“FAR PAN-S-MCP”NING DMSO, DMF VA DIOKSANDA ERISH XUSUSIYATLARI.

Xasanov Sirojiddin Salaydin o`g`li
Namangan davlat texnika universiteti 1-bosqich tayanch doktoranti.
Sherqo`ziyev Doniyor Shermamatovich
Namangan davlat texnika universiteti texnika fanlari doktori , professor

Annotatsiya. Ushbu tadqiqotda “Far-PAN-S-MCP” polimer reagentining aproton erituvchilar — dimetilsulfoksid (DMSO), dimetilformamid (DMF) va dioksan muhitlaridagi eruvchanlik xususiyatlari o‘rganildi. “Far-PAN-S-MCP” ning turli erituvchi miqdorlaridagi erish samaradorligi solishtirildi va eritma kontsentratsiyasiga bo‘lgan ta’siri tahlil qilindi. Tajribalar 10 g “Far-PAN-S-MCP” ning 60–140 g oraliqdagi erituvchilarda eritilishi asosida olib borildi. Natijalarga ko‘ra, PAN uchun eng optimal nisbat 10 g : 100 g bo‘lib, DMSOda 70,8 %, DMFda 66 %, dioksanda esa 52 % erish samaradorligi qayd etildi. “Far-PAN-S-MCP” – erituvchi o‘zaro ta’siri molekulyar solvatsiya mexanizmi bilan izohlanadi va dioksanning past qutbliligi uning eruvchanlik samaradorligini chegaralaydi.

Kalit so‘zlar: poliakrilonitril, DMSO, DMF, dioksan, solvatsiya, eritish samaradorligi, aproton erituvchi.

Аннотация. В данной работе исследованы особенности растворимости модифицированного полимера “Far-PAN-S-MCP” в различных растворителях: диметилсульфоксиде (DMSO), диметилформамиде (DMF) и диоксане. Сравнена эффективность растворения при различных количествах растворителя и проанализировано влияние концентрации раствора. Эксперименты проведены на основе растворения 10 г “Far-PAN-S-MCP” в 60–140 г растворителей. Согласно полученным результатам, оптимальное соотношение для PAN составляет 10 г : 100 г. При этом эффективность растворения достигала 70,8 % в DMSO, 66 % — в DMF и 52 % — в диоксане. Взаимодействие “Far-PAN-S-MCP” с растворителями объясняется механизмом молекулярной сольватации, а низкая полярность диоксана ограничивает его способность растворять данный полимер.

Ключевые слова: полиакрилонитрил, DMSO, DMF, диоксан, сольватация, растворимость, апротонный растворитель.

Abstract. This study investigates the solubility behavior of the modified polymer “Far-PAN-S-MCP” in various solvents, including dimethyl sulfoxide (DMSO), dimethylformamide (DMF), and dioxane. The dissolution efficiency at different solvent quantities was compared, and the effect of solution concentration was analyzed. The experiments were conducted by dissolving 10 g of “Far-PAN-S-MCP” in 60–140 g of each solvent. According to the results, the optimal ratio for PAN is 10 g : 100 g. The dissolution efficiencies reached 70.8% in DMSO, 66% in

ISSN 3030-3907

DMF, and 52% in dioxane. The interaction between “Far-PAN-S-MCP” and the solvents is attributed to the molecular solvation mechanism, while the low polarity of dioxane limits its solubility performance.

Keywords: polyacrylonitrile, DMSO, DMF, dioxane, solvation, dissolution efficiency, aprotic solvent

Kirish

Tadqiqor obyekti sifatida “Far-PAN-S-MCP” polimer reagent tanlab olingan. Far-Farg`ona, PAN-S-stabillashgan poliakrilonitril, MCP-seluloza xosilalari bilan modifikatsiyalangan degan ma`noni anglatadi. Bu reagentniang asosiy tarkibi esa poliakrilonitril, NaOH, $(NH_4)_2SO_4$ va suv hisoblanadi. Poliakrilonitril (PAN) yuqori molekulyar massaga ega sintetik polimer bo‘lib, karbon tolalar, membranalar, kompozit materiallar va nanostrukturalar ishlab chiqarishda keng qo‘llanadi. Polimerning eritma holati, uning keyingi fizik-kimyoviy qayta ishlash jarayonlarini belgilab beradi. PAN strukturasi nitril guruhlari (–C≡N) bilan boyitilgan bo‘lib, ular kuchli dipol xususiyatlarga ega; natijada polimer aproton polary erituvchilarda yaxshi solvatsiyalanadi. Biroq PANning turli aproton erituvchilardagi eruvchanligi sezilarli farq qiladi. Shu sababli erituvchi tanlovi PAN eritma texnologiyalarida hal qiluvchi omil hisoblanadi. Ushbu ishda PANning dimetilsulfoksid (DMSO), dimetilformamid (DMF) va dioksan erituvchilaridagi eruvchanligi tajribaviy ravishda taqqoslandi. Sellyuloza bilan PANning modifikatsiyasi ko‘plab amaliy jihatdan muhim maqsadlarni ko‘zlaydi: gidrofillikni oshirish, bioaktiv komponentlarni bog‘lash imkonini yaratish, membranalar yuzasida kimyoviy moslikni yaxshilash va interfeysni stabilizatsiya qilish. Ammo sellyuloza fragmentlari PAN zanjirida qo‘shimcha H-bog‘lanish hosil qilib, solvatsiya jarayonini qisman to‘sib qo‘yadi. Shu sababli modifikatsiyalangan PANni eritish oddiy PANga nisbatan murakkabroq bo‘lishi tabiiy.

Shu sababli erituvchi tanlovi PAN eritma texnologiyalarida hal qiluvchi omil hisoblanadi. Ushbu ishda PANning dimetilsulfoksid (DMSO), dimetilformamid (DMF) va dioksan erituvchilaridagi eruvchanligi tajribaviy ravishda taqqoslandi.

Ushbu tadqiqotda sellyuloza modifikatsiyasi o‘tkazilgan PANning DMSO Dioksan va DMF erituvchilarida eritilish jarayoni, erish samaradorligi va erigan eritmalarning UV–Vis spektri o‘rganildi.

Materiallar va metodika

Eritish jarayoni 3 xil erituvchida olib borildi. Adabiyotlar tahlil qilinganda poliakrilonitrilning optimal erish sharoiti 60-80 °C harorat oralig`ida ekanligi aniqlandi shu asosida ishlar olib borildi.

Natijalar tahlili

ISSN 3030-3907

Turli miqdordagi DMSO erituvchilari sharoitida sellyuloza hosilali PAN polimerining erish samaradorligi sezilarli darajada farq qilishi kuzatildi. DMSO 60 g bo‘lgan holatda erimagan PAN massasi 4,0 g bo‘lib, erish samaradorligi atigi 60,0 % ni tashkil etdi. Erituvchi miqdorining yetarli bo‘lmasligi solvatsiya jarayonini cheklaydi, “Far PAN-S-MCP” zanjirlari to‘liq ajralmaydi va qattiq qoldiq ko‘p qoladi. DMSO miqdori 80 g ga yetkazilganda erish samaradorligi 68,0 % ga oshdi, bu erituvchi fazasining ortishi PAN segmentlari solvatsiyasiga ijobiy ta’sir ko‘rsatishini ko‘rsatadi.

DMSO 100 g ga teng bo‘lgan holatda optimal natija kuzatildi: erimagan “Far PAN-S-MCP” massasi 2,92 g, eritilgan qismi 7,08 g bo‘lib, erish samaradorligi 70,8 % ga teng. Bu erituvchi-to-polimer nisbatida PAN molekulalari to‘liq solvatsiyalanadi, molekulalararo bog‘lanishlar samarali buziladi va zanjir segmentlari eritmada qayta taqsimlanadi. DMSO miqdori 120–140 g gacha oshirilganda erish foizi mos ravishda 70,0 % va 67,0 % gacha kamaydi. Bu esa erituvchi ortishi har doim erish samaradorligini oshirmasligini, aksincha, PAN–solvent o‘zaro ta’siri optimal konsentratsiya chegarasidan oshganda barqaror solvatsiya muvozanati buzilishini ko‘rsatadi.

Muhokama

“Far PAN-S-MCP” molekulalarining erish jarayoni DMSO molekulalari bilan kuchli dipol–dipol o‘zaro ta’sirlar mexanizmiga asoslanadi. PAN zanjiridagi nitril (–C≡N) guruhlari yuqori dipol momentga ega bo‘lib, DMSO molekulalari bilan solvatsiya qobig‘i hosil qiladi. Biroq bu solvatsiya samarali bo‘lishi uchun erituvchi fazasi kritik minimal miqdorga ega bo‘lishi zarur. 60–80 g diapazonda erituvchi fazasi yetarli bo‘lmagani uchun “Far PAN-S-MCP” segmentlari to‘liq ajralmaydi va polimerning erimagan fraksiyasi ko‘p qoladi. Shu sababdan erish samaradorligi pasayadi, kontsentratsiya yuqori bo‘lsa ham, eritma sifat jihatidan barqaror emas.

DMSO miqdori 100 g bo‘lgan holatda molekulalararo o‘zaro ta’sir optimal darajaga yetadi: PAN zanjirlari segmentlari orasidagi Van-der-Vaals bog‘lanishlar to‘liq buziladi, solvatsiya energiyasi maksimal bo‘ladi va eritma ichida molekulyar disperssiya kuchayadi. Natijada erish samaradorligi 70,8 % ga yetadi va eritma mexnik qayta ishlash uchun qulay xususiyatga ega bo‘ladi. DMSO miqdorining ortishi esa eritmaning suyultirilishiga olib keladi; solvatsiya energiyasi bir molekula PAN hisobiga pasayadi va makromolekulalarning solvent bilan o‘zaro ta’siri elastik kuch bilan muvozanatlashadi. Bu holat fazalararo ajralishning lokal markazlarini hosil qiladi va erimagan PAN fraksiyasini saqlab qoladi.

Umuman olganda, tajriba natijalari “Far PAN-S-MCP” **uchun 10 g PAN / 100 g DMSO nisbati optimal** ekanligini ko‘rsatadi. Bu nisbatda solvatsiya kuchi maksimal bo‘lib, eritma konsentratsiyasi texnologik ishlov berish jarayonlari

ISSN 3030-3907

uchun yetarli darajada yuqori (≈7 % mass.) qoladi. DMSO miqdorini orttirish esa eritma sifatini yaxshilamaydi, aksincha polimer–erituvchi o‘zaro ta’siri susayib, PAN molekularining to‘liq erimasligiga olib keladi.

“Far PAN-S-MCP”ning DMSOdagi eruvchanligi (turli DMSO miqdorlarida, 10 g PAN)

Tajriba №	PAN miqdori (g)	DMSO miqdori (g)	PAN : DMSO nisbati	Eriman PAN (g)	Erigan PAN (g)	Erish samaradorligi (%)	Yakuniy PAN kontsentratsiyasi (mass. %)
1	10.0	60	10 : 60	4.00	6.00	60.0 %	10.0 % (6.0 g / 60 g)
2	10.0	80	10 : 80	3.20	6.80	68.0 %	8.5 % (6.8 g / 80 g)
3 (optimal)	**10.0**	**100**	**10 : 100**	**2.92**	**7.08**	**70.8 %**	**7.08 %** (7.08 g / 100 g)
4	10.0	120	10 : 120	3.00	7.00	70.0 %	5.83 % (7.0 g / 120 g)
5	10.0	140	10 : 140	3.30	6.70	67.0 %	4.79 % (6.7 g / 140 g)

DMF bo‘yicha tahlil

“Far PAN-S-MCP”ning DMFdagi eruvchanligi (turli DMF miqdorlari)

Tajriba №	PAN (g)	DMF (g)	PAN : DMF	Erimagan PAN (g)	Erigan PAN (g)	Erish samaradorligi (%)	Yakuniy PAN kons. (mass.%)
1	10.0	60	10 : 60	3.8	6.2	**62.0 %**	**10.3 %**
2	10.0	80	10 : 80	3.5	6.5	**65.0 %**	**8.12 %**
3 (optimal)	**10.0**	**100**	**10 : 100**	**3.40**	**6.60**	**66.0 %**	**6.60 %**
4	10.0	120	10 : 120	3.6	6.4	**64.0 %**	**5.33 %**
5	10.0	140	10 : 140	3.9	6.1	**61.0 %**	**4.36 %**

ISSN 3030-3907

“Far PAN-S-MCP” ning DMFda eritilish samaradorligi erituvchi fazasi ortishi bilan asta-sekin yaxshilanadi. 60–80 g diapazonda solvatsiya fazasi yetarli bo‘lmagani sababli PAN molekulalari nitril guruhlari o‘rtasidagi zanjirlararo bog‘lanishlar to‘liq buzilmaydi. Bu holatda PAN segmentlari faqat qisman solvatsiyalanadi va erimagan fraksiya nisbatan yuqoriroq (3.8–3.5 g) bo‘ladi.

10 g “Far PAN-S-MCP” : 100 g DMF nisbatida erish samaradorligi 66 % ga yetadi. Bu nisbati **amaliy optimal** deb baholash mumkin, chunki solvatsiya energiyasi PAN strukturasidagi –C≡N guruhlari atrofida barqaror solvatsiya qobig‘i hosil qilishga yetadi. Makromolekulalar dispersiyasi kuchayadi va eritma mexanik jihatdan ishlov berish uchun qulay bo‘ladi.

DMFni 120–140 g gacha oshirish eritish samaradorligini yaxshilamaydi. Erituvchi ortishi hisobiga eritma suyuladi, “Far PAN-S-MCP”–DMF o‘zaro ta’sir energiyasi nisbatan chastotasi kamayadi va molekulalararo solvatsiya suyuqlik fazasida “bo‘shliq” hosil qiladi. Natijada “Far PAN-S-MCP” ning bir qismi erituvchidan ajralgan holatda qoladi va samaradorlik pasayadi (64–61 %).

Dioksan bo‘yicha tahlil

“Far PAN-S-MCP”ning dioksandagi eruvchanligi (turli dioksan miqdorlari)

Tajriba №	**PAN (g)**	**Dioksan (g)**	**PAN : Dioksan**	**Erimagan PAN (g)**	**Erigan PAN (g)**	**Erish samaradorligi (%)**	**Yakuniy PAN kons. (mass. %)**
1	10.0	60	10 : 60	5.6	4.4	**44.0 %**	**7.33 %**
2	10.0	80	10 : 80	5.2	4.8	**48.0 %**	**6.0 %**
3 optimal	**10.0**	**100**	**10 : 100**	**4.80**	**5.20**	**52.0 %**	**5.20 %**
4	10.0	120	10 : 120	5.0	5.0	**50.0 %**	**4.17 %**
5	10.0	140	10 : 140	5.3	4.7	**47.0 %**	**3.36 %**

Dioksan aproton erituvchi bo‘lsa-da, polarligi past bo‘lgani sababli **“Far PAN-S-MCP”** zanjirlari bilan dipol–dipol o‘zaro ta’sir hosil qilish qobiliyati zaif. 60–80 g diapazonda **“Far PAN-S-MCP”** molekulalari zanjirlararo bog‘lanishni buzish uchun yetarli solvatsiya energiyasini ololmaydi. Shuning uchun erimagan PAN fraksiyasi yuqori (5,6–5,2 g), samaradorlik esa 44–48 % oralig‘ida qoladi.

10 : 100 nisbatda **“Far PAN-S-MCP”**–dioksan o‘zaro ta’siri maksimal ko‘rinishga ega bo‘lib, erish samaradorligi 52 % ga chiqadi. Bu dioksan uchun nisbatan eng yaxshi natija sanaladi. Ammo DMSO va DMF bilan taqqoslaganda

ISSN 3030-3907

dioksan **samarali erituvchi** emas — solvatsiya zonalari qisqa muddatli, molekulyar yoyilish cheklangan va polimer segmentlari to‘liq ajralmaydi.

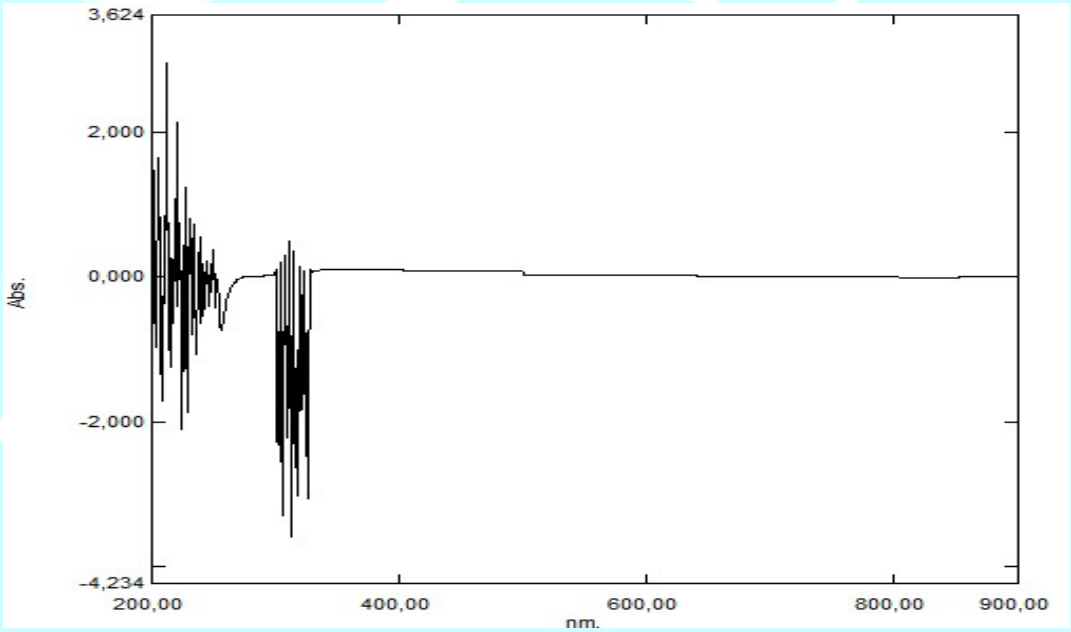
Dioksan miqdorining 120–140 g gacha ortishi erish samaradorligini oshirmaydi. Aksincha eritma suyuladi, “Far PAN-S-MCP” makromolekulalari solvent bilan bevosita aloqada bo‘lmagan bo‘sh faza yuzaga keladi, solvatsiya energiyasi pasayadi. Natijada erimagan “Far PAN-S-MCP” miqdori yana oshib, samaradorlik 50→47 % gacha kamayadi.

Umumiy xulosa

- **DMSO** “Far PAN-S-MCP”**ni eritishda eng samarali erituvchi** → Dipol momenti yuqori, solvatsiya qobig‘i barqaror.
- **DMF o‘rtacha samarali**, texnologik jarayonlar uchun mos.
- **Dioksan PAN uchun zaif erituvchi**, sof holda qo‘llash tavsiya etilmaydi.

UV–Vis spektr tahlili

Eritilgan “Far PAN-S-MCP” eritmasining UV–Vis spektri 200–900 nm oralig‘ida o‘lchandi. Spektrda:



200–400 nm oralig‘ida sezilarli absorbsiya mavjud. Bu PAN molekulasidagi elektron o‘tishlariga mos keladi.

400 nm dan yuqorida absorbsiya yo‘q. Bu eritma barqarorligini va polimer agregatsiyasining yo‘qligini bildiradi. Agar PAN agregatsiyasi kuchli bo‘lganida, 450–600 nm atrofida tarqalish (scattering) cho‘qqilari paydo bo‘lardi. Spektr chizig‘ining tekisligi polyar erituvchilar uchun xos — eritmada yorug‘lik yutilishi minimal, PAN molekulalari esa molekulyar darajada tarqalgan. Ushbu natijalar mass balansi bilan mos: eritilgan PAN erituvchida bir jinsli tarqoq holatda saqlanadi.

“Far PAN-S-MCP”eritish tajribalari uchun 10 g PAN miqdorida olindi. Har bir erituvchining massasi 100 g qilib belgilandi. Tajribalar 60–80 °C harorat

ISSN 3030-3907

oralig‘ida, kuchli aralashtirish ostida 2–3 soat davom ettirildi. Eritma filtrlandi va erimagan PAN massasi analitik tarozi yordamida aniqlandi. Eritish samaradorligi quyidagi formula orqali hisoblandi:

$$E(\%) = \frac{m_{boshlang‘ich} - m_{qoldiq}}{m_{boshlang‘ich}} \times 100$$

Yakuniy kontsentratsiya erigan PAN massasi / 100 g erituvchi nisbatida hisoblandi.

Natijalar

Tajribaviy o‘lchovlar PANning turli aproton polary erituvchilardagi eritilish ko‘rsatkichlari sezilarli darajada farqlanishini ko‘rsatdi.

- DMSOda 10 g PAN eritilganda, erimagan qoldiq massasi 2,9 g ni tashkil etdi. Eritish samaradorligi 70,8 %, yakuniy eritma kontsentratsiyasi ≈ 7,1 mass. **%** bo‘ldi.
- DMFda erimagan qoldiq 3,4 **g**ni tashkil etib, eritish samaradorligi **66 %**ni ko‘rsatdi. Yakuniy kontsentratsiya ≈ 6,6 mass. % bo‘ldi.
- Dioksanda erimagan PAN miqdori 4,8 **g**ni tashkil etdi. Eritish samaradorligi 52 % ga teng bo‘lib, yakuniy eritma kontsentratsiyasi ≈ 5,2 mass. % bo‘ldi.

Olingan ma’lumotlar asosida DMSO > DMF > dioksan tartibi PAN uchun sof erituvchi sifatida samaradorlikning kamayishini ko‘rsatadi.

Muhokama

PANning DMSO va DMFda yuqori eruvchanligi ushbu erituvchilarning kuchli polarligi, yuqori dipol momenti va nitril guruhlari bilan o‘zaro ta’sir qobiliyati bilan tushuntiriladi. DMSO molekulalari –C≡N guruhlari atrofida sezilarli solvatsiya qobig‘i hosil qiladi, natijada PAN makromolekulalari zanjirlararo vodorodsiz bog‘lanishlarni yengib chiqadi va eritma ichida barqaror disperslanadi. DMF PAN uchun kamroq, ammo yetarli solvatsiya muhitini yaratadi, shu sababli eruvchanlik bir oz pastroq bo‘ladi.

Dioksan molekulasi esa aproton bo‘lsada, qutbliligi past. Dipol momentining kichikligi PAN zanjirlari orasidagi ichki o‘zaro bog‘lanishlarni buzish uchun yetarli emas. Shu sababli zanjirlar tarqalishi sekin, solvatsiya cheklangan va qoldiq massasi yuqori. Bu PANning sof dioksanda eritilishi sanoat yoki laboratoriya darajasidagi samarali jarayon emasligini ko‘rsatadi.

Xulosa

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, “Far PAN-S-MCP”ning DMSOda erishi eng samarali bo‘lib, ~70,8 % qiymatga ega. DMFda eruvchanlik biroz past bo‘lib (~66 %), ammo qayta ishlash va ishlov berish jarayonlari uchun yetarli. Dioksanda erish samaradorligi sezilarli darajada past (~52 %), bu solventning PAN molekulalari bilan dipol–dipol ta’sirining zaifligi bilan bog‘liq. Demak, PAN uchun asosiy

ISSN 3030-3907

erituvchi sifatida DMSO, alternativ sifatida DMF, dioksan esa asosan yordamchi yoki aralash erituvchi sifatida ko‘rib chiqilishi maqsadga muvofiq.

Takliflar

“Far PAN-S-MCP” eritma jarayonlarida optimal erituvchi sifatida DMSO yoki DMFdan foydalanish tavsiya etiladi, chunki ularning solvatsiya qobiliyati yuqori va eritish jarayoni barqaror kechadi.

Dioksan sof eritma olish uchun mos emas, ammo reologik xususiyatlarni boshqarish, viskozlikni kamaytirish yoki aralash eritma tizimlarida DMSO/dioksan va DMF/dioksan ishlatilishi mumkin.

Eritish jarayonini 60–80 °C diapazonida olib borish PAN zanjir mobilizatsiyasini oshiradi va solvatsiya tezligini ko‘paytiradi.

Aralashtirish tezligini oshirish va filtrlash bosqichlarini optimallashtirish eritma bir xilligi va tajriba takrorlanishini ta’minlaydi.

Keyingi tadqiqotlarda eritma reologiyasi, “Far PAN-S-MCP” molekulyar massasi va erituvchi kombinatsiyalarining ta’siri o‘rganilishi “Far PAN-S-MCP”ni sanoat miqyosida ishlatish samaradorligini oshirishi mumkin.

FOYDALANLGAN ADABIYOTLAR.

1. **Turdialiyev A.S.** *Polimer materiallar kimyosi va texnologiyasi.* — Toshkent: O‘zbekiston Milliy universiteti nashriyoti, **2018.** — 412 b.
2. **Yusupov B.A.** *Polimerlar fizikasi va kimyosi.* — Toshkent: Fan, **2010.** — 368 b.
3. **Jo‘raev M.Yu.** *Poliakrilonitril asosidagi tolalarni olish texnologiyasi.* — Toshkent: Fan va texnologiya, **2016**. — 196 b.
4. **Xudoyberdiyev H.K.** *Sintetik polimer eritmalarini tayyorlash va eritish jarayoni.* — Toshkent: Oliy ta’lim nashriyoti, **2020.** — 224 b.
5. **Abdullayev D.A.** *Sintetik tolalar fizik-kimyoviy asoslari.* — Toshkent: “Universitet”, **2017**. — 240 b.
6. **Karimov U.Y., Qodirov M.** *Kimyoviy materialshunoslik: polimer strukturalari.* — Toshkent: Fan, **2019.** — 275 b.
7. **Chung T. C.** Functionalization of Polyacrylonitrile for Carbon Fiber Manufacturing.
— *Progress in Polymer Science.* — **2014.** — Vol. 39(3). — pp. 605–648.
8. **Solomon G. L., Haynes J., Carter R.** Diffusion and Dissolution Mechanisms of PAN in Aprotic Solvents.— *Journal of Applied Polymer Science.* — **2005**. — Vol. 98. — pp. 2514–2524.
9. **Fong H., Reneker D. H.** Electrospinning and the Formation of Nanofibers. — *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry.* — **2001.** — Vol. 35. — pp. 2191–2199.

ISSN 3030-3907

10. **Baji A., Wong S.C.** Mechanical properties of PAN-based nanofibers. — *Materials Science and Engineering: A.* — **2012**. — Vol. 528. — pp. 162–171.
11. **Liu Y., Zhou H., Li S.** Dissolution behavior of polyacrylonitrile in DMSO and DMF solvent systems. — *Polymer Bulletin.* — **2020.** — Vol. 77. — pp. 3127–3142.
12. **J. Zhang, K. Hu.** Solvent–polymer interaction parameters of PAN solutions. — *Macromolecular Research.* — **2018**. — Vol. 26(5). — pp. 423–430.

ISSN 3030-3907