

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIIY TA'LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI

FARG'ONA DAVLAT UNIVERSITETI

**FarDU.
ILMIY
XABARLAR**

1995-yildan nashr etiladi
Yilda 6 marta chiqadi

2-2025
TABIY FANLAR

**НАУЧНЫЙ
ВЕСТНИК.
ФерГУ**

Издаётся с 1995 года
Выходит 6 раз в год

I.R.Asqarov, O.Sh.Abdulloev, Q.Q.Otaxonov, Z.N.Razzaqov Analysis of the content of water-soluble vitamins in the food supplement AS-RAZZOQ	6
S.M.Ikramova, D.N.Shaxidova, H.G'.Qurbonov, D.A.Gafurova Nikel ionlarini sorbsiyalash uchun yangi ion almashuvchi materialning ishlatilishi	12
N.M.Qoraboyeva, D.A.Gafurova, B.T.Orziqulov, H.G'.Qurbonov Polikompleksonning olinishi va fizik-kimyoviy xossalari	18
M.A.Axmadaliyev, N.M.Yakubova, I.R.Xasanboyev α, β –To'yinmagan ketonlarni olish	25
A.X.Xaydarov, O.M.Nazarov, X.N.Saminov Olma o'simligi barglari efir moylarining kimyoviy tarkibini o'rganish	30
M.N.Po'latova, S.Y.Xushvaqto'v, D.J.Bekchanov, Tarkibida amino va karboksil guruh tutgan polikompleksonlarning olinishi va xossalar (sharhiy maqola)	36
D.A.Eshkursunov, A.Inxonova, D.J.Bekchanov, M.G.Muxamediyev Magnit xossali polimer nanokompoziti yordamida farmatsevtika chiqindi suvlaridagi paratsetamolning fotokatalitik degradatsiyasi	43
Y.S.Fayzullayev, D.J.Bekchanov, M.G.Muxamediyev, M.R.Murtozaqulov, X.U.Usmonova Tarkibida amino va fosfon guruh saqlagan yangi avlod ion almashuvchi material olish	53
V.U.Xo'jayev S.S.Omonova O'zbekistonda keng tarqalgan <i>Heliotropium</i> turkumiga mansub ba'zi o'simliklarning element tarkibini tadqiq qilish	56
SH.A.Mamajonov, N.B.Odilxo'jazoda, S.S.G'ulomova <i>Liridendron tulipifera</i> L. o'simligining alkaloid tarkibini o'rganish	63
D.G'.Urmonov, M.M.Axadjonov <i>Limonium otolepis</i> ildiz po'stlog'idagi kondensirlangan tanninlarning miqdoriy va spektroskopik tahlili	66
N.M.Yuldasheva, B.J.Komilov K.A.Eshbakova, SH.A.Sulaymonov, B.D.Mamarasulov <i>Inula rhizocephala</i> gul qismi efir moyining kimyoviy tarkibi va mikroblarga qarshi faolligi	70
A.M.No'monov, S.R.Mirsalimova, A.B.Abdikamalova, D.A.Ergashev Log'on bentonitini boyitish va uni modifikatsiyalab olingan organobentonitlarni skanerlovchi elektron mikroskop yordamida tahlil qilish	76
M.Sh.Muxtorova, V.U.Xo'jayev, U.V.Muqimjonova <i>Lonicera nummularifolia</i> o'simligi bargi, ildizi va poyasi tarkibidagi aminokislotalar tahlili	83
Z.M.Chalaboyeva, M.J.Jalilov, S.R.Razzoqova, Sh.A.Kadirova, Sh.Sh.Turg'unboyev N-(1h-1,2,4-triazol-II) asetamidni rux (II) xlorid bilan kompleks birikmasining sintezi va tadqiqoti ..	88
D.A.Eshkursunov, I.I.Abduljalilov, D.J.Bekchanov, A.T.Xasanov Ppe-1/Nio nanozarrachalari orqali asetamidrid (pestitsid)ning fotokatalitik parchalanishi	94
I.R.Askarov, Ch.S.Abdujabborova Analysis of the biological activity of the food additive "As lupinus"	100
X.X.Usmonova, M.G.Muxamediev AN-31 Anion almashuvchi materialga Cu(II) ionlari sorbsiyasi	104
I.I.Abduljalilov, D.A.Eshkursunov, D.J.Bekchanov, M.G.Muxamediyev Metal oksid zarrachalarini saqlagan funksional polimer kompleksining olinishi va uning spektroskopik tahlili	109
I.R.Askarov, M.M.Khojimatov, D.S.Khojimatova Methods for determining the acute poisoning and cumulative properties of a natural remedy "As-Sultan"	115
F.X.Bo'riyev, E.M.Ziyadullayev, G.Q.Otamuxamedova, F.Z.Qo'shboqov, O.E.Ziyadullayev Atsetilen spirtlarining oksidlanish jarayonlariga katalizatorlar ta'siri	120

M.A.Masodikova, G.M.Zokirova, I.I.Zokirov First recorded geographical distribution and biology of <i>Euproctis chrysorrhoea</i> (Lepidoptera: Erebidae) in the Fergana valley, Uzbekistan	127
--	-----



UO'K 541. 64: 678. 745. 547. 235

**NIKEL IONLARINI SORBSIYALASH UCHUN YANGI ION ALMASHUVCHI
MATERIALNING ISHLATILISHI****ПРИМЕНЕНИЕ НОВОГО ИОНООБМЕННОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ СОРБЦИИ ИОНОВ
НИКЕЛЯ****APPLICATION OF NEW ION-EXCHANGE MATERIAL FOR SORPTION OF NICKEL
IONS****Ikramova Sadoqat Muhammadjon qizi¹** ¹Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy universiteti, tayanch doktoranti**Shaxidova Dilbar Nematovna²** ²Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy universiteti, PhD, dotsent**Qurbonov Hakimxon G'olibovich³** ³Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy universiteti, PhD**Gafurova Dilfuza Anvarovna⁴** ⁴Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy universiteti, k.f.d., professor**Annotatsiya**

Maqolada yangi PPM-1 ion almashinuvchi materialni ishlatilish sohasini aniqlash maqsadida uning fizik-kimyoviy xossalari o'rganilgan. IQ-spektrlarini va potentsiometrik titrlash usullari orqali PPM-1 sorbentini funksional guruhlarning tabiati tahlil qilingan. Statik sharoitlarda PPM-1 sorbentiga nikel ionlarining yutilishining kinetikasi o'rganilgan.

Аннотация

В статье исследованы физико-химические свойства нового ионообменного материала ППМ-1 с целью определения областей его применения. Природу функциональных групп сорбента ППМ-1 анализировали с помощью ИК-спектров и методом потенциометрического титрования. Изучена кинетика адсорбции ионов никеля на сорбенте ППМ-1 в статических условиях.

Abstract

The article studies the physicochemical properties of the new ion-exchange material PPM-1 in order to determine its application areas. The nature of the functional groups of the PPM-1 sorbent was analyzed using IR spectra and potentiometric titration. The kinetics of nickel ion adsorption on the PPM-1 sorbent under static conditions was studied.

Kalit so'zlar: poliakrilonitril (PAN), polietilenpoliamin (PEPA), PPA-1 (poliakrilonitrilni PEPA bilan modifikatsiya qilib olingan sorbent), PPM-1 (poliakrilonitrilni monoxlorosirkakislota bilan modifikatsiya qilib olingan sorbent), polikomplekson, nikel ionlari, sorbsiya, anionit, poliamfolit.

Ключевые слова: полиакрилонитрил (ПАН), полиэтиленполиамин (ПЭПА), ППА-1 (сорбент, полученный модификацией полиакрилонитрила ПЭПА), ППМ-1 (сорбент, полученный модификацией полиакрилонитрила монохлоруксусной кислотой), поликомплексон, ионы никеля, сорбция, анионит, полиамфолит.

Key words: polyacrylonitrile (PAN), polyethylenepolyamine (PEPA), PPA-1 (sorbent obtained by modifying polyacrylonitrile with PEPA), PPM-1 (sorbent obtained by modifying polyacrylonitrile with monochloroacetic acid), polycomplexon, nickel ions, sorption, anion exchanger, polyampholyte.

KIRISH

Bugungi kunda ionitlar va kompleks hosil qiluvchi funksional polimerlar olish, ularning sintez jarayonlarini o'rganish kimyogar olimlarning asosiy vazifalaridan biri hisoblanadi. Ionit va polikompleksonlar xossalari, hosil bo'lishining fizik-kimyoviy xususiyatlarini o'rganish, ushbu

KIMYO

muammoni yechishda asosiy vosita hisoblanadi hamda sintez jarayonlarini boshqarish orqali kerakli tarkib, shuningdek kompleks xossaga ega bo'lgan ionalmashuvchi polimer materiallar olish imkoniyatlarini yaratadi. Ion almashinuvchi donador ionitlar bilan bir qatorda tolasimon materiallar va polikompleksonlar ionitlarning istiqbolli turlaridan biri hisoblanadi. Selektiv xossaga ega bo'lgan sorbentlarni tolasimon materiallar asosida olish bir qator afzalliklarga olib keladi. Jumladan, ular katta solishtirma sirtga ega bo'lgani uchun ularda sorbsiya va desorbsiya jarayonlarini yuqori tezlikda o'tkazishda, hamda atrof muhitdagi nihoyatda oz miqdorda bo'lgan zaharli moddalarni tozalashda yuqori samaradorlikni ta'minlaydi. Bunday ion almashuvchi tolasimon materiallar olishda, Respublikamizdagi «Navoiyazot» AJning mahsuloti hisoblangan poliakrilonitril (nitron) tolasi keng miqyosda qo'llaniladi. Shu sababli bugungi kunda poliakrilonitril tolasi asosidagi anionitlar va polikompleksonlar hosil bo'lishi va xossalariining fizik-kimyoviy xossalariini o'rganish dolzarb hisoblanadi.

ADABIYOTLAR TAHLILI VA METODOLOGIYA

So'nggi yillarda ko'plab polimer materiallariga asoslangan qatronlar, kation almashinuvchi, anion almashinuvchi va kompleks hosil qilish xususiyatlarga ega polimer tolalar olish texnologiyalari yaratilmoqda. Bu ekologik muammolarni muvaffaqiyatli hal qilish imkonini beradi [1-2].

Ionalmashinuvchi tolasimon materiallar olish va ularni turli ionitlar ko'rinishida qo'llash gidrometallurgiya sanoatida yangi ionalmashinuvchi sorbentlar yaratishda muhim ahamiyat kasb etadi [3].

Ionalmashinuv materiallarning dunyo bozoridagi o'sishi 2021-yilga 9,5 mlrd. AQSh dollarini tashkil etgan. 2016-yilda bu qiymat 5,5 mlrd. AQSh dollarini tashkil etgan holda, umumiy olganda yillik o'sish sur'ati 2016-yildan 2021-yilgacha 11,8% tashkil etdi. Ionalmashinuvchi materiallar bozorining yirik sohalaridan biri bu suvni tozalash texnologiyasi hisoblanadi. Bu sohadagi o'sishlar 2016-yil 1,8 mlrd. AQSh dollaridan 2021-yilgacha 2,5 mlrd. AQSh dollariga, umumiy olganda yillik o'sish sur'ati 2016-yildan 2021-yilgacha bo'lgan vaqt mobaynida 6,7% ga oshadi deb prognoz qilinganining o'zi bu sohani qay darajada istiqbolli ekanligidan dalolat beradi [4].

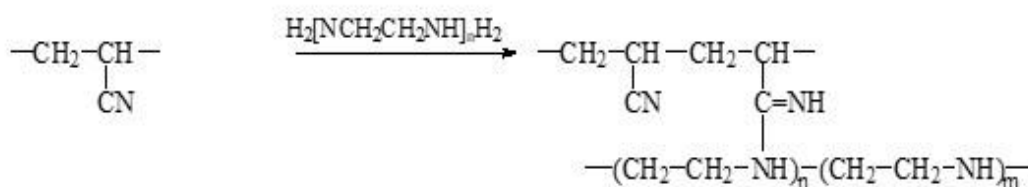
Ushbu ishda [5] sanoatda keng qo'llaniladigan an'anaviy ion almashinadigan materiallarga nisbatan bir qator muhim afzalliklarga ega bo'lgan tolasimon yangi ion almashinuvchi materiallar olish keltirilgan. Ushbu yondashuvda ion almashinadigan tolalar arzon narxlardagi shisha tolali substratlarni tegishli oligomer bilan qoplash, o'zaro bog'lash va anion yoki kation almashinuv qobiliyatni berish uchun qoplamani funksionallashtirish orqali tayyorlangan. Yupqa qoplamalar natijasida oxirgi foydalanishdan oldin tayyor mahsulotning funksionallashtirish va bo'kishidan oldin erituvchilardan foydalanish yo'q qilindi. Bu joriy sintez usullarini sezilarli darajada soddalashtirishni anglatadi. Kinetik tajribalar shuni ko'rsatdiki, ushbu tizimlarning aloqa samaradorligi yuqori sirt-hajm nisbati va qisqaroq diffuziya yo'li uzunligi bilan an'anaviy materiallar bilan solishtirganda ancha yaxshilagan. Bu yaxshilanish ion almashinuvi va regeneratsiya tezligining o'sishiga olib keldi. Yana bir afzalligi - ko'p martali regeneratsiyadan keyin ham tolalarning osmotik zarbaga mukammal qarshiligidir. Ushbu tizimlar og'ir metallarni ifloslantiruvchi moddalarni juda kichik konsentratsiyada ham ancha samarali tarzda sorbsiyalashi ko'rsatilgan.

Gidrometallurgiya sanoati uchun yangi turdagi, samarali ion almashinuvchi materiallar yaratish maqsadida ioninlar sintezi qilish va ulardan sorbentlar sifatida foydalanish muhim ahamiyatga ega. Ushbu muammoni hal etishga tolasimon ion almashinuvchilar donador ion almashinuvchilarga nisbatan bir qator texnik va iqtisodiy afzalliklarga ega. Donador tuzilishli sorbentlarga nisbatan tola kurinishidagi ionalmashinuvchilar taxminan yuz, ikki yuz marta yuqori solishtirma sirtga ega. Donador sorbentlarning solishtirma yuzasi $100\text{m}^2/\text{kg}$ ni tashkil qiladi, tolasimonlarni solishtirma sirti $20000\text{-}30000\text{m}^2/\text{kg}$ ga etadi, bu esa kimyoviy sorbsiya tezligiga ta'sir qiladi. Kimyoviy sorbsiya jarayonlari tolasimon va donador sorbentlarda o'rganilganda sorbsiya tezliklari tolali ionitlarda bir necha baravar yuqori ekanligi ma'lum bo'lgan [6]. Poliakrilonitril (PAN) ning modifikatsiya qilinishi orqali uni ion almashinuvi yoki sorbsiya xususiyatlarini yaxshilash mumkin, bu esa uni ionit sifatida ishlatish imkoniyatlarini yaratadi [7]. Bundan tashqari etilendiamin va dioxetanning "Nitron" tolasi bilan kimyoviy reaksiyaga kirishish jarayoni tahlil qilingan. Ushbu modifikatsiya, tolalar bilan turli kimyoviy modifikatsiyalash jarayonlarining tezligini, shuningdek,

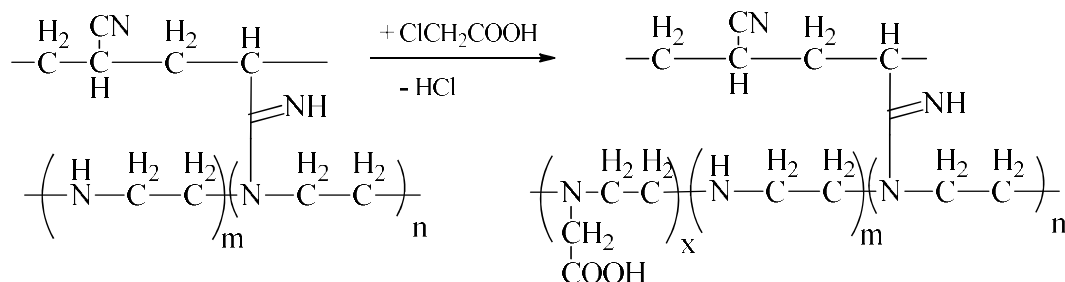
reaksiya kinetikasini o'rganishga qaratilgan. Natijada, "Nitron" to'alarining kimyoviy xususiyatlaridagi o'zgarishlar va bu o'zgarishlarning turli sohalaridagi, masalan, materiallar ilmda yoki texnologiyalarda qo'llanishi uchun imkoniyatlar ko'rib chiqilgan [8]. PAN asosida yaratilgan yangi anionitlarning fizik-kimyoviy xususiyatlari va ularning ion almashinuvi jarayonidagi samaradorligi tahlil qilingan. PAN, o'zining modifikatsiya qilingan shakllari bilan, anionit sifatida foydalanishga yaroqli material sifatida ishlab chiqilgan. Yangi anionitlar manfiy zaryadli ionlarni o'zlashtirishda samarali ishlaydi. PAN asosidagi anionitlarning kimyoviy modifikatsiyasi jarayonlari va uning natijasida materiallarning adsorbsion va ion almashinuvi xususiyatlari qanday yaxshilanganligi ko'rib chiqilgan. Poliakrilonitrilning turli kimyoviy moddalar bilan reaksiyasi orqali uning xususiyatlari o'zgartiriladi, bu esa anionitlarning samaradorligini oshiradi. Yangi yaratilgan anionitlarning kimyoviy tarkibi, struktura, adsorbsion xususiyatlari va ion almashinuvi jarayonlari keng tahlil qilingan. Bu materiallarning ion almashinuvi va sorbsion jarayonlari uchun qanday qulayliklar yaratishini o'rganish maqsadida eksperimental ishlanmalar o'tkazilgan. Yangi anionit materiallarini ishlab chiqish orqali atmosferani tozalash, suv resurslarini saqlash va boshqa ekologik muammolarni hal qilishda foydalanish imkoniyatlarini o'rganishga qaratilgan. Shuningdek, yangi materiallarning texnologik yutuqlari, ularning sanoat ishlab chiqarishida samarali qo'llanilishi haqida ilmiy takliflar taqdim etilgan [8]. Og'ir metall ionlari va zaharli anionlar kabi keng tarqalgan ionli ifloslantiruvchi moddalarga ta'sir qilish, ularning inson salomatligi va atrof-muhitga potensial ta'siri tufayli butun dunyoda katta tashvish tug'diradi [9]. Maqolada Ni(II) ionlarini shablon ion sifatida ishlatib, maxsus polimerlar ishlab chiqilishi va bu polimerlarning Ni(II) ionlariga nisbatan tanlab olish xususiyatlari o'rganilgan. Tayyorlangan polimerlar Ni(II) ionlarini tanlab, o'z ichiga qabul qilib, keyinchalik bu ionlarni ushlab turish uchun mos joylarni yaratadi. Ushbu materialining Ni(II) ionlarini suvdan qanday samarali so'rishi, uning adsorbsion qobiliyati, seleksiyasi va kinetikasi tahlil qilingan. Maqolada adsorbsion jarayonining tezligi va qanday sharoitlarda (masalan, pH darajasi, ion kuchi) eng yuqori samaradorlikka erishish mumkinligi ko'rib chiqilgan [10].

NATIJA VA MUHOKAMA

Kuchli asos xossali sorbent olish uchun nitron tolasini polietilenpoliamin (PEPA) bilan modifikatsiyalash reaksiyalari olib borilgan bo'lib, unda SAS=5,5mg-ekv/g bo'lgan ion almashtiruvchi sorbent (PPA-1) quyidagi sxema bo'yicha sintez qilingan.



Sintez qilingan ionitning statik almashuv sig'imini va ionogen guruhlar sonini oshirish, poliamfolit xususiyatli ion almashinuvchi materiallar olish maqsadida, poliakrilonitril tolasini polietilenpoliamin va monoxlorsirka kislota (MXSK) bilan ketma-ket modifikatsiyalash reaksiyasi olib borilgan [8].



Ma'lum metodika asosida yuqorida reaksiyalar asosida PPM-1 ion almashinuvchi material sintez qilindi. Sintez qilingan polikompleksonlardagi ionogen guruhlarning tabiatini o'rganish maqsadida ham kislota, ham asos bo'yicha statik almashuv sig'imini aniqlandi.

Poliakrilonitril tolasi asosida sintez qilingan PPM-1 polikompleksoning HCl va NaOH bo'yicha statik almashuv sig'imi

($T=373K$, $[PEPA]=50\%$, $[MXSK]=15\%$)

Sorbent	τ , min	SAS, mg-ekv/g (0,1n HCl bo'yicha)	SAS, mg-ekv/g (0,1n NaOH bo'yicha)
PPM-1	210	3,0	5,3

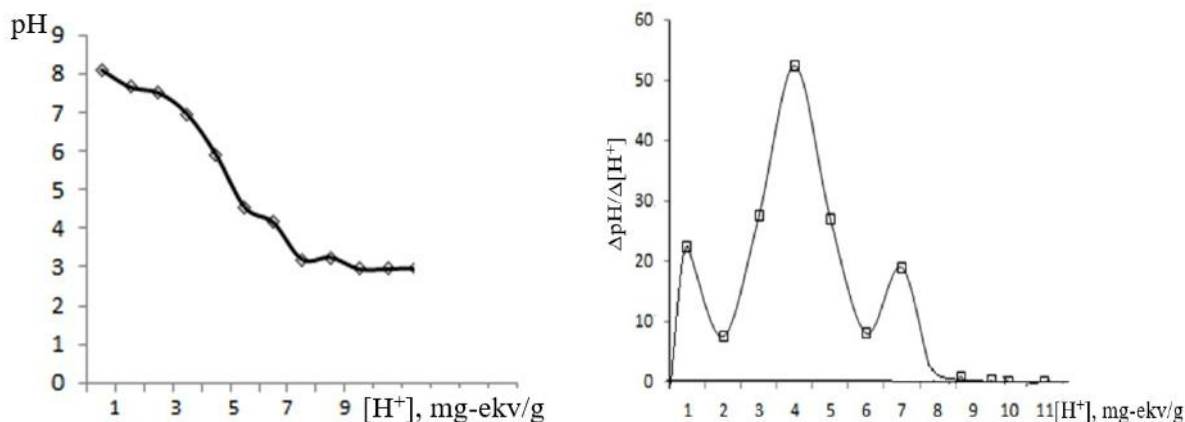
Bu PPM-1 polikompleksoni tarkibida ham kation, ham anion guruhlar tutganidan dalolat beradi.

Modifikatsiyalangan PPM-1 tolasining kimyoviy tuzilishini tavsiflash uchun IQ-spektrlari olindi. Modifikatsiyalangan polikomplekson IQ-spektrida $3410-3544\text{cm}^{-1}$ sohalardagi yutilish chiziqlari $=\text{NH}$ va $-\text{NH}_2$ guruhlarining valent tebranishlariga, 1563cm^{-1} yutilish chiziqlarida $>\text{NH}$ guruhga taalluqli deformatsion tebranishlar va 1638cm^{-1} yutilish chizig'ida $>\text{C}=\text{N}$ - bog'lariga mos keluvchi valent tebranishlari kuzatildi.

PPM-1 tolasining IQ-spektrida karboksil guruhiga mos keluvchi 1676cm^{-1} da yangi yutilish chiziqlari kuzatildi.

Olingan PPM-1 sorbentini ionogen guruhlarini tavsiflash uchun potensiomertik titrlash o'tkazildi. Titrlash alohida tortimlar usuli yordamida statik sharoitda amalga oshirildi, bunda kislotalilik sorbent tortimlariga turli miqdordagi 0,1 n osh tuzi eritmasiga 0,1 n HCl ni qo'shish orqali o'zgartirildi.

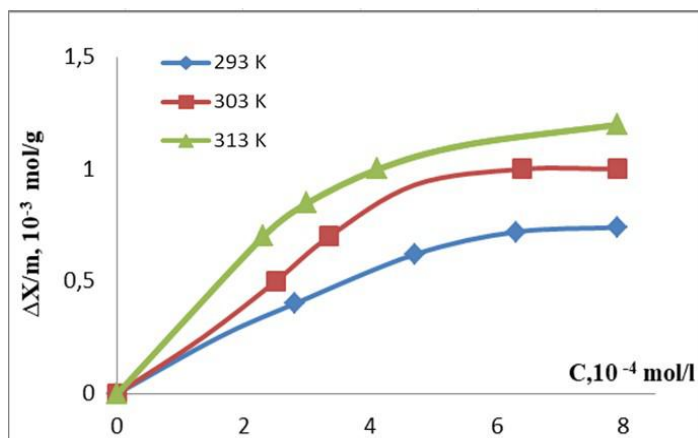
Quyidagi 1-rasmda modifikatsiyalangan PPM-1 sorbentining potensiomertik titrlash egri chiziqlari keltirilgan. Keltirilgan ma'lumotlardan ko'rinib turibdiki, titrlashning egri chizig'i $[\text{H}^+]=4,0$ mg-ekv/g da, shuningdek $[\text{H}^+]=1,0$ mg-ekv/g va $[\text{H}^+]=7,0$ mg-ekv/g larda ham sakrashlar kuzatilmoqda. Ushbu ma'lumotlar turli asoslilikka ega funksional guruhlarining mavjudligi to'g'risida dalolat beradi.



1- rasm. PPM-1 sorbentini potensiomertik titrlash integral (a) va differensial (b) egrilari.

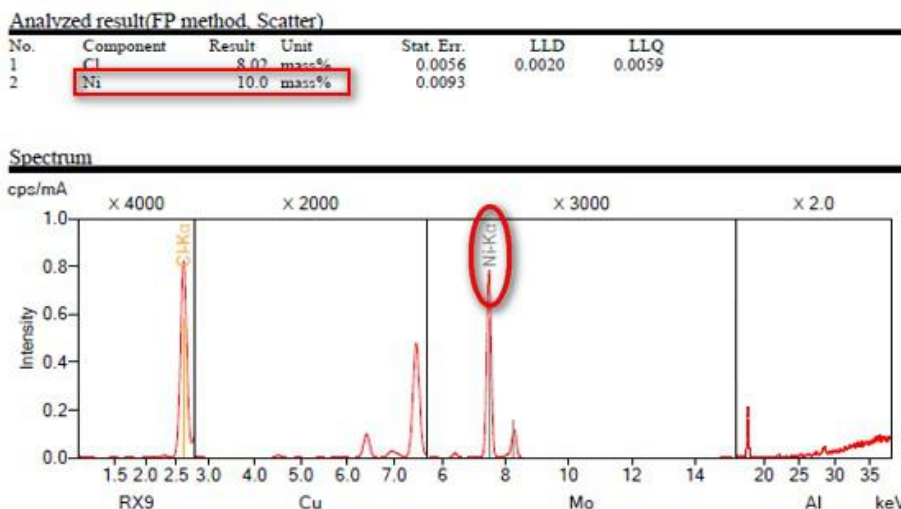
Modifikatsiyalangan tolaning kimyoviy tuzilishini o'tkazilgan IQ- spektroskopik va potensiomertik tadqiqot natijalari tasdiqlaydi.

PPM-1 sorbentining sorbsion xossalari tadqiq qilish maqsadida, unga nikel ionlarining yutilishi o'rganildi. Yutilish jarayoniga harorat, sorbsiya vaqtining davomiyligi va boshlang'ich eritmadagi nikel ionlari konsentratsiyasi ta'sirlari o'rganildi. Olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, harorat, yutiluvchi ionning konsentratsiyasi ortishi bilan sorbsiya jarayoni ortib boradi. Barcha holatlarda tola bilan eritma orasidagi sorbsion muvozanat 30-40 daqiqa davomida qaror topmoqda.



2-rasm. PPM-1 ionalmashinuvchi tolasiga turli haroratlarda nikel ionlarining sorbsiya izotermasi

Turli haroratlarda PPM-1 sorbentiga nikel ionlari sorbsiyasining izotermasidan ko'rinib turibdiki, haroratni va boshlang'ich eritmadagi nikel ionlarining konsentratsiyasi ortishi bilan sorbent tomonidan ionlarni yutilishini ortishiga olib keladi. Bu esa sorbsiya jarayoni kimyoviy bog'lanish hisobiga sodir bo'lishi bilan borishidan darak beradi, ya'ni kimyoviy sorbsiyalanish kuzatiladi. Sorbentga ionlarini yutilishini tekshirish maqsadida rentgenfluorescent analiz tahlili o'tkazildi. Olingan natijalar quyidagi 3-rasmda keltirilgan.



3-rasm. PPM-1 poliamfolitiga nikel (II) ioni sorbsiyasining rentgenfluorescent analizi

Olingan natijalardan shuni ko'rishimiz mumkinki, OH⁻ formadagi PPM-1 poliamfolitga nikel (II) ionining almashinish darajasi 10,0% ni tashkil etgan. Bunga sabab OH⁻ formada faol holatdagi – karboksil guruh bilan nikel (II) ioni o'zaro ion bog'–NH funksional guruhi bilan kordinatsion bog' yordamida birmuncha barqaror kompleks birikma hosil qilishini kuzatish mumkin.

XULOSA

Poliakrilonitril tolasi asosida sintez qilingan PPM-1 polikompleksoning HCl va NaOH bo'yicha statik almashuv sig'imi aniqlandi. PPM-1 polikompleksonini IQ-spektrlarini va potensiometrlik titrlash usullari orqali funksional guruhlarini tabiati tahlil qilindi va tarkibida ham asos, xam kislota xususiyatli guruhlar borligi aniqlandi. Statik sharoitlarda PPM-1 polikompleksonlarga nikel ionlarining yutilishini o'rganish orqali sun'iy eritmalaridan ularni ajratib olish imkoniyatlari ko'rsatildi. Poliamfolitga nikel ionlari sorbsiyasi ion bog'lanish hisobiga borishi bilan izohlandi. PPM-1 sorbentining rentgenfluorescent analiz tahlil qilindi va unga Ni²⁺ ionlarini yutganligi isbotlandi.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Kumar S., Jain S. History, introduction, and kinetics of ion exchange materials. Journal of chemistry, 2013.
2. Cobzaru C., Inglezakis V. Progress in filtration and separation. – Academic Press, 2015. –pp. 425-498.
3. Ivanov I. V., Ivanova O. K. Mathematical modeling of adsorption isotherms of water vapour on polymeric ionites used in agrochemical practice /E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – T. 463. – C. 01035.
4. Rustamov, M.K., Gafurova, D.A., Karimov, M.M. Application of ion-exchange materials with high specific surface area for solving environmental problems. Russian Journal Gen Chem 2014, 84, 2545–2551
5. Гафурова Д.А., Шахидова Д.Н. Кинетика химического превращения волокна нитрон с этилендиамином и дихлорэтаном. / Вестник ТвГУ. Серия «Химия». 2016, С. 167-175.
6. Simon N. M. Cation– Anion– CO₂ Interactions in Imidazolium-Based Ionic Liquid Sorbents / ChemPhysChem. – 2018. – Т. 19. – №. 21. – С. 2879-2884.
7. Inamuddin Dr., Mohammad Luqman. Ion Exchange Technology I Theory and Materials /, 2012, p 516
8. Д.Н.Шахидова. Полиакрилонитрил асосидаги янги анионитларнинг физик кимёвий хоссалари. Диссертация автореферати. 2020 йил.
9. Kumar P., Pournara A., Kim K. H., Bansal V., Rapti S., Manos M. J. Metal-organic frameworks: Challenges and opportunities for ion-exchange/sorption applications. Progress in Materials Science, 2017 86, 25-74.
10. Zhou Z., Preparation and adsorption characteristics of an ion-imprinted polymer for fast removal of Ni (II) ions from aqueous solution /Journal of hazardous materials. – 2018. – Т. 341. – С. 355-364.