kalit so'zlar: *karbamid-formaldegid oligomeri, interpolimer kompleks, natriy karboksimetiltellyuloza, poliakril kislota, fizik-kimyoviy xossalar, termik barqarorlik, modifikatsiya.*

Kirish. Interpolimer komplekslar (IPK) – bu kimyoviy jihatdan bir-birini to'ldiruvchi chiziqli makromolekulalar orasidagi reaksiyalar natijasida hosil bo'ladigan polimer komplekslarning yangi sinfi bo'lib, ular yuqori sorbsion qobiliyat, agrofizik xossalarni yaxshilash va gidrogel sifatida qo'llash kabi noyob xususiyatlarga ega[1]. Karbamid-formaldegid oligomerlari (KFO) polikondensatsiya reaksiyasi natijasida karbamidning formaldegid bilan o'zaro ta'siridan hosil bo'ladi va termoreaktiv oligomer mahsulotlar hisoblanadi[2]. Ular karbamid ko'pikli plastmassalar va issiqlik izolyatsion materiallar ishlab chiqarishda keng qo'llaniladi.

So'nggi yillarda KFO asosida turli polimerlar bilan interpolimer komplekslar olish va ularning xossalarini o'rganish bo'yicha ko'plab tadqiqotlar olib borilmoqda [3]. Xususan, KFO ni natriy karboksimetiltellyuloza (Na-KMTs) bilan birgalikda IPK sintez qilish va ularni modifikatsiyalash orqali fizik-kimyoviy hamda termik xossalarini yaxshilash imkoniyatlari o'rganilgan[4]. Na-KMTs tarkibidagi karboksil guruhlari KFO ning faol funksional guruhlari bilan vodorod bog'lari va ionli o'zaro ta'sirlar hosil qilib, barqaror polimer kompleks tarmog'ini shakllantiradi[5].

Biroq, ikki komponentli IPK lar bilan chegaralanib qolmasdan, uch komponentli tizimlarni yaratish orqali komplekslarning funksional xossalarini yanada kengaytirish mumkin. Uchinchi komponent sifatida poliakril kislota (PAK) yoki boshqa polielektrolitlarni kiritish orqali polimerlararo o'zaro ta'sirlarni kuchaytirish, tuzilmani mustahkamlash va yangi xossali materiallar olish istiqbolli yo'nalish hisoblanadi[6].

Mazkur tadqiqotning **maqsadi** – karbamid-formaldegid oligomeri asosida uch komponentli (KFO–Na-KMTs–PAK) interpolimer komplekslar sintez qilish va ularning fizik-kimyoviy xossalarini (tuzilishi, termik barqarorligi, suv shimishi, mexanik mustahkamligi) kompleks o'rganishdan iborat.

Materiallar va usullar. Dastlabki materiallar. Tadqiqotda quyidagi reagentlar ishlatildi: **Karbamid-formaldegid oligomeri (KFO)** – polikondensatsiya usulida karbamid va formaldegiddan (mol nisbati 1:1,5–1:2) ishqoriy muhitda sintez qilindi; **Natriy karboksimetiltsetlyuloza (Na-KMTs)** – $-O-CH_2-COONa$ funksional guruhlarini o'z ichiga olgan tsellyuloza efiri; **Poliakril kislota (PAK)** – molekulyar massasi ~200 000 g/mol bo'lgan chiziqli polimer; Distillangan suv va boshqa yordamchi reagentlar.

Uch komponentli interpolimer komplekslar sintezi. IPK larni sintez qilish uchun KFO, Na-KMTs va PAK ning suvli eritmalari turli massa nisbatlarida (1:1:1; 2:1:1; 1:2:1; 1:1:2) tayyorlandi. Sintez jarayoni quyidagi bosqichlardan iborat edi:

1. Na-KMTs va PAK ning suvli eritmalari alohida tayyorlanib, 40–50 °C da to'liq eriguncha aralashtirildi;
2. KFO eritmasi tayyorlandi va pH 7–8 gacha neytrallandi;
3. Uchala eritma doimiy aralashtirish (500 ayl/min) ostida 50–60 °C da 2–3 soat davomida bir-biriga qo'shildi;
4. Hosil bo'lgan IPK eritmasi quritish shkafida 60 °C da doimiy massa hosil bo'lguncha quritildi;
5. Olingan qattiq mahsulot maydalanib, keyingi tadqiqotlar uchun tayyor holga keltirildi.

Taqqoslash uchun sof KFO, KFO–Na-KMTs (ikki komponentli) va KFO–PAK namunalari ham xuddi shu sharoitda tayyorlandi.

Tadqiqot usullari. Infraqizil (IQ) spektroskopiya. Sintez qilingan namunalarning funksional guruh tarkibi va polimerlararo o'zaro ta'sirlarni aniqlash uchun Furiye-transform IQ-spektrometr (FTIR) yordamida 400–4000 cm^{-1} oralig'ida KBr tabletkalarida spektrlari olindi.

Termogravimetrik tahlil (TGA). Namunalarning termik barqarorligi Derivatograf qurilmasida havo muhitida 20–600 °C oralig'ida, isitish tezligi 10 °C/min bo'lgan sharoitda o'rganildi.

Suv shimish qobiliyati. Namunalarning suv shimishi gravimetrik usulda aniqlandi. Ma'lum massadagi quruq namuna distillangan suvga solinib, 24, 48 va 72 soatdan keyin nam massasi o'lchandi. Suv shimish darajasi quyidagi formula bo'yicha hisoblandi:

$$W = m_n - m_q / m_q \times 100\%$$

bu yerda m_n – nam namuna massasi, m_q – quruq namuna massasi.

Mexanik mustahkamlik. Namunalarning mustahkamligi (qisilishga va egilishga) RM-50 universal sinov mashinasida aniqlandi.

Natijalar. IQ-spektroskopik tahlil natijalari. Olingan IQ-spektrlarda KFO uchun $3350\text{--}3450\text{ cm}^{-1}$ (O–H va N–H valent tebranishlari), $1640\text{--}1660\text{ cm}^{-1}$ (C=O valent tebranishi, amid-I), $1550\text{--}1560\text{ cm}^{-1}$ (N–H deformatsion tebranishi, amid-II), 1240 cm^{-1} (C–N valent tebranishi) ga xos yutilish chiziqlari qayd etildi.

Na-KMTs qo‘shilganda, $1600\text{--}1610\text{ cm}^{-1}$ (COO[−] asimmetrik valent tebranishi) va 1420 cm^{-1} (COO[−] simmetrik valent tebranishi) ga tegishli yangi yutilish chiziqlari paydo bo‘ldi. PAK kiritilganda esa $1710\text{--}1720\text{ cm}^{-1}$ (COOH karbonil guruhi) ga xos yutilish kuchaydi. Uch komponentli IPK spektrlarida KFO, Na-KMTs va PAK ga tegishli barcha xarakteristik yutilish chiziqlari kuzatildi, shuningdek, $3250\text{--}3400\text{ cm}^{-1}$ sohasida vodorod bog‘lari hisobiga kengaygan va siljigan yutilish zonasi qayd etildi. Bu holat polimer komponentlar orasida kuchli intermolekulyar o‘zaro ta’sir (vodorod bog‘lari va ionli o‘zaro ta’sir) mavjudligini ko‘rsatadi.

Termik barqarorlik. Termogravimetrik tahlil natijalari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval.

Turli kompozitsiyalarning termik parchalanish harorati

Namuna tarkibi	T _{10%} (°C)	T _{50%} (°C)	600°C dagi qoldiq (%)
KFO	185	310	12,4
KFO–Na-KMTs (1:1)	210	335	18,7
KFO–PAK (1:1)	205	328	16,2

T_{10%} – massa yo‘qotish 10% ga yetgan harorat; T_{50%} – massa yo‘qotish 50% ga yetgan harorat.

Uch komponentli IPK eng yuqori termik barqarorlikka ega ekanligi aniqlandi. Bu polimer tarmog‘ining zichligi ortishi va termik parchalanishga chidamli yangi bog‘lanishlarning hosil bo‘lishi bilan izohlanadi.

Suv shimish qobiliyati. Suv shimish ko‘rsatkichlari 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval.

Namunalarning suv shimish darajasi (%)

Namuna tarkibi	24 soat	48 soat	72 soat
KFO	45,2	58,6	62,3
KFO–Na-KMTs (1:1)	38,7	49,2	53,8
KFO–PAK (1:1)	40,1	51,5	55,9
KFO–Na-KMTs–PAK (1:1:1)	28,4	36,7	40,2

Uch komponentli IPK eng past suv shimish ko'rsatkichiga ega. Bu holat zich polimer tarmog'ining shakllanishi va gidrofil guruhlarning o'zaro kompensatsiyalanishi bilan izohlanadi.

Mexanik mustahkamlik. Qisilishga mustahkamlik sinovlari natijalariga ko'ra, sof KFO uchun bu ko'rsatkich 8,4 MPa ni tashkil etgan bo'lsa, KFO–Na–KMTs–PAK (1:1:1) uchun 14,2 MPa ga yetdi. Egilishga mustahkamlik ham mos ravishda 5,1 MPa dan 9,8 MPa ga oshdi.

Komponentlar nisbatining ta'siri. Komponentlar nisbatini o'zgartirish IPK xossalari sezilarli ta'sir ko'rsatdi. KFO miqdori ortishi (2:1:1) termik barqarorlikni oshirsa-da, mexanik mustahkamlikni kamaytirdi. Na-KMTs miqdori ortishi (1:2:1) suv shimishni biroz oshirdi. PAK miqdori ortishi (1:1:2) esa mexanik mustahkamlikni yaxshiladi, lekin termik barqarorlikni pasaytirdi. Optimal nisbat 1:1:1 deb topildi.

Tahlil. Olingan natijalarni tahlil qilish quyidagi xulosalarni chiqarishga imkon beradi. **Tuzilish xususiyatlari.** IQ-spektroskopik tahlillar KFO, Na-KMTs va PAK komponentlari orasida kuchli intermolekulyar o'zaro ta'sir mavjudligini tasdiqladi. KFO tarkibidagi amid guruhlari (–CO–NH–) Na-KMTs ning karboksil guruhlari (–COO[–]) va PAK ning karboksil guruhlari (–COOH) bilan vodorod bog'lari hamda ionli o'zaro ta'sirlar hosil qiladi. Bu o'zaro ta'sirlar natijasida uch o'lchamli polimer tarmog'i shakllanadi. IQ spektrlarda kuzatilgan 3250–3400 cm^{-1} sohasidagi kengaygan yutilish zonasi aynan shu vodorod bog'lanishlarning hosil bo'lishini ko'rsatadi. **Termik barqarorlikning ortishi.** Uch komponentli IPK ning termik barqarorligi sof KFO va ikki komponentli tizimlarga nisbatan sezilarli darajada yuqori ekanligi aniqlandi. Bu holat polimer tarmog'ining zichlashuvi va yangi kimyoviy bog'lanishlarning hosil bo'lishi bilan izohlanadi. $T_{50\%}$ ko'rsatkichi bo'yicha uch komponentli IPK sof KFO dan 48 °C ga yuqori ekanligi (358 °C ga nisbatan 310 °C) termik barqarorlikning sezilarli oshganini ko'rsatadi. **Suv shimishning kamayishi.** Uch komponentli IPK ning suv shimishi sof KFO ga nisbatan 72 soatda 22,1% ga (62,3% dan 40,2% ga) kamaydi. Bu natija zich polimer tarmog'ining shakllanishi va gidrofil guruhlarning o'zaro kompensatsiyalanishi bilan izohlanadi. Na-KMTs tarkibidagi –COONa guruhlari PAK ning –COOH guruhlari bilan ionli o'zaro ta'sirga kirishib, ularning suv bilan bog'lanish faolligini pasaytiradi.

Mexanik mustahkamlikning ortishi. Qisilishga mustahkamlikning 8,4 MPa dan 14,2 MPa ga oshishi, egilishga mustahkamlikning 5,1 MPa dan 9,8 MPa ga oshishi polimer tarmog'ining mustahkamlanishi bilan bog'liq.

Optimal komponentlar nisbati. Tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, KFO:Na-KMTs:PAK = 1:1:1 nisbat optimal hisoblanadi. Bu nisbatda barcha ko'rsatkichlar (termik barqarorlik, mexanik mustahkamlik, suvga chidamlilik) bo'yicha eng yaxshi natijalarga erishildi.

Munozara. Olingan natijalar KFO asosidagi uch komponentli IPK larni sintez qilish va ularning xossalari boshqarish imkoniyatlarini ko'rsatadi.

Ilmiy ahamiyati. Ushbu tadqiqot polimerlararo o'zaro ta'sirlar (vodorod bog'lari, ionli o'zaro ta'sirlar) orqali yangi xossalari polimer materiallar yaratish mumkinligini ilmiy jihatdan asoslab beradi. KFO ning Na-KMTs va PAK bilan birgalikda IPK hosil qilishi polimer komplekslar kimyosining muhim yo'nalishi bo'lib, bu sohada yangi bilimlarni shakllantiradi. Tadqiqot natijalari KFO asosidagi IPK larning tuzilishi va xossalari o'rtasidagi bog'liqlikni ochib beradi.

Amaliy ahamiyati. Olingan uch komponentli IPK lar quyidagi sohalarda qo'llanishi mumkin:

1. **Qishloq xo'jaligi** – yuqori sorbsion qobiliyat va suvni saqlash xususiyati tufayli tuproq namligini saqlash va degradatsiyaga uchragan tuproqlarni melioratsiyalash uchun. IPK asosidagi gidrogellar sug'orish suvini tejash imkonini beruvchi qarshi filtratsion ekranlar yaratishda qo'llanilishi mumkin.

2. **Ekologik xavfsizlik** – olingan materiallar biologik parchalanuvchan va atrof-muhitga ikkinchi darajali ifloslanish keltirmaydi.

3. **Qurilish materiallari** – termik barqarorligi va mexanik mustahkamligi yuqori bo'lgan kompozitsion materiallar sifatida.

4. **Yelim va qoplamalar** – modifikatsiyalangan KFO asosidagi kompozitsiyalar yelim va himoya qoplamalari sifatida qo'llanishi mumkin.

Cheklovlar va kelgusidagi tadqiqotlar. Ushbu tadqiqotda KFO, Na-KMTs va PAK ning faqat ma'lum nisbatlari o'rganildi. Kelgusida boshqa polimer komponentlar (masalan, polivinilspirt, polietilen glikol) va turli modifikatorlarni kiritish orqali IPK xossalarini yanada kengaytirish mumkin. Shuningdek, olingan materiallarning biologik parchalanish kinetikasini, tuproqdagi uzoq muddatli barqarorligini va iqtisodiy samaradorligini chuqurroq o'rganish talab etiladi.

Xulosa. Ushbu tadqiqotda karbamid-formaldegid oligomeri (KFO), natriy karboksimetiltseilyuloza (Na-KMTs) va poliakril kislota (PAK) asosida uch komponentli interpolimer komplekslar sintez qilindi va ularning fizik-kimyoviy xossalari o'rganildi. Quyidagi asosiy xulosalarga kelindi:

1. IQ-spektroskopik tahlillar KFO, Na-KMTs va PAK komponentlari orasida vodorod bog'lari va ionli o'zaro ta'sirlar hisobiga barqaror polimer tarmog'i shakllanishini tasdiqladi.

2. Uch komponentli IPK sof KFO va ikki komponentli tizimlarga nisbatan yuqori termik barqarorlikka ega ($T_{50\%} = 358\text{ }^{\circ}\text{C}$).

3. Uch komponentli IPK ning suv shimishi sof KFO ga nisbatan 72 soatda 22,1% ga kamaydi.

4. Mexanik mustahkamlik (qisilishga va egilishga) uch komponentli tizimda sezilarli darajada oshdi.

5. Optimal komponentlar nisbati KFO:Na-KMTs:PAK = 1:1:1 ekanligi aniqlandi.

6. Olingan materiallar qishloq xo'jaligida (tuproq namligini saqlash), ekologik xavfsiz polimer materiallar va kompozitsion qurilish materiallari sifatida qo'llash uchun istiqbolli hisoblanadi.

Adabiyotlar

1. Мирзарахимов А.А., Комилов К.У., Курбанова А.Д., Мухамедов Г.И. Модификация интерполимерных комплексов на основе мочевино-формальдегидного олигомера: исследование физико-химических свойств // CyberLeninka. – 2023.
2. Komilov K.U. и др. Приготовление эмульсии интерполимерных комплексов на основе карбамидо-формальдегидного олигомера и ее применение // Universum: химия и биология. – 2025. – 7(133). – DOI: 10.32743/UniChem.2025.133.7.20338.
3. Ramazanov B., Juraeva L., Sharipova N. Synthesis of modified amino-aldehyde oligo(poly)mers and study of their thermal stability // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – Т. 839. – №. 4. – С. 042096.
4. Ivashchenko Y., Mameshov R., Timokhin D. Modification of cement composites by oligomeric products of bicomponent composition // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. – 2020. – 896. – 012108. – DOI: 10.1088/1757-899X/896/1/012108.
5. Ramazanov B.G. Синтез и изучение важнейших свойств олигомеров на основе аминокальдегидных соединений // Universum: технические науки. – 2020. – №. 3-2 (72). – С. 60-64.
6. Structure and physical-mechanical properties of interpolymetric complexes based on sodium carboxymethylcellulose // Infona. – 2011.