

**Bunyod ORZIKULOV,**

*O'zbekiston Milliy universiteti kata o'qituvchisi, PhD*

E-mail: [bunyod250388@mail.ru](mailto:bunyod250388@mail.ru)

Tel: 998946611818

**Dilbar SHAXIDOVA,**

*O'zbekiston Milliy universiteti dotsenti, PhD*

E-mail: [d\\_shaxidova@mail.ru](mailto:d_shaxidova@mail.ru)

Tel: +998946958260

**Dilfuza GAFUROVA,**

*O'zbekiston Milliy universiteti professori, DSc*

E-mail: [d\\_gafurova@mail.ru](mailto:d_gafurova@mail.ru)

Tel: 998977355053

**Muzaffar MAHKAMOV,**

*O'zbekiston Milliy universiteti professori, DSc*

E-mail: [muz\\_m77@mail.ru](mailto:muz_m77@mail.ru)

Tel: 998973434716

**Maftuna TOLIPOVA,**

*O'zbekiston Milliy universiteti magistranti.*

*O'zbekiston Milliy universiteti professori, DSc Z.Smanova taqrizi asosida*

## KINETIC MODELS OF SORPTION OF COPPER (II) IONS ON IONITE BASED ON POLYACRYLONITRILE

Annotation

In this work, polyampholyte was synthesized based on fibrous polyacrylonitrile, which contained nitrogen and phosphorus. Kinetic models of absorption of Cu<sup>2+</sup> ions from artificial solutions onto a new fibrous sorbent were studied.

As a result, it was found that the obtained kinetic parameters correspond more to the pseudo-second-order kinetic model of the process, and it was found that the sorption of Cu<sup>2+</sup> ion is more selective compared to other ions.

The main advantage of this sorbent is that it has the ability to adsorb ions significantly faster than granular sorbents. On the other hand, the sorbent easily absorbs metal ions even from low-concentration solutions. This was also found in experiments. The main reason for this is the large surface area of fiber sorbents. It is more economical than other methods used in the industry.

**Key words:** polyacrylonitrile, polyampholyte, sorption, ionite, rate constants, kinetics, pseudo-first-order kinetic model, pseudo-second-order kinetic model, copper (II) ion.

## КИНЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СОРБЦИИ ИОНОВ МЕДИ (II) НА ИОНИТЕ ПОЛУЧЕННОГО НА ОСНОВЕ ПОЛИАКРИЛОНИТРИЛА

Аннотация

В данной работе на основе полиакрилонитрила синтезирован азот и фосфор содержащий полиамфолит. Разработана кинетическая модель механизма процесса сорбции ионов Cu<sup>2+</sup> из искусственных растворов полученным волокнистым полиамфолитом. В результате по полученным кинетическим параметрам было установлено, что процесс подчиняется модели псевдо второго порядка, и ион Cu<sup>2+</sup> поглощается больше, чем другие ионы. Также было проанализировано изменение термодинамических параметров этого процесса.

**Ключевые слова:** полиакрилонитрил, полиамфолит, сорбция, ионит, константы скорости, кинетика, псевдо первая и псевдо вторая кинетическая модель, ион меди(II).

## POLIAKRILONITRIL ASOSIDA OLINGAN IONITIGA MIS (II) IONLARINI SORBSIYALANISHINING KINETIK MODELI

Annotatsiya

Ushbu ishda poliakrilonitril asosida tarkibida azot va fosfor tutgan poliamfolit sintez qilingan. Olingan poliamfolitga suniy eritmalaridan Cu<sup>2+</sup> ionining yutilish jarayoni mexanizmining kinetik modeli ishlab chiqilgan. Natijada, olingan kinetik parametrlardan jarayonning psevd-ikkinchi tartibli modelga bo'ysunishi, hamda Cu<sup>2+</sup> ionlari boshqa ionlarga nisbatan ko'proq yutilishi aniqlangan. Shuningdek, ushbu jarayon uchun termodinamik parametrlarning o'zgarishi tahlil qilingan.

**Kalit so'zlar:** poliakrilonitril, poliamfolit, sorbsiya, ionit, tezlik konstantalari, kinetika, psevd birinchi va psevd ikkinchi kinetik model, mis (II) ionlari.

**Kirish.** Jahonda kimyo sanoatining jadal rivojlanishida hamda ekologik muammolarni hal etishda, raqobatbardosh va ekologik toza mahsulotlarni ishlab chiqarishda fan va texnologiyalarning ilmiy yutuqlarini keng miqyosda amaliyotga joriy etilmoqda. Ayniqsa, bu sanoat miqyosida suvni tayyorlashda, chiqindi suvlardan qimmatbaho va rangli metallarni ajratib olishda, oqava suvlarni ionalmashinish texnologiyalarini qo'llagan holda tozalashda yaqqol namoyon bo'lmoqda. Ekologik jihatdan xavfsizligi, tannarxining pastligi, qo'llanishdagi qulayligi va ko'p martalik regeneratsiya qilish imkoniyatining mavjudligi tufayli ionalmashinuvchi materiallar ushbu jarayonlarni amalga oshirishda katta ahamiyatga ega hisoblanadi [1, 2].

Yuqori selektivlik xususiyatlari tufayli ion almashinuvchi materiallar fan va ishlab chiqarish amaliyotining barcha sohalarida keng qo'llanilish imkoniyatiga ega. Ular yordamida dolzarb ijtimoiy va ekologik muammolardan biri atrof-muhitni muhofaza qilish muammosi hal etiladi [3-5].

Sanoat korxonalarining kengayishi va rivojlanishi bilan anion almashinuvchi va kompleks hosil qiluvchi sorbentlarga ehtiyoj tobora ortmoqda. Ushbu sorbentlarni sintez qilish sanoat korxonalarida ishlatiladigan sorbentlarning funksional guruhlarni o'zgartirishda turli kimyoviy reagentlarni modifikatsiya qilish yo'li bilan amalga oshiriladi [6-8].

Ko'pgina sanoat tarmoqlaridan chiqadigan oqova suvlar tarkibida turli xil og'ir metallarning deyarli barchasini uchirish mumkin. Ayniqsa  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  kabi ionlarning bunday suvlardagi konsentratsiyalarining oshishi atrof muhitga zararli ta'sir ko'rsatmoqda. Bu esa sanoat suvlari tarkibini chuqur tekshirish va ularni tozalashni talab etadi [9]. Shu maqsadda ushbu ishda poliakrilonitril asosida olingan ionitga mis(II) ionlarini sorbsiyasi o'rganishning kinetik modellari ishlab chiqilgan va sorbsiya jarayonining kinetika va termodinamikasi tahlil qilingan. Natijada poliakrilonitril tolasini polietilenpoliamin va fosfit kislotasi bilan ketma-ket kimyoviy modifikatsiyalab olingan ioniti mis(II) ionlariga nisbatan selektiv sorbent ekanligi isbotlangan. Sintez qilingan yangi turdagi ion-almashinuvchi poliamfolitni PPF-1 deb nomlandi.

**Adabiyotlar tahlili va metodologiya.** Chiqindi suvlardan og'ir va qimmatbaho metallarni ajratib olishning bir qancha usullari mavjud bo'lib, bu usullarga filtirlash, koagulyatsiya va ion almashinuv usullarini misol qilib keltirishimiz mumkin. Bugungi kunda ushbu usullardan ion almashinuv usuli eng samarali natija berayotgan usullardan biridir. Sanoat suvlarini metall ionlaridan tozalashning ion almashinuv texnologiyalari, bu hatto past konsentratsiyali metall ionlari uchun ham samarali usul hisoblanadi. So'nggi paytlarda ko'pgina ilmiy tadqiqot ishlari «tabiiy ion almashinuvchi materiallar» ga ya'ni tabiiy sorbentlarga qaratilmoqda [10].

Maxalliy xom ashyolar asosida olingan ion-almashinuvchi sorbentlarga bo'lgan talabning asosiy sabablaridan biri sotib olish xarajatlarining kamligi va yuqori samaradorlikning oritishi bilan baholashimiz mumkin. Yana shuni alohida aytish mumkinki mahalliy xom ashyolardan foydalanishning asosiy afzalligi ularning nisbatan oson topilishi va tabiiy kelib chiqishi, ishlab chiqarish narxining pastligi xamda termik va mexanik qarshiligining yuqoriligi hisoblanadi.

Ionitlar sintezidagi dastlabki birikmalar polietilenpoliamin va  $\gamma$ -epoksibirikmalar, masalan epixloridrin (EXG) xatto uchlamchi aminoguruhlar bilan yuqori unumda reaksiyaga kirishadi, shuning uchun u kuchli asos xossalari ionitlar tayyorlash uchun yuqori samaradorlikka ega hisoblanadi. Sanoatda keng qo'llaniladigan EDE-10P ion almashinuvchi sorbent EXG ni polietilenpoliamin (PEPA) bilan o'zaro ta'sirlashishi natijasida olinadi [11]. U polifunksional guruhlar tutgan ionitlarga tegishli bo'lib, tarkibida ikkilamchi va uchlamchi amino guruhlar va to'rtlamchi ammoniyli guruhlar tutganligi uchun anionitlar o'rta va xattoki kuchli asos xossasini namoyon qiladi. EDE-10P kompleks hosil qilish xususiyatiga ega, u suvni organik tuzlardan tozalashda ishlatiladi, kislotaga va ishqorlarga nisbatan kimyoviy barqaror, lekin suvda erigan oksidlovchilar polimerini buzilishiga olib keladi. Anionitning termik barqarorligi ham past bo'lib, u 76,9 % ni tashkil qiladi.

Ko'pgina xelat hosil qiluvchi guruhlar tutgan poliamfolitlar, xususan azot va fosfor guruhlar tutgan ionitlarni o'z ichiga oluvchi selektiv sorbentlar atrof muhitni muhofaza qilish, yuqori tozalik darajasidagi metallar sintezi, chiqindisiz texnologiya, shuningdek chiqindi suvlardan va murakkab ko'pkomponentli eritmalaridan qimmatbaho komponentlarni ajratib olishda tobora muhim ahamiyat kasb etmoqda. Ularning og'ir metall ionlariga nisbatan yuqori selektivligi hosil bo'lgan kompleks birikmalarining barqarorligi bilan izohlanadi [12].

PAN tolasini dimetilgidrazin bilan kimyoviy modifikatsiyalash amalga oshirilgan. PAN tolasini kimyoviy modifikatsiyasi 1,1-dimetilgidrozinning suvli eritmalarida amalga oshirilgan, bunda -CN guruhi qisman gidrolizga uchraydi. Mualliflar polimer nitril guruhlarini gidrolizlanish reaksiyasiga karboksil guruhlarining ta'sirini isbotladilar. IQ-spektroskopik tadqiqotlar asosida -CN guruhlarining kimyoviy o'zgarish darajasi aniqlandi.

$$X = \frac{D}{D_0} \cdot 100\%$$

bu yerda X – kimyoviy modifikatsiyadan keyingi -CN guruhlarining almashinish darajasi, %; D – boshlang'ich namunaning -C≡N guruhlarini valent tebranish chiziqlari intensivligi, sm; D<sub>0</sub>-modifikatsiyalangan namunaning -C≡N guruhlarini valent tebranish chiziqlari intensivligi, sm;

Gidroksilamin bilan faollashtirilgan PAN (poliakrilonitril) tolasini (SAS=1 mg-ekv/g) ni dimetilgidrazin bilan qisman modifikatsiyasidan so'ng statik almashinish sig'imi 3,2 mg ekv/g bo'lgan anion almashinuvchi materiallar olingan[13].

Bu borada qilingan ishlarga maxalliy xom ashyo hisoblangan poliakrilonitril asosida sintez qilingan ionit poliamfolitik tabiatga ega bo'lib, tarkibida ham azot, ham fosfit guruhlar borligi va bu sanoat suvlaridan metall ionlarni olib tashlash uchun yaxshi adsorbentlardan biri hisoblanadi [14].

Tarkibida azot va fosfor tutgan poliamfolitlarda bir vaqtning o'zida ham ion almashinish, ham xelat hosil bo'lish jarayonlari ham kuzatiladi. Bunday polimer materiallar yuqori sorbsion xossaga ega bo'lib ular yuqori sorbsiya qobiliyati va bir qator og'ir va rangli metallarga nisbatan selektivligi bilan ajralib turadi, bu ham polimer xelatlovchi moddasining polidentat tabiati bilan, ham amino- va fosfit guruhlar ishtirokida kompleks hosil bo'lishidagi xelat ta'siriga bog'liq [15]. Odatda, bunday polikompleksonlar har xil fosforli moddalar bilan azotli anion almashinuvchilarni modifikatsiya qilish yo'li bilan tayyorlanadi. Taqdim etilgan ishda birlamchi aminoguruhlarini o'z ichiga olgan va keyinchalik modifikatsiya qilish uchun ishlatiladigan polimer sifatida anion almashinuvchi sorbent PPA-1 [16] materialidan foydalanildi.

Turli xil ishlarda ionitlarning adsorbtsion qobiliyati og'ir metallarga nisbatan eritmaning pH iga bog'liqligi va adsorbtsion sig'im eritmaning pH darajasi oshish sababi ko'rsatilgan. PAN asosida olingan poliamfolitning adsorbtsion kuchiga haroratning og'ir metallarga (Mn(II), Cd(II), Cu(II), Pb (II), Ni (II), Zn (II), Co(II), Cr(III), Ca(II) va Mg(II)) nisbatan ta'siri o'rganilgan. O'zgartirilgan vermikulitda Cd(II), Cu(II), Sr (III), Pb (II) va Zn (II) ni adsorbtsiyalash qobiliyati harorat oshishi bilan ortib borishi aniqlangan [17, 18].

Ushbu ilmiy ishda mis ionlarining adsorbtsion sifatida PAN asosida olingan tarkibida azot va fosfor tutgan poliamfolitlardan foydalanish imkoniyati o'rganib chiqildi. Buning uchun sun'iy eritmalaridan rangli metall ionlarini ajratib olishda poliakrilonitril asosida olingan ionitdan foydalanildi. Bunda ionitga  $\text{Cu}^{2+}$  ionlarini sorbsiya jarayonlarining mexanizmiga turli omillarni tasiri o'rganildi.

**Natija va muhokama.** Poliakrilonitril asosida olingan ionitga sun'iy eritmalaridan  $\text{Cu}^{2+}$  ionlarining sorbsiyasi o'rganildi. Buning uchun  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  kristallgidratidan foydalanib  $\text{Cu}^{2+}$  ionlarining 0,075; 0,05; 0,025 0,0125 mol·l<sup>-1</sup> konsentratsiyali suniy eritmalar tayyorlandi va ushbu eritmalaridan metall ionlarining sorbsiya davomiyligi o'rganildi. Sorbsiya jarayoni PPF-1 poliamfolitning ikki xil ishqoriy va kislotali shakllarida olib borildi. Buning uchun kislotaga bo'yicha statik almashinish sig'imi 3,2 mg-ekv g<sup>-1</sup> bo'lgan, ishqor bo'yicha statik almashinish sig'imi 5,6 mg-ekv g<sup>-1</sup> bo'lgan quruq sorbentdan analitik tarozida o'lchab, hajmi 250 ml bo'lgan konussimon kolbalarga solindi va 100 ml dan tuz eritmali quyildi. Sorbsiyadan oldingi va keyingi eritmalaridagi metall ionlarining konsentratsiya o'zgarishi spektrofotometr (UV-5100 UV/VIS spektrofotometr, AQSH) yordamida aniqlandi ( $\text{Cu}^{2+}$  uchun 590 nm to'lqin uzunlikda). Sorbentga yutilgan metall ioni miqdori quyidagi tenglama orqali hisoblab chiqildi.

$$\frac{\Delta X}{m} = \frac{(C_0 - C_\tau) \cdot V}{M \cdot m}$$

$\Delta X$  – yutilgan ionlar miqdori, mol.

$m$  - sorbent massasi, g.

$C_0 - C_\tau$  - eritmadagi ionlarning sorbsiyadan oldingi va keyingi konsentratsiyasi, g/l.

$V$  - eritma hajmi, l.

$M$  –  $\text{CuSO}_4$  ning molekulyar massasi, g/mol.

Adabiyotlardan ma'lumki sorbsiya jarayonining mexanizmini (kimyoviy reaksiya tezligi, diffuziyani boshqarish va massa uzatilishini) aniqlash kabi kinetik modellardan foydalaniladi. So'nggi yillarda turli xil kinetik modellar psevdobirinchi tartibli, psevdodikinchi tartibli va boshqa bir qancha usullardan foydalanilmoqda. Buning uchun natriy gidroksid bo'yicha SAS qiymati 5,6 mg-ekv/g va xlorid kislotaga bo'yicha SAS qiymati 3,2 mg-ekv/g dan kam bo'lmagan poliakrilonitril asosida olingan tarkibida azot va fosfor tutgan poliamfolit ishlatildi.

Ushbu ishda quyidagi kinetik modellardan foydalanildi.

**Psevdobirinchi tartibli kinetik model.**

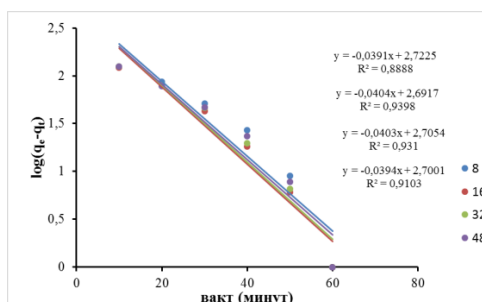
Psevdobirinchi tartibli kinetik model quyidagi Lagergren tenglamasi bilan ifodalanadi

$$\log(q_e - q_t) = \log q_e - \frac{k_1}{2,303} t$$

Bu tenglamada:  $q_t$  va  $q_e$  ma'lum vaqtdagi va muvozanatdagi sorbentning metallarni sorbsiyalagan miqdori (mg/g).  $q_1$  - birinchi tartibli sorbsiya jarayoni tezlik konstantasi ( $\text{daq}^{-1}$ ) bo'lib,  $\log(q_e - q_0)$  va  $t$  vaqtga nisbatan tuzilgan chiziqli grafigidan kesishish qiyaligining burchak qiymati -  $q_1/2,303$  ga teng.

$\text{Cu}^{2+}$  ionining PAN asosidagi poliamfolitga sorbsiyalanish jarayoni kinetikasi

$\log(q_e - q_t)$  ni  $t$  ga bog'liqlik grafigidan psevdobirinchi tartibli kinetik parametrlarini topish orqali baholandi (1-rasm).



**1-rasm. PAN asosidagi poliamfolitga  $\text{Cu}^{2+}$  ioni sorbsiyasining psevdobirinchi tartibli kinetik modeli**

Shuningdek  $\text{Cu}^{2+}$  ionining PAN asosidagi poliamfolitga sorbsiyalanish jarayoni kinetikasi psevdodikinchi tartibli kinetik parametrlarini topish orqali baholandi.

**Psevdodikinchi tartibli kinetik model**

Psevdodikinchi tartibli kinetik model quyidagi tenglama bilan ifodalanadi

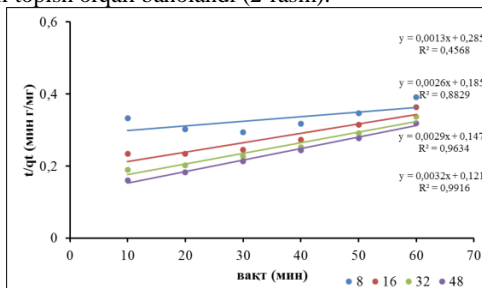
$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \left(\frac{1}{q_e}\right)t$$

Dastlabki sorbsiya darajasi ( $t=0$ ) quyidagicha topiladi

$$h = k_2 q_e^2$$

Keltirilgan tenglamalarda  $k_2$  tezlik konstantasi,  $q_e$  – ma'lum massali sorbentga yutilgan metall ionlarining miqdori ( $\text{mg g}^{-1}$ ),  $t$ -vaqt ( $\text{daq}$ ).

$\text{Cu}^{2+}$  ionining PAN asosidagi poliamfolitga sorbsiyalanish jarayoni kinetikasi  $t/q_e$  va  $t$  ga bog'liqlik grafigidan psevdodikinchi tartibli kinetik parametrlarini topish orqali baholandi (2-rasm).



**2-rasm. PAN asosidagi poliamfolitga  $\text{Cu}^{2+}$  ioni sorbsiyasining psevdodikinchi tartibli kinetik modeli**

PAN asosidagi poliamfolitga  $\text{Cu}^{2+}$  ionining sorbsiyalanish jarayoni kinetikasi natijalaridan (2-rasm) foydalanib topilgan tezlik konstantalari ( $q_1$  va  $q_2$ ) va korrelyatsiya koeffitsientlari ( $R^2$ ) quyidagi jadvalda keltirilgan.

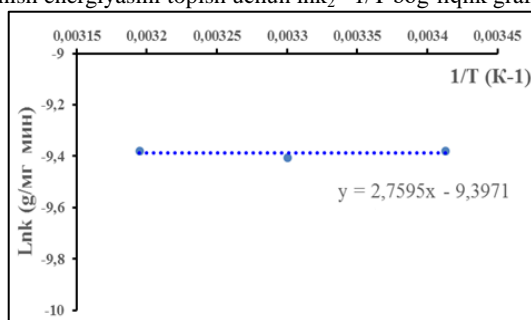
**Sorbsiya jarayonida faollanish energiyasi**

Eritmalardagi adsorbsiya konstantasi qiymatining harorat ta'sirida o'zgarishini Arrheniusning qo'yidagi tenglamasi orqali ifodalanadi.

$$\ln k_2 = \ln A_0 - E_a / RT$$

Bu yerda:  $A_0$  eksponental faktor,  $E_a$  - faollanish energiyasi va  $q_2$  (g/mg min) turli haroratlardagi psevdoo-ikkinchi tartibli kinetik konstanta.

$Cu^{2+}$  ionlarining PAN asosidagi poliamfolitga adsorbsiyalanishi 293-313K oraliqda haroratga mos ravishda ortib borgan. Sorbsiya jarayonida faollanish energiyasini topish uchun  $lnk_2 - 1/T$  bog'liqlik grafigi tuzildi (3-rasm).



3-rasm.  $lnk_2$  ni  $1/T$  ga bog'liqlik grafigi.

Keltirilgan rasmdan  $Cu^{2+}$  ionining PAN asosidagi poliamfolitga yutilishini hisoblab topilgan sorbsiya faollanish energiyasi qiymatlari quyidagi jadvalda keltirilgan.

Quyida keltirilgan jadvaldagi ma'lumotlar  $Cu^{2+}$  ionining PAN asosidagi poliamfolitga sorbsiyalanish jarayoni kinetikasi birinchi tartibli modelga nisbatan ikkinchi tartibli model ma'lumotlari yaxlitlikka yaqinligini ko'rish mumkin. Birinchi tartibli model parametrlari natijalari poliamfolitga dastlabki vaqtlarda  $Cu^{2+}$  ionlarining yutilishi tez sur'atlarda borganligini va so'ng sorbsiya tezligi sekinlashganligini kursatdi. Bunga sabab adsorbent yuzasida metal ionlari miqdori to'planishi va ionlar o'rtasidagi muvozanat yuzaga kelganligi bilan tushuntirish mumkin. Ikkinchi tartibli sorbsiya jarayoni grafigida (2-rasmda) korrelatsiya koeffitsienti birinchi tartibli adsorbsiya korrelatsiya koeffitsentiga ( $R^2$ ) nisbatan birga yaqin chiqqan va jadvaldagi kinetik parametrlar qiymatlari  $Cu^{2+}$  ionining PAN asosida olingan poliamfolitga yutilishi ikkinchi tartibli adsorbsiya kinetikasiga buysinganligidan dalolat beradi. Bu esa sorbsiya jarayoniga ionlar tabiati bilan birga ionit tarkibidagi fosfit guruhlar ham ta'sir ko'rsatganligini bildiradi.

Jadval

PAN asosidagi poliamfolitga  $Cu^{2+}$  ion sorbsiyasining kinetik ko'rsatkichlari va faollanish energiyasi

Psevdoo ikkinchi tartibli				Psevdoo birinchi tartibli				$E_a$ kJ/mol
$C_0$ mg/l	$q_{ex}$ mg/g	$q_{cal}$ mg/g	$R^2$	$q_2$ g/mg daq.	$H$ g/mg daq.	$q_{cal}$ mg/g	$R^2$	
8	153,1	769,2	0,872	0,000015	3,49	527,8	0,888	-0,090047
16	164,7	384,6	0,882	0,000036	5,38	491,7	0,939	-0,0930412
32	177,9	344,8	0,963	0,000057	6,79	507,4	0,931	-0,0928109
48	187,8	312,5	0,991	0,000085	8,25	501,3	0,910	-0,0907382

\*Olib borilgan barcha tajribalar kamida uch marta bajarilib o'rta qiymatlari keltirilgan.

**Xulosa.** Mazkur olib borilgan kinetik tadqiqotlar asosida xulosa qilish mumkinki PAN asosida tarkibida azot va fosfor saqlovchi yangi poliamfolitga mis (II) ion saqlagan sun'iy eritmalaridan sorbsiyasi turli boshlang'ich konsentratsiya va haroratlarda o'rganish ushbu jarayon kinetik parametrlar qiymatlari  $Cu^{2+}$  ( $R^2=0,872-0,991$ ) ionlarning poliamfolitga yutilishi ikkinchi tartibli adsorbsiya kinetikasi qonuniyatlarini asosida borishini ko'rsatdi. Bu esa  $Cu^{2+}$  ionining PAN asosida olingan poliamfolitga sorbsiyalanishida metall ionlari bilan bir qatorda sorbent tarkibidagi azot va fosfor guruhlari ham ta'sir ko'rsatganligidan dalolat beradi. Sorbsiya jarayonida metall ionlarining faollanish energiyasi 22,943 kJ/mol. Metall ionlarining sorbsiyasi metall kationlari va ionit yuzasidagi  $-PO_3H_2-$  guruhlari orasidagi elektrostatik ta'sir asosida boradi. Metall ionlarini saqlagan eritmalarida  $Cu^{2+}$  ionlarining gidratlangan radiusi yuqori bo'ladi. Shuning uchun metall ionlari va ionit yuzasidagi  $-PO_3H_2-$  guruhlari o'rtasida kuchli elektrostatik tortishish yuzaga keladi.

#### ADABIYOTLAR

- Иванов В. А., Горшков В. И. 70 лет истории производства ионообменных смол. // Сорбционные и хроматографические процессы. - 2006. - Т.6. - Вып.1. - С. 5-31.
- А. Е. Tarasova, А. А. Grishchuk, S. V. Karpov, Y. V. Podval'naya, A. V. Chernyak, N. O. Garifulin, E. R. Badamshina. Study of the Formation of Hyperbranched Polyacrylonitrile under the Action of a New Initiating System Based on Bicyclic Tertiary Amine and Ethylene Oxide // Polymer Science, Series B, 2020, Vol. 62, No. 2, pp. 85-93
- Лейкин И. А. Физико-химические основы синтеза полимерных сорбентов. Москва БИНОМ. 2015. С 15-21.
- В. Bandrabur, R. Tataru-Fărnuș, L. Lazăr, G. Gutt «Application of a strong acid resin as ionexchange material for water softening – Equilibrium and thermodynamic analysis». Scientific Study & Research. Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry 2012, 13 (4), p. 361-370
- Рожина Д. А., Пан Л. С., Маковеев А. С. Ионообменные свойства ВЮсорбентов на основе морских водорослей и ферросианидов железа и синка, селективных к ионам сезия // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2014.-Т. 19. №. 5.С. 1458-1461
- Inamuddin M.L. Ion Exchange Technology I: Theory and Materials. - New York – London: Springer Dordrecht Heidelberg, 2012. - 560 p.
- Bekchanov D.J., Sagdiyev., Mukhamediev M.G. Study sorption of heavy metals nitrogen- and-phosphorus containing polyampholytes. // Journal American Journal of Polymer Science America. 2016 N.6. P. 46-49
- Паршина И.Н., Стряпков А.В. Исследование процесса десорбции меди и цинка из катионита КУ-2×8 // Вестник ОГУ, 2004.-№1. С. 97-100.
- Модификация гялуруновой кислоты. Курбанов Х.Г., Ахмедова Н.Н., Сагдиев Н.Ж., Турсунмуратов О.Х., Универсум: химия и биология, 32-36

10. Tursunmuratov O. X. (2022). Vermikulit asosida olingan ionitga statik sharoitda oraliq metall ionlarining sorbsiyasi. *Science and Education*, 3(12), 182-188.
11. Nishat Nahid, Ahmad Sharif, Ahamad Tansir. // Synthesis, characterization and antimicrobial studies of newly developed metal-chelated epoxy resins // *Appl. Polym. Sci.* - 2006. - Vol. 101. № 3. - P. 1347-1355.
12. Smanova, Z.A., Gafurova, D.A., Savchikov, A.V. //Disodium 1-(2-pyridylazo)-2-oxynaphthalene-3,6-disulfonate: An immobilized reagent for iron(III) determination// *Russian Journal of General Chemistry*this link is disabled, 2011, 81(4), str. 739–742.
13. Гафурова Д. А. Хакимжонов Б.Ш., Мусаев У.Н. Модификация полиакрилонитрильного волокна нитрон диметилгидразином. // *Вестник Национального университета Узбекистана*. 2010. №4. С. 31-34
14. Adsorption of Benzene Vapor in Polyacrylonitrile (PAN)/(VMT) Vermiculite Composite Materials Makhkamov B., Makhkamova N., Shakhidova D., Gafurova D. *AIP Conference Proceedings*, 2022, 2432, 050047
15. Пахомов П. М. и др. Высокопрочные и высокомолекулярные полимерные волокна. – Тверь: ТвГУ, 2012. – 327 с.
16. D.N.Shaxidova. Poliakrilonitril asosidagi yangi anionitlarning fizik kimyoviy xossalari. *Dissertasiya avtoteferati*. 2020 yil.
17. Rustamov, M.K., Gafurova, D.A., Karimov, M.M., Bekchonov, D.Z., Mukhamediev, M.G.//Application of ion-exchange materials with high specific surface area for solving environmental problems// *Russian Journal of General Chemistry*, 2014, 84(13), pp. 2545–2551
18. Бекчанов Д. Ж., Мухамедиев М. Г. Сорбция ионов свинца (II) нового поликомплексона содержащий амино-и сульфогруппы // *Главный редактор: Ахметов Сайранбек Махсутович, д-р техн. наук; Заместитель главного редактора: Ахмеднабиев Расул Магомедович, канд. техн. наук; Члены редакционной коллегии.* – 2022. – С. 48.