UDK: 546.185.56

KARBAMID, FORMALDEGID VA DIFENILKARBAZON TARKIBLI SORBENTGA MIS (II) IONINING SORBSIYA IZOTERMASI

Yulchiyeva Marg‘uba G‘afurjonovna
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti, Kimyo muhandisligi kafedra dotsenti
ORCID ID 0000-0003-2248-6219
E-mail: margubayulchieva86@gmail.com
Tel: +99890 120 36 78

Annotatsiya. Mazkur tadqiqot ishida karbamid va formaldegidning ishqoriy muhitda difenilkarbazon bilan polikondensatsiya reaksiyasi asosida sintez qilingan sorbentning sorbsion xossalari o‘rganildi. IQ-spektroskopik tahlil natijalari sorbent tarkibida gidroksil guruhlari (–OH), birlamchi amidlar hamda R–O–H guruhlarining mavjudligini ko‘rsatdi. Kompleks hosil qiluvchi sorbent yordamida eritmalardagi Cu(II) ionlarining sorbsiyasi tadqiq etildi va sorbent fazasida kompleks birikma hosil bo‘lishi aniqlandi. Bu holat IQ-spektrdagi tebranish chastotalarining o‘zgarishi bilan isbotlandi va asoslanib, kompleks birikmaning taxminiy tuzilishi taklif qilindi. Cu(II) ionlarining sorbsiya jarayoni Lengmyur va Freyndlix izotermalari asosida tahlil qilindi.

Kalit so‘zlar: karbamid, formaldegid, difenilkarbazol, IQ-spektr, izoterma Lengmyur, Freyndlix.

Аннотация. В данной работе исследованы сорбционные свойства сорбента, синтезированного путем поликонденсации мочевины и формальдегида с дифенилкарбазоном в щелочной среде. По данным ИК-спектроскопии установлено наличие в составе сорбента гидроксильных групп (–OH), первичных амидов и групп R–O–H. С применением комплексообразующего сорбента изучена сорбция ионов Cu (II) из растворов, при этом установлено образование комплексного соединения в фазе сорбента. Этот факт подтвержден изменением частот колебаний в ИК-спектрах, на основании чего предложена предполагаемая структура комплексного соединения. Процесс сорбции ионов Cu (II) на комплексообразующем сорбенте был проанализирован с использованием изотерм Ленгмюра и Фрейндлиха.

Ключевые слова: мочевина, формальдегид, дифенилкарбазол, ИК-спектр, Ленгмюра, изотерма Фрейндлиха.

Annotation. This study investigates the sorption properties of a sorbent synthesized via the polycondensation of urea and formaldehyde with diphenylcarbazone in an alkaline medium. IR spectroscopic analysis confirmed the presence of hydroxyl groups (–OH), primary amides, and R–O–H groups within the sorbent structure. Using a complex-forming sorbent, the sorption of Cu (II) ions

ISSN 3030-3907

from aqueous solutions was examined, revealing the formation of a complex compound within the sorbent phase. This was substantiated by shifts in vibration frequencies observed in the IR spectra, from which a tentative structure of the complex was proposed. The sorption process of Cu (II) ions on the complex-forming sorbent was analyzed according to the Langmuir and Freundlich isotherms.

Key words: urea, formaldehyde, diphenylcarbazole, IK-spectrum, Langmuir, Freundlich isotherm.

Kirish.

Bugungi kunga kelib chiqindi suvlari tarkibidagi og‘ir metall va zaharli ifloslantiruvchi moddalarni turli xil murakkab substratlardan samarali tozalash amaliy ahamiyat kasb etmoqda. Chiqindi eritmalarni zararsizlantirishda, kompleks hosil qiluvchi sorbentlarga bo‘lgan ehtiyoj ortmoqda. Zamonaviy kimyoning vazifalaridan biri, ion almashinadigan va kompleks hosil qiluvchi polimerlar va polimer materiallarning keng assortimentini yaratish bilan bog‘liq. Hozirgi vaqtda ion almashinuvchi, kompleks hosil qiluvchi polimerlarning yangi hosilalari ishlab chiqilgan.

Adabiyotlar taxlili va metodlari. Hozirda ikkilamchi resurslardan qimmatbaho va og‘ir metallarni qayta ishlash uchun yuqori texnologiyali qurilmalardan samarali va selektiv sorbentlarni ishlab chiqish katta ahamiyatga ega [1].

Ushbu ishlarda biz 1980-2000 yillarda keng qo‘llanilgan ammo ushbu usullarning aksariyati unutilgan, hozirgi vaqtda ushbu usullardan keng foydalanilayotgan klassik kimyoviy yo‘llar bilan mavjud bo‘lmagan yangi birikmalar sintezi va ularni metallar sorbsiyasida qo‘llanishni ko‘rib chiqamiz [2].

o- va p-gidroksibenzoy kislotalarni rezorsin hamda katexol (1,2-digidroksibenzol) bilan bog‘lovchi reagent formaldegid ishtirokida polikondensatsiyalanishidan xelat hosil qiluvchi ion almashinuvchi smolalar sintezi bayon etilgan. Sintez jarayoni dimetilformamidda 80 °C haroratda olib borilgan. Sintez qilingan smolalarda kadmiy (II) va qo‘rg‘oshin (II) ionlari adsorbsiyasi o‘rganilgan [3].

Salitsil kislota, antranil kislota va formaldegidni kislotali muhitda polikondensatsiyalanishidan yangi, xelat hosil qiluvchi terpolimer smola sintez qilingan. Terpolimerning tuzilishi spektral ma’lumotlar asosida isbotlangan [4]:

Ikkilamchi va uchlamchi funksional guruhlarini o‘z ichiga olgan 2,4-dinitrofenilgidrazin asosidagi polimer ionitlar olingan. Bu ionit eritmalardan va tabiiy suvlardan misni ajratib olishda yuqori sorbsion xususiyatlarga ega ekanligi asoslangan [5].

ISSN 3030-3907

Karbamid, formaldegid va 1-naftilamin asosida azotni o‘z ichiga olgan kompleks hosil qiluvchi sorbent sintez qilish bo‘yicha tadqiqotlar o‘tkazilgan. Olingan natijalarga ko‘ra, sintez qilingan sorbentning statik almashinuv sig‘imi 3,8 n NaOH eritmasi uchun 0,1 mg-eq/g ni tashkil etdi. Sintezlangan kompleks hosil qiluvchi sorbentlarning sirt morfologiyasi skanerlovchi elektron mikroskop (SEM) va sorbent tuzilishining IQ-spektroskopik tahlili yordamida o‘rganilgan [6].

Yangi sintez qilingan sorbentning IQ-spektrli tahlil natijalariga ko‘ra, sorbentda OH guruhlari, birlamchi amidlar (biriktirilgan melamin halqasi) va R-O-H guruhi mavjudligini tasdiqlandi. Olingan natijalar asosida metallargiyada chiqindi suvlari tarkibidagi d-metallarni sorbsiyalashda karbamid- formaldegid difenilkarbazon asosida sintez qilingan sorbentdan foydalanish imkoniyatini beradi [7].

Nikel va marganesning [8] sorbsion izotermalari mono va bikomponentli tizimlarda kuzatilib, eksperimental model natijalari Pb (II) va sirt funksional guruhlari o‘rtasidagi xelatlash yoki kompleks o‘zaro ta’sirlar mikrosferalarda og‘ir metall ionlarining kuchli adsorbsiyasi uchun javobgar ekanligini ko‘rsatdi [9]. Psevdo-ikkinchi tartib sorbsiya kinetikasi Cu^{2+} ionlariga ta’sir mexanizmi, strukturaviy xususiyatlari mos ravishda DSC (Differential Scanning Calorimetry) va TG (Thermogravimetric Analysis) tahlillari bilan tavsiflandi [10].

O‘zaro kimyoviy bog‘lar bilan bog‘langan metall komplekslari bo‘lgan xitozan va bog‘lovchi sifatida glutaraldegid matritsasiga to‘rt metall (Cu (II), Zn (II), Ni (II) va Pb(II)) ning sorbsiyasida adsorbsion sharoitlarning ta’siri, xitozanning molyar nisbati va pH o‘zgarishlari o‘rganildi. Rangli metallar Cu (II), Zn (II), Ni (II) va Pb (II) ionlarining eritmalardagi adsorbsiyasi [11], ularning IQ-spektrlari, termik tahlili va issiqlik barqarorligi o‘rganilgan [12].

Ushbu maqolada [13], 2 M HCl katalizatori, p-nitrofenolning terpolimer smolalari, trietilentetramin va formaldegid 2 M NaOH katalizatori ishtirokida karbamid va formaldegidni kondensatsiya qilish orqali 2,2[1]-digidroksibifenil sintez qilindi. Sintez qilingan polimerning sorbsion xossalari Fe^{3+}, Cu^{2+}, Ni^{2+}, Co^{2+}, Zn^{2+}, Cd^{2+} va Pb^{2+} ionlari uchun o‘rganildi. Ion almashinadigan polimer Co^{2+}, Zn^{2+}, Cd^{2+} va Pb^{2+} ionlariga qaraganda Fe^{3+}, Cu^{2+} va Ni^{2+} ionlari uchun yuqori selektivlikni ko‘rsatgan [14].

Tadqiqot jarayonida poli (glisidil metakrilat) mikrosferalarini 2-aminotiazol bilan modifikatsiyalash orqali yangi adsorbent sintez qilindi. Eritmalardan Au (I) ionlarini sorbsiyalash jarayonida Zn (II), Mg (II), Cu (II), Ge (IV) va B (III) kabi ionlar uchun yaxshi selektivlik kuzatildi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, Au (I) ionlarining maksimal adsorbsion qobiliyati 440,54 mg/g ni, eriydigan muhitning pH=4 bo‘lganida muvozanat adsorbsiya vaqti 3 soatni tashkil qiladi [15].

Ushbu tadqiqotda nano o‘lchamdagi (~ 95 nm) rux oksidi, KNO3-NaNO3 ning evtektik eritmasi 45°C da tayyorlangan. Olingan ZnO kislota katalizlangan

ISSN 3030-3907

polimerizatsiya jarayonida karbamid-formaldegid (KF) smolasi bilan biriktirildi. Plyonka shaklida (~ 0,5 mm qalinlikdagi) quyma karbamid-formaldegid smolasi bilan qoplab tayyorlangan ZnO 15 daqiqada suvli eritmadan 80% Cu (II) tarkibini olib tashlash uchun ishlatilgan [46].

Og‘ir metallarning yuqori samarali adsorbsiyasi uchun polietilenimin (PEI) bog‘langan magnitli adsorbent ishlab chiqildi va Cu^{2+}, Zn^{2+} va Cd^{2+} ning adsorbsiyasi pH ga bog‘liq o‘rganildi. Adsorbsion muvozanatga 10 daqiqa ichida erishildi va psevdo-ikkinchi tartibli model bilan yaxshi natijaga erishildi. Ushbu metallar uchun adsorbentning sorbsion izotermalari Langmyur modeliga mos keladi [17].

Dietilentriamin (DETA) funksionallashtirilgan PGMA adsorbentining (P-DETA sifatida ko‘rsatilgan) bir qator og‘ir metall ionlariga, shu jumladan Cu, Co, Ni, Zn va Cd ionlariga nisbatan sorbsiya samaradorligi o‘rganilgan. Natijalarga ko‘ra Cu, Ni va Zn ionlari adsorbsiyalanganda tetraedral geometriyani (to‘rt marta koordinatsiya), Co ion esa oktaedral geometriyani (olti marta koordinatsiya) ko‘rsatadi [18].

Yuqoridagi adabiyotlar tahlilidan kuzatiladiki, ikki valentli d-metallarini sorbsiyalovchi kompleks hosil qiluvchi sorbentlar, metallar bilan sorbent hosil qilgan koordinatsion birikmalarining tadqiqi to‘liq o‘rganilmagan.

Ushbu tadqiqot ishining maqsadi - karbamid, formaldegid va difenilkarbazon asosida olingan sorbent va uning d-metallar bilan kompleks hosil qilishini o‘rganish.

EMC-30PC-UV va IRTracer-100 SHIMADZU infraqizil Fourier IR spektrometrida (Yaponiya) (diapazon 400–4000 sm^{-1}, ruxsati 4 sm^{-1}) kukun usuli yordamida aniqlandi, tasvirlari Toshkent kimyo texnologiya ilmiy tadqiqot institutida olingan.

Natijalar va muhokama. Avvalgi tadqiqotlarimizda karbamid formaldegid smolasini difenilkarbazon bilan modifikatsiyalab yangi kompleks hosil qiluvchi sorbent sintezi o‘rganildi. Reaksion aralashma 90-100 °C haroratda 1,5-2 soat qizdirib, mayda, g‘ovak, sarg‘ish qizil rangli qattiq ionit sintez qilindi. Reaksiya unumi 89 % [19].

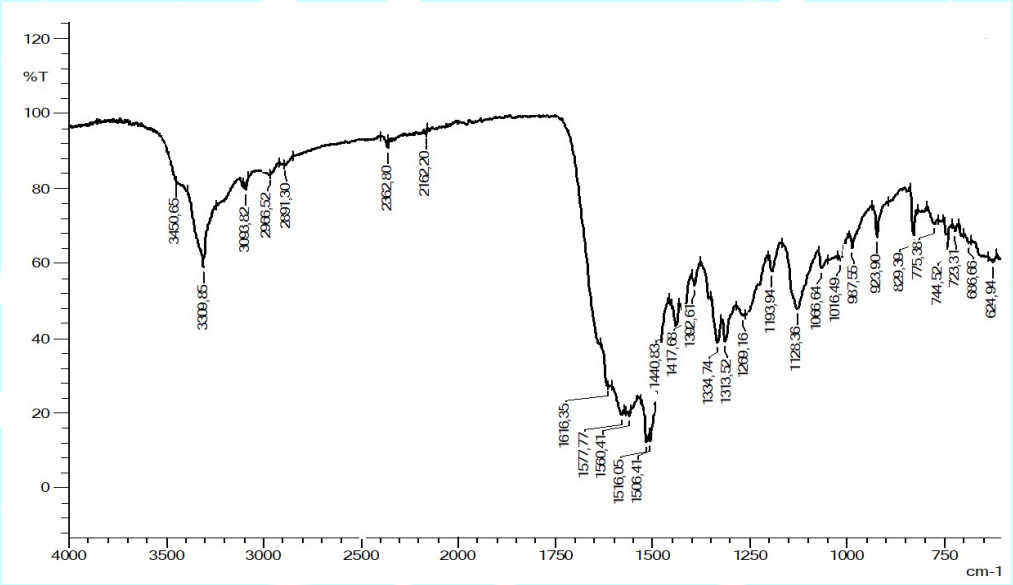
Ushbu sintez qilib olingan ionit tarkibidagi mavjud funksional guruhlar, Cu (II) ionini sorbsiyalaganda so‘ng funksional guruhlarning siljish sohalarini o‘rganish maqsadida IQ- spektr tahlilli o‘tkazildi.

KF-DKning IQ- spektrlari CONHR ikkilamchi amid va bog‘langan OH guruhlari (bog‘langan NH_2 guruhlari, bitta sohada) tebranish chastotalariga mos keladigan 3309 sm^{-1} sohadagi chiziqlarni o‘z ichiga oladi.

ISSN 3030-3907

1616 sm^{-1} sohasini paydo bo‘lishi -C=O bog‘langan guruhi hamda C=N guruhli bog‘lanish mavjudligini ko‘rsatadi va 1440 sm^{-1} sohasida biz N=N guruhining o‘zgaruvchan bandlarini kuzatamiz.

Shu bilan birga 1616-1440 sm^{-1} sohalarda aromatik halqaning cho‘zilgan tebranishlari namayon bo‘ldi. 1389 sm^{-1} sohasida – CH_2, 829 sm^{-1} sohada –C-N= guruhiga xos tebranishlar kuzatildi.

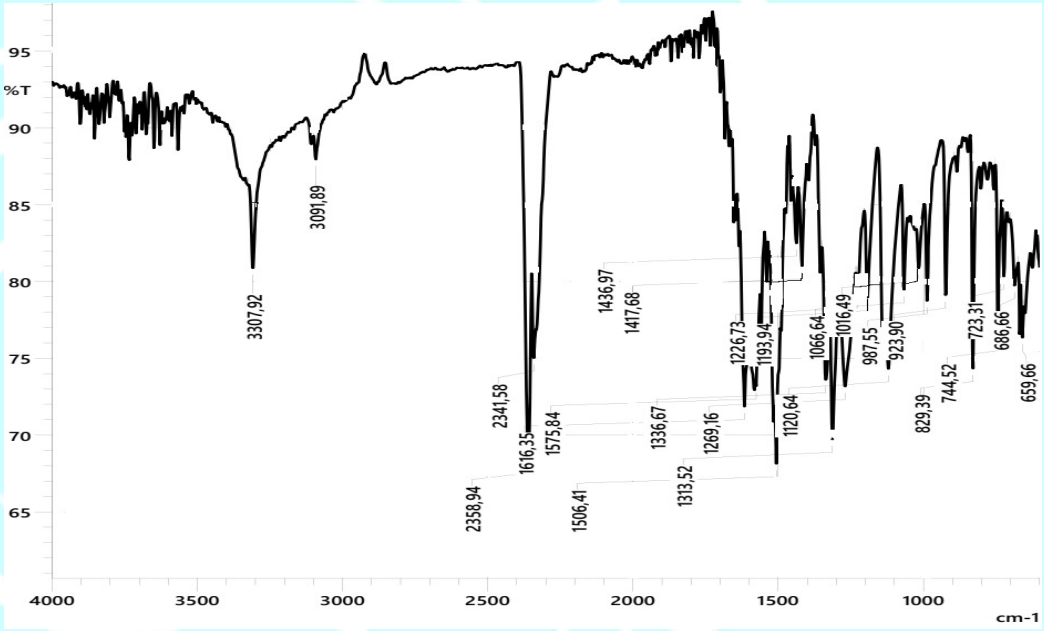


1-rasm. KF-DK ionitining IQ-spektri

KF-DK sorbentining mis (II) ioni bilan hosil bo‘lgan koordinatsion birikmasining IQ-spektridagi nur yutilish chastotalari tahlil qilinib, quyidagi sohalarda o‘zgarishlar kuzatildi.

Ikkilamchi amid va bog‘langan OH guruhlari tebranish chastotalariga mos keladigan tebranishlar 3307 sm^{-1} sohada namoyon bo‘ldi. 1616 sm^{-1} sohasini paydo bo‘lishi -C=O guruhi hamda C=N guruhli bog‘lanish mavjudligini ko‘rsatadi. 1438 sm^{-1} sohasida N=N guruhining o‘zgaruvchan bandlar kuzatildi va shu bilan birga 1616-1436 sm^{-1} sohalarda aromatik halqaning cho‘zilgan tebranishlari namayon bo‘ldi. 1336 sm^{-1} sohasida – CH_2, 829 sm^{-1} sohada –C-N guruhiga xos tebranishlar kuzatildi.

ISSN 3030-3907



2-rasm. KF-DF ning Cu (II) ioni bilan hosil qilgan kompleks birikmaning IQ-spektri

1-jadval

KF-DK va KF-DK+Cu (II) ning IQ-spektr chastota siljishlari

Birikma	ν(NH)	$\nu_s(CH_2)$	$\delta(CH_2)+\delta(CN)$	(N=N)	ν(C-N)	ν(C-OH)
KF-DK	3309	2891	1616	1440	829	775
KF-DK + Cu (II)	3307	2885	1616	1417	829	744

1-jadvalga ko‘ra, sorbentdagi amino guruhlar metall ionining koordinatsiyalanishini ta’minlaydi, bunda to‘rt a’zoli xelat xalqa hosil bo‘ladi.

Sintezlangan kompleks hosil qiluvchi sorbent Cu (II) ionlari uchun sorbsiya izotermasi o‘rganildi. Buning uchun 50 mg sorbent tortib olinib, 1 soat davomida 10 ml distillangan suvda qoldirildi. So‘ng suvda shishgan sorbent tahlil uchun olingan Cu (II) ning 0,1n 10 ml tuzli eritmasiga solinib, termostatlangan suv hammomida 2,5-3 soat davomida aralashtirib turildi. Dastlabki va sorbsiyadan keyingi eritmalarning optik zichligi farqi bo‘yicha komponentlar konsentrasiyasi spektrofotometrik usulda aniqlandi va sorbsiya samaradorligi yani ionitga yutilgan ion miqdori q (mol/g) ionit fazasidagi komponent miqdori bo‘yicha quyidagi formuladan aniqlandi:

$$q = \frac{V}{m} \cdot (C_1 - C_2)$$

bu yerda

C_1 –eritmaning boshlang‘ich konsentratsiyasi mol/l;

C_2 – eritmaning sorbsiyadan keyingi konsentratsiyasi, mol/l;

ISSN 3030-3907

V – sorbsiya uchun olingan eritma hajm, ml;
m - quruq sorbentning massasi, g.

Sorbsiya jarayoni har bir ionit uchun 20, 40, 60, 80°C haroratlarda o‘tkazildi va olingan tahlil natijalariga ko‘ra, Cu (II) ionlarining optimal sorbsiyalanish harorati 40°C ekanligi aniqlandi(3-rasm).

Adsorbsion izotermalarda sorbsiya jarayoni Lengmyur va Freyndlix tenglamalaridan foydalanib, sorblanganlar (muvozanatda) o‘rtasidagi bog‘liqlikni tekshirishda keng qo‘llaniladi. Cu (II) ionlarining miqdoriy sorbsiyalanish muvozanatini aniqlash uchun ham Lengmyur va Freyndlix modelidan foydalanildi.

2-jadval

Sorbsiya izotermasining modeli

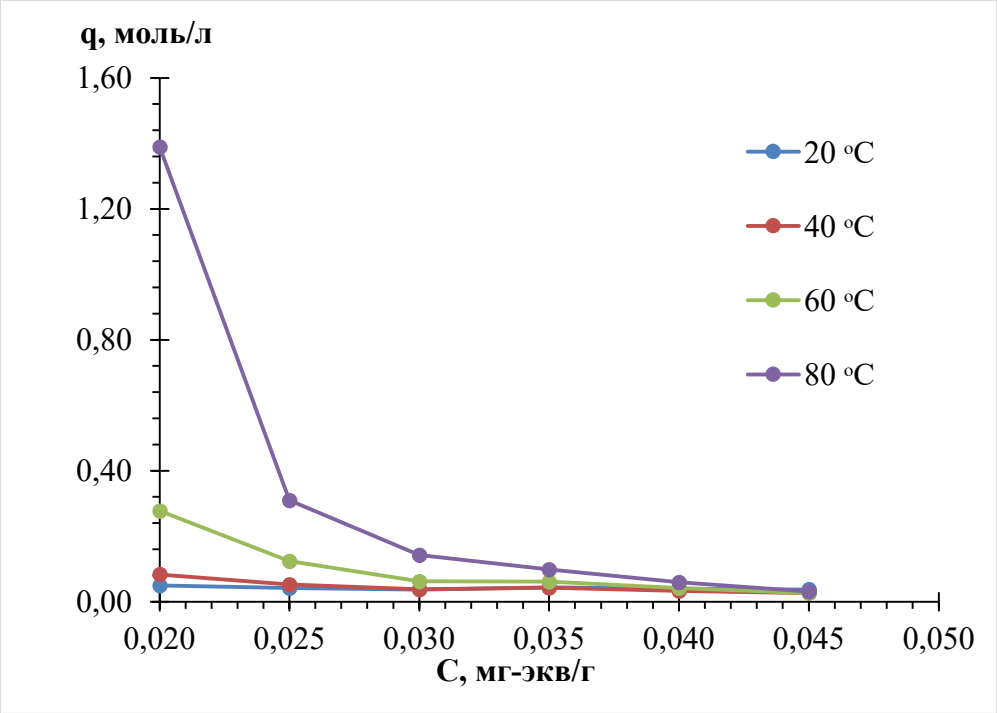
Model	Tenglama
Lengmyur	$q = q_{mak}\frac{Kl * C}{1 + Kl * C}$
Freyndlix	$q = K_F * C^{1/n}$ $lgq = lgK_F + 1/n * lgC$

2-jadvalda keltirilgan tenglamalarda K_L va K_F – Lengmyur va Freyndlix tenglamalaridagi muvozanat konstantalari, q_{mak}- ionitning maksimal sig'imi, mol/g; C– eritmadagi tarkibiy qismlarning muvozanat kontsentratsiyasi, mol/l; n – sorbsiyaning intensivligini ko‘rsatadigan Freyndlix izotermasining doimiysi.

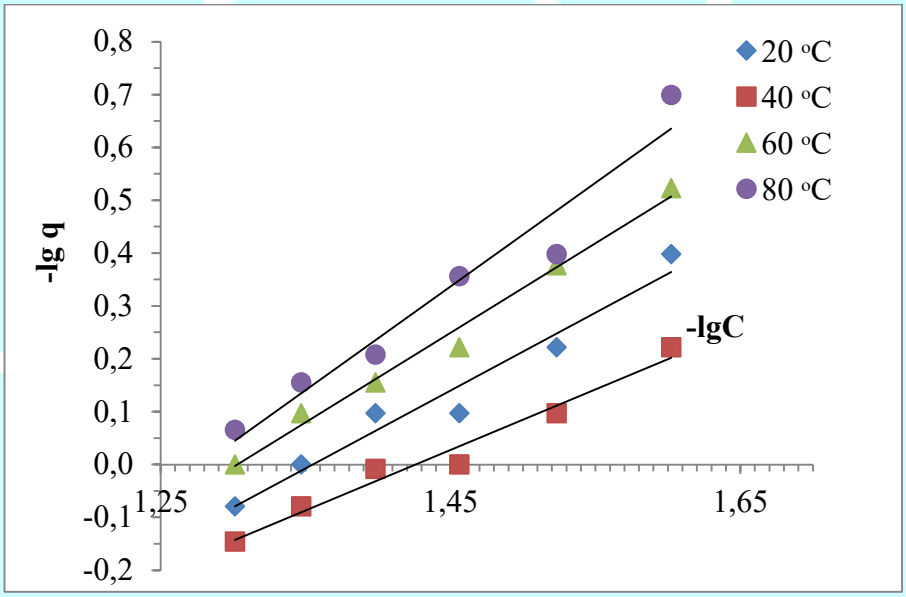
Lengmyur va Freyndlix izoterma tenglamalaridan kelib chiqadigan doimiyliklarning qiymatlarini hisoblashlar Microsoft Excel 2013 ofis paketidagi LINEYN funksiyasi yordamida kichik kvadratlar usulida o‘tkazildi.

Sintez qilingan xelat hosil qiluvchi sorbentda sorbsiya izotermasi Cu (II) ionlaridan olingan natijalar 3 va 4-rasmlarda grafik ko‘rinishida keltirildi. Tajribalarda olingan natijalar Lengmyur va Freyndlix modellari bo‘yicha qayta ishlandi.

ISSN 3030-3907



3-rasm. Lengmyur modeli bo‘yicha Cu (II) ionlarining KF-DK bilan chiziqli shakldagi sorbsiya izotermalari.



4-rasm. Freyndlix modeli bo‘yicha Cu (II) ionlarining KF-DK bilan chiziqli shakldagi sorbsiya izotermalari.

3-jadval

Cu (II) ionlarining yutilish izotermasi

№	Izoterma parametrlar	Qiymatlar
	Lengmyur izoterma modeli	
1	Q_{max}	1,962
2	K_L	10,05
3	R_L	0,002
4	R^2	0,967

ISSN 3030-3907

Freyndlix izoterma		modeli
1	**1/n**	1,405
2	**n**	0,711
3	**K_F**	4,078
4	**R^2**	0,982

3-jadvalda KF-DK sorbentining Lengmyur va Freyndlix modeli bo‘yicha Cu (II) ionlari sorbsiya izotermalarining doimiyliklari keltirilgan. Bundan ko‘rinadiki, KF-DKda Cu (II) ionlari sorbsiya izotermasi Freyndlix modeliga bo‘ysunadi. Harorat 40 ^{0}C da sorbentning maksimal sorbsion sig‘imi ortishi, sorbent tarkibidagi koordinatsion bog‘lar mustahkamligini bildiradi. Ya’ni 40^{0}C da sorbentning bo‘kuvchanligi ortishi natijasida, sorbsiyalanuvchi ionlar ligand tarkibiga chuqurroq kirib sorbsiyalanadi.

Xulosa. Karbamid, formaldegid va difenilkarbazon asosida sintez qilib olingan sorbentning IQ-spektrlari hamda ushbu sorbentning Cu (II) ionlari sorbsiyasidan olingan sorbentning IQ- spektrlari taxlil qilindi. Taxlil natijalariga ko‘ra KF-DK ning Cu (II) ionlari bilan hosil qilgan kompleks birikmasining taxminiy formulalari keltirildi. KF-FKning Cu (II) ionlari bilan sorbsiya jarayoni 20, 40, 60, 80 ^{o}C haroratlarda olib borilib, sorbsiyalanishning optimal harorati 40°C ekanligi aniqlandi. Sorbsiya izotermalari Lengmyur va Freyndlix modeli bo‘yicha taxlil qilindi. Olingan natijalarga ko‘ra, KF-DK da Cu (II) ionlarining sorbsiya izotermasi Freyndlix modeliga mos kelishi aniqlandi.

ADABIYOTLAR

1. Wang, X., Wang, F., Cui, X., Du, X., & Lu, X. (2021). UiO series of metal-organic frameworks composites as advanced sorbents for the removal of heavy metal ions: Synthesis, applications and adsorption mechanism. Ecotoxicology and Environmental Safety, 208, 111577. DOI.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111577

2. Shanker, U., & Rani, M. (Eds.). (2022). Liquid and Crystal Nanomaterials for Water Pollutants Remediation. Boca Raton, Florida, USA: CRC Press.

3. Shah, B. A., Shah, A. V., & Tailor, R. V. (2011). Characterization of hydroxybenzoic acid chelating resins: Equilibrium, kinetics, and isotherm profiles for Cd (II) and Pb (II) uptake. Journal of the Serbian Chemical Society, 76(6), 903-922.

4. Riswan Ahamed, M. A., Azarudeen, R. S., Subha, R., & Burkanudeen, A. R. (2014). Sorption behavior of ion-exchange terpolymer resin with environmental impact: synthesis, characterization and isotherm models. Polymer bulletin, 71(12), 3209-3235. DOI.org/10.1007/s00289-014-1246-7

5. Йулчиева, М. Г., Касимов, Ш. А., Тураев, Х. Х., & Турсунов, О. Х. У. (2021). Синтез и исследование хелатообразующего сорбента на основе

ISSN 3030-3907

карбамида, формальдегида и 2, 4-динитрофенилгидразина. Universum: химия и биология, (11-2 (89)), 33-36. DOI - 10.32743/UniChem.2021.89.11.12481

6. Marguba, Y. (2023). SYNTHESIS AND INVESTIGATION OF IONITES OBTAINED ON THE BASED ON FORMALDEHYDE, UREA, 1-NAPHTHYLAMINE. Multidisciplinary Journal of Science and Technology, 3(5), 340-345. Doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V71I8P214

7. Gafurjanovna, Y. M., Khudoynazarovich, T. K., Ugli, N. A. K., & Ergashevna, T. I. (2024). Studying synthesis of a chelate-forming sorbent based on urea-formaldehyde and diphenylcarbazone. DOI:org/10.56042/ijc.v63i6.9006

8. Эшмуродов, Х. Э., Гелдиев, Ю. А., Тураев, Х. Х., Джалилов, А. Т., & Суюнов, Ж. Р. (2020). ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ КРЕМНИЙСОДЕРЖАШИЙ КАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНОЙ СМОЛЫ. Universum: технические науки, (12-5 (81)), 9-13. DOI: 10.32743/UniTech.2020.81.12-5.9-13

9. AbduvalievaM. Z., ErmuratovaN. A., TuraevK. K., Kornilov, K. N., & KasimovS. A. (2024). СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ КОМПЛЕКСООБРАЗУЮЩЕГО СОРБЕНТА НА ОСНОВЕ КАРБАМИДА, ФОРМАЛЬДЕГИДА И БРОМКРЕЗОЛОВОГО ПУРПУРОВОГО. ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ. СЕРИЯ «ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ», 67(3), 35-44. https://doi.org/10.6060/ivkkt.20246703.6949

10. Fan, H. T., Sun, X. T., Zhang, Z. G., & Li, W. X. (2014). Selective removal of lead (II) from aqueous solution by an ion-imprinted silica sorbent functionalized with chelating N-donor atoms. Journal of Chemical & Engineering Data, 59(6), 2106-2114. DOI:10.1021/je500328t

11. Chen ArhHwang, C. A., Yang ChengYu, Y. C., Chen ChiaYun, C. C., Chen ChiaYuan, C. C., & Chen ChiaWen, C. C. (2009). The chemically crosslinked metal-complexed chitosans for comparative adsorptions of Cu (II), Zn (II), Ni (II) and Pb (II) ions in aqueous medium. DOI.10.1016/j.jhazmat.2008.07.073

12. Prabhakaran, D., & Subramanian, M. S. (2003). A new chelating sorbent for metal ion extraction under high saline conditions. Talanta, 59(6), 1227-1236. DOI.10.1016/S0039-9140(03)00030-4

13. Jadhao, M. M., Paliwal, L. J., & Bhave, N. S. (2009). Ion-exchange properties of 2, 2'-dihydroxybiphenyl-urea-formaldehyde terpolymer resins. Desalination, 247(1-3), 456-465. DOI.10.1016/j.desal.2008.07.020

14. Kalbende, P. P., & Zade, A. B. (2015). Sorption studies of terpolymers based on p-nitrophenol, triethylenetetramine, and formaldehyde. Separation Science and Technology, 50(7), 965-974. DOI: 10.1080/01496395.2014.978457

ISSN 3030-3907

15. Xolboyeva, M., Smanova, Z., Gafurova, D., Yulchiyeva, M., & O‘ralova, M. (2025). IMMOBILLANGAN NITROZO-R-TUZI YORDAMIDA Fe (III) IONINI ANIQLASHNING SAMARALI VA SELIKTIV USULINI ISHLAB CHIQISH. Farg’ona Davlat Universiteti, 30(6), 109. Retrieved from https://journal.fdu.uz/index.php/sjfsu/article/view/5471

16. Pandey N., Shukla S. K., Singh N. B. Zinc oxide-urea formaldehyde nanocomposite film as low-cost adsorbent for removal of Cu (II) from aqueous solution //Advanced Materials Letters. – 2015. – T. 6. – №. 2. – C. 172-178. DOI: 10.5185/amlett.2014.5604

17. Pang Y. et al. PEI-grafted magnetic porous powder for highly effective adsorption of heavy metal ions //Desalination. – 2011. – T. 281. – C. 278-284. https://doi.org/10.1016/j.desal.2011.08.001

18. Liu C., Bai R. Extended study of DETA-functionalized PGMA адсорбент in the selective adsorption behaviors and mechanisms for heavy metal ions of Cu, Co, Ni, Zn, and Cd //Journal of Colloid and Interface Science. – 2010. – T.350. – №. 1. – C. 282-289.

19. Yulchiyeva, M., Turayev, X., Kasimov, S., Xolboyeva, M., Abduvaliyeva, M., & Choriyeva, N. (2025). D-METALLARNING KARBAMID, FORMALDEGID VA DIFENILKARBAZON BILAN SORBSIYASI VA TADQIQOTI. Farg‘ona Davlat Universiteti, 30(6), 110. Retrieved from https://journal.fdu.uz/index.php/sjfsu/article/view/5484

ISSN 3030-3907