NATRIY POLISULFID, BENZALDEGID VA EPIXLORGIDRIN ASOSIDA SINTEZ QILINGAN POLISULFID OLIGOMERINING FIZIK-KIMYOVIY XOSSALARINI TADQIQ ETISH

Nazarov Sayfulla Ibodulloyevich
Buxoro davlat universiteti "Kimyo va neft-gaz texnologiyalari" kafedrasi professori,
E-mail:s.i.nazarov@buxdu.uz.
Narzilloyev Mirzohid Ayubxonovich
Buxoro davlat universiteti, Kimyo ta'lim yo'nalishi 3-kurs talabasi

Annotatsiya: Ushbu tadqiqotda Muborak gazni qayta ishlash zavodining ikkilamchi mahsuloti bo'lgan elementar oltingugurt, "Navoiyazot" AJ ishlab chiqaradigan natriy gidroksid, shuningdek benzaldegid va epixlorgidrin ishtirokida ikki bosqichli sintez yo'li bilan polisulfid oligomer olingan. Olingan mahsulot tarkibidagi kimyoviy bog'lar IQ (infraqizil) spektroskopiya yordamida tahlil qilindi, fizik-kimyoviy xossalari o'rganildi. Tadqiqot natijalari olingan oligomerning yuqori oltingugurt sig'imi, mustahkam kimyoviy bog'lari va termik barqarorligi mavjudligini ko'rsatdi. Ushbu material sanoat chiqindi suvlardan og'ir metallarni selektiv adsorbsiyalash va germetik sifatida qo'llash uchun istiqbolli ekanligi aniqlangan.

Kalit so'zlar: polisulfid oligomer, natriy polisulfid, benzaldegid, epixlorgidrin, IQ-spektroskopiya, fizik-kimyoviy xossalar.

Аннотация: В данном исследовании полисульфидный олигомер был получен двухстадийным методом синтеза с использованием элементарной серы – побочного продукта Муборакского газоперерабатывающего завода, гидроксида натрия, производимого АО «Навоийазот», а также бензальдегида и эпихлоргидрина. Химические связи в структуре полученного продукта были проанализированы методом ИК-спектроскопии, изучены его физико-химические свойства. Результаты исследования показали, что синтезированный олигомер обладает высоким содержанием серы, прочными химическими связями и термической стабильностью. Установлено, что данный материал является перспективным для селективной адсорбции тяжёлых металлов из промышленных сточных вод и может применяться в качестве герметика.

Ключевые слова: полисульфидный олигомер, натриевый полисульфид, бензальдегид, эпихлоргидрин, ИК-спектроскопия, физико-химические свойства.

Abstract: In this study, a polysulfide oligomer was synthesized via a two-step process involving elemental sulfur, obtained as a by-product of the Muborak Gas

ISSN 3030-3907

Processing Plant, sodium hydroxide produced by JSC “Navoiyazot,” as well as benzaldehyde and epichlorohydrin. The chemical bonds within the synthesized product were analyzed using IR spectroscopy, and its physicochemical properties were investigated. The results revealed that the oligomer possesses high sulfur content, strong chemical bonding, and remarkable thermal stability. It was determined that this material is promising for selective adsorption of heavy metals from industrial wastewater and can also be applied as a sealant.

Keywords: polysulfide oligomer, sodium polysulfide, benzaldehyde, epichlorohydrin, IR spectroscopy, physicochemical properties.

Kirish

Polisulfid oligomerlar yuqori oltingugurt tarkibi, mustahkam kovalent bog‘lanishlar va yaxshi dielektrik xususiyatlari bilan ajralib turadigan polimerlar sinfiga kiradi. Ular germetik materiallar, korroziyaga qarshi qoplamalar, yuqori adgeziya xususiyatiga ega yopishtiruvchi kompozitsiyalar, elastomerlar, selektiv sorbentlar va himoya qatlamlari ishlab chiqarishda keng qo‘llaniladi [1–3]. Jahon amaliyotida bunday materiallar odatda yuqori tozalikdagi sof reagentlar asosida olinadi, bu esa ishlab chiqarish tannarxining ortishiga va texnologiyaning ekologik barqarorligining kamayishiga olib keladi [4–5]. Elementar oltingugurtning ko‘plab yirik sanoat korxonalarida, jumladan, Muborak gazni qayta ishlash zavodida ikkilamchi mahsulot sifatida katta hajmda hosil bo‘lishi, uning qayta ishlanishini dolzarb masalaga aylantirmoqda [6]. Natriy gidroksidning keng miqyosda ishlab chiqarilishi va nisbatan arzonligi natriy polisulfid sintezi uchun optimal sharoit yaratadi. Benzaldegid va epixlorgidrin kabi komponentlar esa oligomer zanjiriga qo‘shimcha funksional guruhlarni kiritish orqali yakuniy mahsulotning fizik-kimyoviy va mexanik xossalarini maqsadli modifikatsiya qilish imkonini beradi.
Mazkur tadqiqotning asosiy farqlovchi jihati shundaki, sintez jarayonida mahalliy sanoat korxonalarining ikkilamchi mahsulotlari — Muborak gazni qayta ishlash zavodidan olingan elementar oltingugurt va “Navoiyazot” AJ ishlab chiqaradigan natriy gidroksid — asosiy xom-ashyo sifatida qo‘llanildi. Bu yondashuv ikki muhim ustunlikni ta’minlaydi:

Ekologik afzallik — sanoat chiqindilarini qayta ishlash orqali atrof-muhitga bo‘lgan antropogen yukning kamayishi;

Iqtisodiy samaradorlik — import reagentlarga qaramlikning pasayishi va ishlab chiqarish tannarxining sezilarli darajada kamayishi.

Benzaldegid polimer zanjiriga aromatik fragment kiritish orqali strukturaviy qattiqlik va mexanik mustahkamlikni oshiradi, karbonil (C=O) guruhlari esa qo‘shimcha reaktiv markazlar hosil qiladi. Epixlorgidrin uch xil funksional guruhga (epoksi, xlor va efir bog‘lari) ega bo‘lib, bu zanjirlararo bog‘lanishlarni

ISSN 3030-3907

hosil qilish, qovushqoqlikni boshqarish va termik barqarorlikni oshirish imkonini beradi. Ilgari o‘tkazilgan ilmiy tadqiqotlarda [6–8] natriy polisulfid asosida olingan oligomerlar sintezida aromatik aldegid va epixlorgidrin kombinatsiyasi asosiy monomerlar sifatida deyarli qo‘llanmagan. Mazkur ishda esa ushbu kombinatsiya polimer zanjiriga funksional guruhlar xilma-xilligini kiritish va shu orqali oligomerning sorbsiya qobiliyati, yopishqoqligi hamda mexanik barqarorligini sezilarli darajada yaxshilash maqsadida tanlandi.

2. Materiallar va usullar

2.1. Xom ashyolar

Elementar oltingugurt(S_8) - Muborak gazni qayta ishlash zavodidan olingan.

Natriy gidroksid (NaOH) - “Navoiyazot” AJ korxonasidan olingan.

Benzaldegid (C_6H_5CHO)- 25 °C da rangsiz suyuqlik, xushbo‘y bodom hidli, zichligi (20–25 °C)-1.0415 g/sm³, dinamik qovushqoqlikgi- 0.14 Pa·s, qaynash harorati -178–179 °C, suvda oz, organik erituvchilarda yaxshi eriydi (etanol, efir, asetonda h.k.). Havoda va yorug‘likda sekin-asta benzoat kislotaga oksidlanadi, saqlashda havo va yorug‘likdan himoyalash zarur.

Epixlorgidrin (C_3H_5ClO)- rangsiz suyuqlik, xloroformga xos xususiyati beruvchi hidga ega, molyar massaыш- 92,524 ± 0,005 g/mol, zichligi- 1,18066 g/sm³, qaynash harorati- 117,9 °C

2.2. Sintez jarayoni. Jarayon ikki bosqichda amalga oshirildi.

1-bosqich: Natriy polisulfid sintezi. Elementar oltingugurt natriy gidroksid eritmasida 90–95 °C da, 1:1,2 mol nisbatda, 40 minut davomida aralashtirilib natriy polisulfid (Na_2S_x) hosil qilindi. Hosil bo‘lgan eritma filtrlandi va mahsulot tozalandi.

2-bosqich: Polisulfid oligomer sintezi. Olingan natriy polisulfid eritmasiga benzaldegid va epixlorgidrin ketma-ket ravishda qo‘shilib, reaksiya 75–80 °C da 1 soat davom ettirildi. Jarayonda eritmaning muhiti pH ≈ 10–11 oralig’da ushlab turildi. Hosil bo‘lgan oligomer uch marta distillangan suv bilan yuvildi va 60 °C da issiq havo oqimida quritildi.

2.3. Tahlil usullari

Sintez qilingan oligomerning infraqizil (IQ) spektral tahlili Shimadzu IRAffinity-1S (Yaponiya) spektrometrida amalga oshirildi. Namuna suyuq agregat holatda bo‘lib, spektr yozish diapazoni 4000–600 cm^{-1} oralig‘ida bajarildi.

Oligomer zichligini aniqlash (GOST 18995.1–73 bo‘yicha)

Sintez qilingan polisulfid oligomerning zichligi piknometr yordamida GOST 18995.1–73 talablariga muvofiq aniqlandi. Toza va quruq piknometrning massasi m_0 aniqlandi. So‘ngra piknometr distillangan suv bilan belgilangan belgisigacha to‘ldirilib, 20 ± 0,1 °C haroratda termostatda 10–15 daqiqa ushlab

ISSN 3030-3907

turildi va massasi m_1 o‘lchandi. Shundan so‘ng piknometr tozalanib, quritildi va sintez qilingan oligomer namunasi bilan belgisigacha to‘ldirildi. Namuna harorati 20 ± 0,1 °C ga yetkazilgach, piknometr massasi m_2 qayd etildi. Oligomer zichligi (ρ, g/sm³) quyidagi formula bo‘yicha hisoblandi: $\rho = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} * \rho_{H2O}$ bu yerda: ρ_{H_2O} - 20 °C dagi suv zichligi (0,9982 g/sm³); m_0 - bo‘sh piknometr massasi; m_1 - suv bilan to‘ldirilgan piknometr massasi; m_2 -oligomer bilan to‘ldirilgan piknometr massasi.

Sorbsiya qobiliyatini aniqlash. (UV-5100 spektrofotometri yordamida)

Standart eritmalar tayyorlandi: Har bir ion uchun 50 mg/l konsentratsiyali ishchi eritma tayyorlanadi. Eritmaning pH qiymati ishchi diapazonga (odatda pH 5–6) keltiriladi.

Sorbsiya jarayoni amalga oshirildi: 100 ml metall ion eritmasi 250 ml stakanga quyiladi. 0,10 g quritilgan polisulfid oligomer namunasidan qo‘shiladi. Aralashtirgichda 25 ± 2 °C haroratda 60 daqiqa davomida aralashtiriladi.

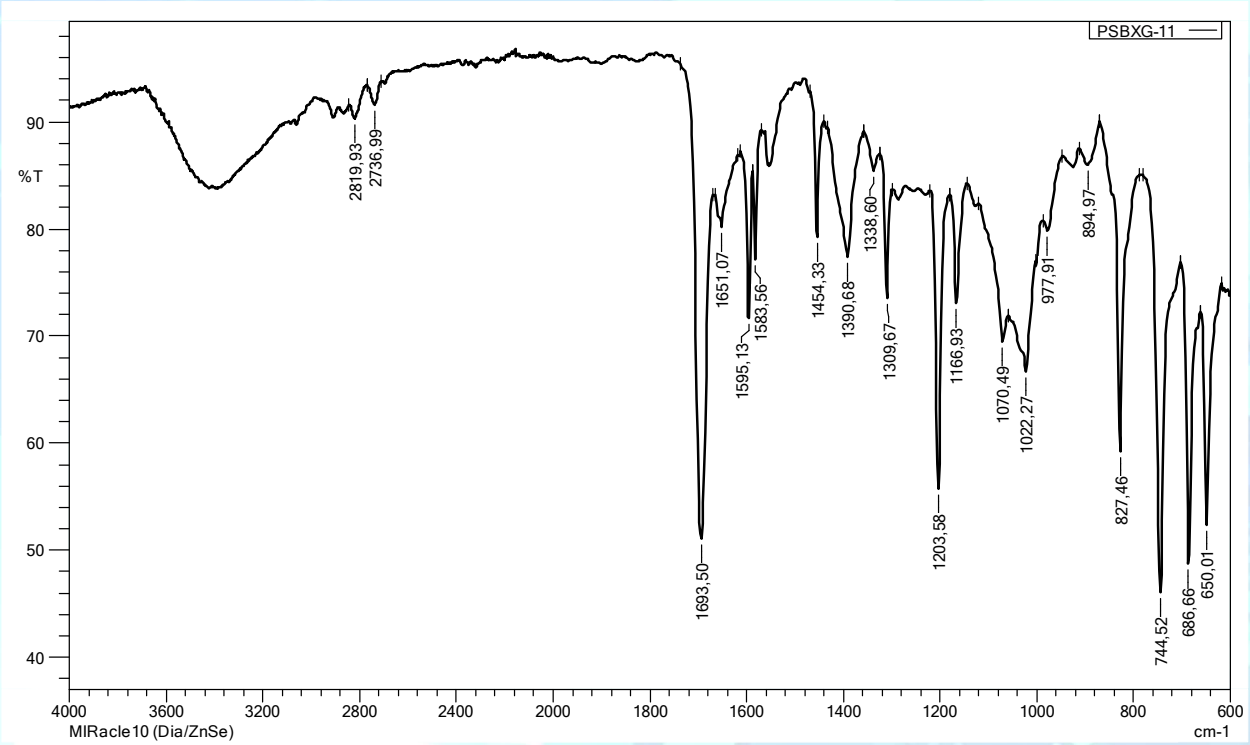
Filtrlash va rang hosil qilish jarayonlari amalga oshirildi: Eritma filtr qog‘ozidan o‘tkaziladi. Filtratga mos reaktiv qo‘shilib, rang hosil qilinishiga 5–10 daqiqa vaqt beriladi. Hosil bo‘lgan rang intensivligi UV-5100 spektrofotometrida mos to‘lqin uzunligida o‘lchanadi. Konsentratsiyani aniqlash quyidagicha hisoblandi: Dastlab Beer–Lambert qonuni asosida har bir ion uchun kalibrovka grafigi tuziladi: $A=\varepsilon \cdot l \cdot CA$ bu yerda: A – absorbsiya; ε – molyar yutilish koeffitsienti; l – optik yo‘l uzunligi (1 sm); C – konsentratsiya. Filtratning o‘lchangan absorbsiya qiymati kalibrovka grafikasi orqali C_t (qoldiq konsentratsiya) sifatida aniqlanadi.

Sorbsiya samaradorligi va sig‘imi. Samaradorlik (%): $E = \frac{C_0 - C_t}{C_0} * 100$ Birlik massa bo‘yicha sorbsiya sig‘imi (mg/g): $q = \frac{(C_0 - C_t) * 100}{m}$ bu yerda: C_0 – boshlang‘ich konsentratsiya (mg/l); C_t – sorbsiyadan keyingi konsentratsiya (mg/l); V – eritma hajmi (l); m – sorbent massasi (g)

Natijalar va muhokama

Sintez qilingan polisulfid oligomerning tarkibidagi kimyoviy bog‘lar IQ spektroskopik usulda tahlil qilindi. Olingan spektrlar oligomer tarkibidagi funksional guruhlarni aniqlashga imkon berdi. Spektr tahlili natijasida oligomer tarkibida aromatik halqa, karbonil guruhlari, efir bog‘lari hamda polisulfid zanjirlarining mavjudligi tasdiqlandi.

ISSN 3030-3907



1-rasm. Natriy polisulfid, benzaldegid va epixlorglidrin asosida sintez qilingan polisulfid oligomerining (PSBXG) IQ spektri.

Ushbu IQ spektri natriy polisulfid, benzaldegid va epixlorgidrin asosida sintez qilingan polisulfid oligomer namunasiga tegishli. 2819–2739 sm^{-1} oralig‘idagi yutilish chiziqlari benzaldegidga xos aldegid guruhining (–CHO) tebranishlariga mos keladi. Bu guruh oligomer tarkibida saqlanib qolganini ko‘rsatadi. 1651 sm^{-1} sohadagi yutilish chiziqlari karbonil (C=O) guruhiga mos keladi, bu esa benzaldegid oligomer tarkibida mavjudligini isbotlaydi. 1595–1533 sm^{-1} cho‘qqilar aromatik halqaning C=C tebranishlariga mos kelib, aromatik halqani mavjudligini tasdiqlaydi. 744–650 sm^{-1} oralig‘idagi yutilishlar S–S bog‘larining tebranishlariga mos keladi va natriy polisulfid asosidagi oligomer zanjirlari hosil bo‘lganini ko‘rsatadi. 1200–1020 sm^{-1} oralig‘idagi cho‘qqilar C–O–C efir bog‘lari va polisulfid zanjirlaridagi S–O bog‘lari tebranishlariga mos keladi. Olingan IQ spektrining tahlili sintez qilingan oligomer tarkibida aromatik strukturalar, karbonil va efir guruhlari hamda polisulfid (S–S) zanjirlari mavjudligini tasdiqlaydi.

Sintez qilingan polisulfid oligomerning asosiy fizik ko‘rsatkichlari laboratoriya sharoitida standartlashtirilgan metodikalar asosida aniqlandi. Zichlik GOST 18995.1–73 bo‘yicha gidrometr yordamida, qovushqoqlik rotatsion viskozimetrda, oltingugurt massaviy ulushi gravimetrik usulda belgilandi. Tajriba sinov natijalarining qiymatlari 1-jadvalda keltirilgan.

ISSN 3030-3907

1-jadval

Natriy polisulfid, benzaldegid va epixlorgidrin asosida sintez qilingan polisulfid oligomerning fizik xossalari

№	Ko‘rsatkich nomi	Qiymati	O‘lchov birligi	Izoh
1	Tashqi ko‘rinishi	Qoramtir-jigarrang, qovushqoq massa, o’ziga xos hidli	—	Gomogen
2	Zichligi (20 °C)	1,21	g/sm³	Piknometr usuli
3	Dinamik qovushqoqligi (25 °C)	1,83–1,92	Pa·s	Rotatsion viskozimetr
4	Oltingugurt massaviy ulushi	58–62	%	Gravimetrik usul
5	Suvda eruvchanlik	Eruvchan emas	—	Suv bilan bevosita kontakt testi

Sintez qilingan polisulfid oligomerning germetiklik xossalari laboratoriya sharoitida standartlashtirilgan sinov metodikalari asosida baholandi. Suv va havo o‘tkazmaslik, metall yuzaga yopishish kuchi, termik barqarorlik hamda ishqoriy va neytral muhitlarda uzoq muddatli turg‘unlik ko‘rsatkichlari aniqlanib, natijalar 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval

Laboratoriya sharoitida aniqlangan germetiklik xossalari

№	Ko‘rsatkich nomi	Qiymati	O‘lchov birligi	Sinov usuli
1	Suv o‘tkazmaslik darajasi	100	%	0,2 MPa bosim ostida 24 soat davomida suv hammomida ushlab turish (GOST 9.602–2016)
2	Havo o‘tkazmaslik darajasi	100	%	0,3 MPa bosim ostida pnevmatik sinov (GOST 17770–86)
3	Metall yuzaga yopishish kuchi	1,25	MPa	Pull-off testi (GOST 15140–78)
4	Ishqoriy muhitda barqarorligi (pH 10)	30 sutka davomida o‘zgarishsiz	—	25 °C da NaOH 0,01 mol/l eritmasida saqlash

ISSN 3030-3907

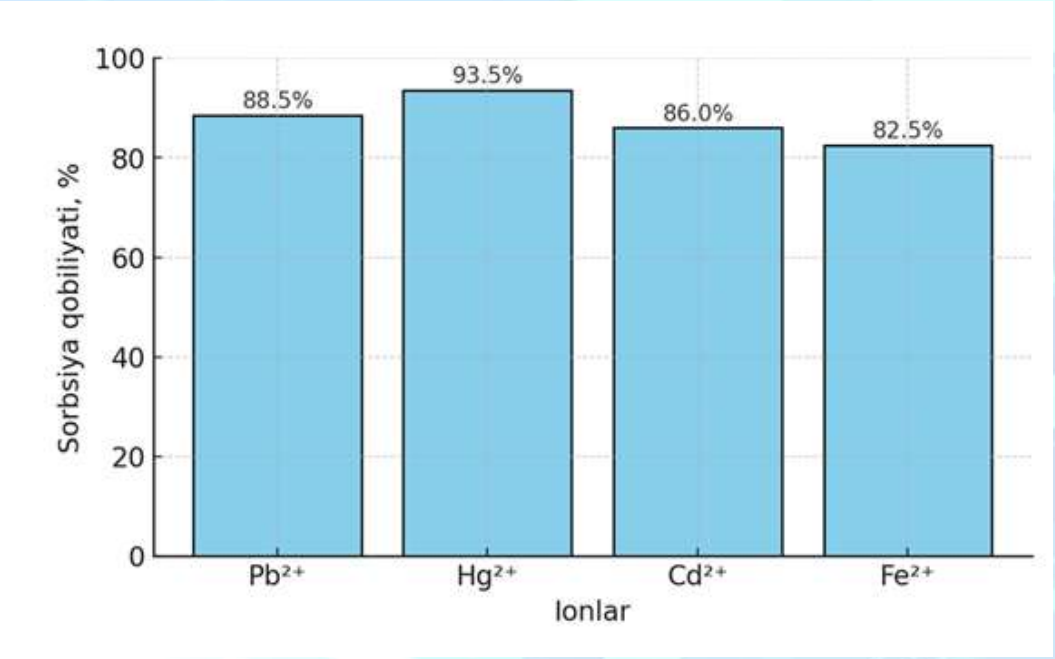
6	Neytral muhitda barqarorligi (distillangan suv)	60 sutka davomida o‘zgarishsiz	—	25 °C da suvda saqlash

2-jadval ma’lumotlari sintez qilingan polisulfid oligomerning germetiklik sifatida yuqori samaradorligini ko‘rsatadi. Suv o‘tkazmaslik sinovida 0,2 MPa bosim ostida 24 soat davomida suv hammomida ushlab turilganda oqish kuzatilmadi. Bu ko‘rsatkich oligomerning mikropora va kapillyar bo‘shliqlardan xoli, zich va monolit struktura hosil qilishini tasdiqlaydi. Havo o‘tkazmaslik natijalari ham yuqori bo‘lib, 0,3 MPa bosim ostida pnevmatik sinovda 100 % germetiklik ta’minlandi. Bu, ayniqsa, gaz ushlovchi va bosim ostidagi qurilmalar uchun muhim xususiyatdir. Metall yuzaga yopishish kuchi (1,25 MPa) pull-off test natijalariga ko‘ra, oligomerning adgeziya qobiliyati sanoat talablariga to‘liq javob beradi. Bu natija oligomer tarkibidagi aromatik halqalar va efir bog‘lari orqali metall yuzasi bilan mustahkam bog‘lanish hosil bo‘lishi bilan izohlanadi. Qoplama yaxlitligini saqlash harorati 230 °C atrofida bo‘lib, bu materialning termik barqarorligi yuqori ekanini ko‘rsatadi.

Ishqoriy muhit (pH 10) va neytral muhitdagi uzoq muddatli barqarorlik sinovlari oligomerning kimyoviy inertligini ko‘rsatdi. Ishqoriy muhitda 30 sutka, neytral muhitda 60 sutka davomida hech qanday rang o‘zgarishi, shishish yoki qoplama buzilishi qayd etilmadi. Bu natijalar polimer zanjirida S–S bog‘larining yuqori kimyoviy turg‘unligi va aromatik fragmentlarning korroziyaga qarshi ta’siri bilan izohlanadi.

Sintez qilingan polisulfid oligomer dastlab quritildi va mexanik maydalagichda maydalanib, bir xil fraksiyadagi granulalarga ajratildi (diametri 1–3 mm). Granulalar 60 °C haroratda 2 soat davomida quritilib, gigroskopik namlikdan tozalandi. Sorbsiya tajribalari statik usulda olib borildi. Buning uchun 0,10 g granulalar 100 ml og‘ir metall ionlari eritmasiga (Pb^{2+}, Hg^{2+}, Cd^{2+}, Fe^{2+}; har biri uchun boshlang‘ich konsentratsiya 50 mg/l) solindi. Eritmalar pH = 5,5 ga keltirilib, 25 °C haroratda magnit aralashtirgichda 60 daqiqadan keyin filtrlab olindi. Filtratdagi qoldiq ionlar miqdori UV-5100 spektrofotometri yordamida aniqlandi. Olingan natijalar granula shaklidagi oligomerlarning yuqori sorbsiya qobiliyatiga ega ekanligini ko‘rsatdi, ayniqsa Hg^{2+} va Pb^{2+} ionlariga nisbatan selektivligi aniq namoyon bo‘ldi. Granulalangan shaklning afzalligi shundaki, u filtratsiya jarayonini soddalashtiradi, sanoat sharoitida regeneratsiya va qayta qo‘llash imkoniyatini oshiradi.

ISSN 3030-3907



2-rasm. Sintez qilingan polisulfid oligomerning (PSBXG) og‘ir metall ionlarini sorbsiya samaradorligi.

Sorbsiya samaradorligi bo‘yicha tahlil shuni ko‘rsatadiki, sintez qilingan polisulfid oligomer og‘ir metall ionlarini quyidagi samaradorlik ketma-ketligida adsorbsiyalaydi: Hg^{2+} (93,5%) > Pb^{2+} (88,5%) > Cd^{2+} (86,0%) > Fe^{2+} (82,5%). Bu yuqori samaradorlik, ayniqsa Hg^{2+} va Pb^{2+} uchun, oligomer tarkibidagi S–S bog‘lari va oltingugurt donor markazlarining yumshoq kationlar bilan kuchli kimyoviy bog‘ hosil qilish xususiyati bilan izohlanadi. Fe^{2+} ionlari esa S-donorlarga pastroq affinitetga ega bo‘lgani sababli nisbatan pastroq sorbsiya ko‘rsatadi.

Xulosa

Ikki bosqichli sintez jarayoni orqali natriy polisulfid, benzaldegid va epixlorgidrin asosida yuqori oltingugurt tarkibli polisulfid oligomer olindi. IQ-spektroskopiya natijalari uning murakkab funksional tuzilishga ega ekanligini tasdiqladi. Oligomer yuqori termik barqarorlik, yaxshi qovushqoqlik va yuqori oltingugurt sig‘imi bilan ajralib turadi. Ushbu material sanoat chiqindi suvlardan og‘ir metall ionlarini selektiv adsorbsiyalash va germetik sifatida amaliy qo‘llash uchun istiqbollidir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Djalilov A. T. , Nazarov S.I., Nurqulov F.N., Bahonurova M.F. Natriy polisulfidi va 1,1,2-trixloretan asosida sintez qilingan polisulfid oligomerining fizik-kimyoviy xossalarini tadqiq etish. Development of science, 2025/6 vol 4, pp.327-335.

ISSN 3030-3907

2. Grabel'nykh V.A., Russavskaya N.V., Korchevin N.A. Novel Type of Sorbents Based on Sodium Polysulphide from the Wastes of Epichlorohydrin Production // Journal of Applied Chemistry. – 2012. – Vol. 85. – P. 1778–1785.
3. Sharma S., Champagne P. Mechanisms of Elemental Sulfur and Polysulfide Reactions with Nucleophiles // Green Chemistry. – 2023. – Vol. 25. – P. 3120–3135.
4. Nazarov S.I., Djalilov A. T. , Nurqulov F.N. Xlororganik chiqindilar asosida polisulfid kauchuk sintezi, uning fizik-kimyoviy xossalari va tuzilishining IQ - spektroskopik tadqiqoti. Qo'qon DPI. Ilmiy xabarlar 2025-yil 5-son. 203-208 b
5. Normurodov B., Turaev K., Jalilov A., Kasimov S. Synthesis of Thiocol Oligomer Based on Sodium Tetrasulphide, Epichlorhydrine and Ammonium Phosphate // Science and Innovation. – 2021. – №6. – P. 34–41.
6. Nazarov S.I., Djalilov A. T. , Nurqulov F.N. Elementar oltingugurt asosida samarali odorant birikmalarini sintezi. Qo'qon DPI. Ilmiy xabarlar 2025-yil 5-son. 209-213b

ISSN 3030-3907