

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIV VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI

FARG'ONA DAVLAT UNIVERSITETI

**FarDU.
ILMIY
XABARLAR-**

1995 yildan nashr etiladi
Yilda 6 marta chiqadi

4-2022

**НАУЧНЫЙ
ВЕСТНИК.
ФерГУ**

Издаётся с 1995 года
Выходит 6 раз в год

J.Tursunov, A.Ibragimov, U.Ishimov Farg'ona vodiysida o'sadigan <i>cistanche mongolica</i> o'simligining poya qismi flavonoidlar tarkibi va miqdorini yuqori samarali suyuq xromatografik usulda aniqlash.....	198
Sh.Turg'unboev, H.Toshov, A.Xaitbayev Gossipolning benzidin bilan yangi shiff asoslari sintezi	203
X.Trobov, R.Djurayeva, X.Karimov, Z.Islomova Kuchli kislotalar eritmalarida polivinilspirt gelining bo'kishi.....	207
M.Axmadaliyev, I.Sharofiddinov Metanning pirolizlashdagi chiqindilarini qaytaishlash omillari.....	212
M.Axmadaliyeva, M.Axmadaliyev 11-rafinatni parafinsizlantirishda erituvchi tarkibining ta'siri.....	217
U.Yusupaliyev, T.Amirov Bitum emulsiyasi qo'shilgan sement bilan ishlov berilgan shag'al-qum qorishmalari bilan asoslarni qurish uslublari	222
N.Dexqanova, E.Abduraxmonov, F.Raxmatkariyeva, N.Jamoliddinova, NaX seolitida vodorod sulfid adsorbsiya termodinamikasi	229
I.Asqarov, X.Isaqov, S.Muhammedov Furfurolidenkarbamidning mass-spektroskopik va termik tahlili	237
F.Xurramova, S.Zokirov, Sh.Yarmanov, S.Botirov, A.Inxonova Tabiiy polimerlarga sun'iy eritmalaridagi Pb () ionlarining sorbsiya kinetikasi	240

BIOLOGIYA, QISHLOQ XO'JALIGI

I.Zokirov, D.Asqarova, G.Zokirova <i>Leptinotarsa decemlineata</i> say, 1824 invaziv turining Farg'ona vodiysi bo'ylab tarqalish xususiyatlari	245
N.Abdullayeva, M.Davidov Assortimentni kengaytirish va yumshoq pishloq ishlab chiqarishni ko'paytirish istiqbollari	250
A.Turdaliyev, K.Asqarov, M.Haydarov Sug'oriladigan tuproqlarni ekologik jihatdan baholash	254
R.Jamolov, O.To'rayev, N.Xoshimova Farg'ona viloyatida ona asalarini sun'iy usulda urug'lantirishning uning tuxumdorligiga ta'siri.....	258
G'.Yuldashev, D.Darmonov, I.Mamajonov Minerallashgan suvlar bilan sug'orishdagi tuproqning tuz balansining o'zgarishi	262

ILMIY AXBOROT

A.Bababekov Marosim iqtisodiyoti: nikoh to'yi marosimlari misolida (iqtisodiy antropologik tahlil)	268
S.Ruziyeva O'zbekistonda san'at menejmenti: asosiy yo'nalishlari va rivojlanish strategiyalari.....	274
O.Abobakirova Abdulla Avloniy hikoyatlarining badiiy-estetik va ma'rifiy-tarbiyaviy ahamiyati	278
D.Nasriyeva Isajon Sulton asarlarida presedent birliklar lingvomadaniy vosita sifatida.....	283
I.Raufov O'zbekistonda neft-gaz tizimi istiqbollari	287
N.Jumaniyazova O.Hoshimovning "Ikki eshik orasi" asarining badiiy tahlili.....	290
E.Nasrullayev Navoiyshunos S.Olimov tadqiqotlarida ulug' shoir ma'rifiy talqinlarining tadqiqi.....	293

TABIIY POLIMERLARGA SUN'IY ERITMALARDAGI Pb (II) IONLARINING SORBSIYA KINETIKASI

КИНЕТИКА СОРЕЦЦИИ ИОНОВ Pb (II) ИЗ ИСКУССТВЕННЫХ РАСТВОРОВ НА ПРИРОДНЫХ ПОЛИМЕРАХ

KINETICS OF SORPTION OF Pb (II) IONS FROM ARTIFICIAL SOLUTIONS ON NATURAL POLYMERS

Xurramova Fayyoza Turg'un qizi¹, Zokirov Sardor Orif o'g'li²,
Yarmanov Sherimmat Xalillayevich³, Botirov Sunnatjon Xudoyberdi o'g'li⁴, Inxonova Arofat⁵

¹Xurramova Fayyoza Turg'un qizi

–Magistrant, Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy universiteti.

²Zokirov Sardor Orif o'g'li

–Stajyor-tadqiqotchi, Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy universiteti.

³Yarmanov Sherimmat Xalillayevich¹

–Tayanch doktorant, Xorazm Ma'mun Akademiyasi

⁴Botirov Sunnatjon Xudoyberdi o'g'li

–Tayanch doktorant, Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy universiteti.

⁵Inxonova Arofat

–Tayanch doktorant, Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy universiteti
Uzbekistan, Tashkent.

⁶Bekchanov Davronbek Jumazarovich

–k.f.d. dotsent, Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy universiteti.

Аннотация

Ushbu ishda biologik chiqindi polimer hisoblangan soch tolalariga sun'iy eritmalar tarkibidagi qo'rg'oshin ionlarini yutilish kinetikasi o'rganilgan. Bunda psevdobirinchii va ikkinchi tartibli kinetik modellar yordamida kinetika o'rganilgan bo'lib, olingan natijalar faollangan soch tolalariga Pb(II) ionlarini yutilishi psevdobirinchii tartibli kinetik modelga bo'ysunishini ko'rsatdi. Qo'rg'oshin maksimal yutilish sig'imi 76,125 mg/g ni tashkil qilgan. Muvozanat holatidagi adsorbsiya mexanizmini ifodalash uchun Lengmyur va Freundlix izoterma modellaridan foydalanildi. Olingan natijalar asosida hisoblab topilgan izoterma parametrlari ($R^2=0,9333$ va $R^2=0,9281$) qiymati barcha izoterma modellariga mos kelganligi aniqlandi. Freundlix parametrlari qiymatiga ko'ra $n=2,74$ bo'lib, bu esa sorbsiya yuqori darajada borganligini ko'rsatadi. Lengmyur tenglamasi bo'yicha korrelatsion koeffitsiyenti R^2 qiymati Pb(II) ionlari uchun 0,9333 ga teng va konsentratsiya o'zgarishi adsorbsiya jarayoni Lengmyur monomolekulyar adsorbsiya nazariyasiga bo'ysunishini (R_L - qulay bo'lishi) ko'rsatadi. Bu esa faollangan soch tolalariga Pb(II) ionlari sorbsiyalanishini ko'rsatadi.

Аннотация

В данной работе изучена кинетика сорбции ионов свинца (II) из искусственных растворов на волокнами волос, которые являются биологический отходным полимеров. В данном случае кинетика изучалась с использованием кинетических моделей псевдо-первого и второго порядка, и результаты показали, что поглощение ионов Pb(II) в активированных волосных волокнах подчиняется кинетической модели псевдо-второго порядка. Максимальная адсорбционная способность свинца составила 76,125 мг/г. Для представления механизма адсорбции при равновесии использовались изотермические модели Ленгмюра и Фрейндлиха. На основании полученных результатов было установлено, что значения расчетных параметров изотермы ($R^2=0,9333$ и $R^2=0,9281$) соответствуют всем моделям изотерм. Значение параметра Фрейндлиха равно $n = 2,74$, что указывает на высокую сорбцию. Согласно уравнению Ленгмюра коэффициент корреляции R^2 для ионов Pb(II) равен 0,9333, а изменение концентрации свидетельствует о том, что процесс адсорбции подчиняется Ленгмюровской теории мономолекулярной адсорбции (R_L). Это указывает на сорбцию ионов Pb(II) активированными волокнами волос.

Abstract

In this work, we studied the sorption kinetics of lead (II) ions from artificial solutions on hair fibers, which are biological waste polymers. In this case, the kinetics were studied using pseudo-first and second-order kinetic models, and the results showed that the uptake of Pb (II) ions in activated hair fibers follows a pseudo-second order kinetic model. The maximum adsorption capacity of lead was 76.125 mg/g. The isothermal models of Langmuir and Freundlich were used to represent the mechanism of adsorption at equilibrium. Based on the results obtained, it was found that the values of the calculated isotherm parameters ($R^2=0.9333$ and $R^2=0.9281$) correspond to all isotherm models. The value of the Freundlich parameter is $n=2.74$, which indicates a high sorption. According to the Langmuir equation, the correlation coefficient R^2 for Pb(II) ions is 0.9333, and the change in concentration indicates that the adsorption process obeys the Langmuir theory of monomolecular adsorption (R_L). This indicates the sorption of Pb(II) ions by activated hair fibers.

KIMYO

Kalit soʻzlar: Qoʻrgʻoshin ionlari (Pb^{2+}), adsorbent, soch tolasi, kinetika, psevdobirinchi tartib, psevdodikkinchi tartib, Lengmyur, Freundlich va izoterma.

Ключевые слова: Ионы свинца (Pb^{2+}), адсорбент, волосяное волокно, кинетика, псевдо-первый порядок, псевдо-второй порядок, Ленгмюр, Фрейндлих и изотерма.

Key words: Lead ions (Pb^{2+}), adsorbent, hair fiber, kinetics, pseudo-first order, pseudo-second order, Langmuir, Freundlich and isotherm.

KIRISH

Hozirgi kunda dunyoda aholi sonining ortib borishi sanoat va qishloq xoʻjaligi mahsulotlariga boʻlgan talabni oshirmoqda. Bu esa oʻz navbatida aholi oʻrtasida suv tanqisligini keltirib chiqarishi dunyo miqyosida tan olingan muammolardan biri boʻlib kelmoqda. Koʻpgina davlatlarda sanoat va boshqa isteʼmol sohalari suvdan foydalanishni kamaytirishlari lozim. Shu sababli texnik va oqava suvlarni qayta sirkulyatsiya qilish, oʻz navbatida ular tarkibidagi ogʻir metallarni ajratish va qaytarish katta ahamiyat kasb etadi [1]. Sanoat va qishloq xoʻjaligi chiqindi suvlari tarkibidagi ogʻir metallar baʼzi organik birikmalar bilan solishtirilganda ularning odam organizmi tirik toʻqimalarida toʻplanishga moyil boʻlib, turli xil organlarga sezilarli ravishda taʼsir koʻrsatadi. Shu munosabat bilan turli xil sintetik adsorbentlardan farqli ravishda tabiiy biosorbentlardan foydalanish yoʻlga qoʻyilmoqda. Qimmatbaho metallarni adsorbsiyalash uchun oʻsimlik barglari va meva qobiqlaridan bio-sorbent sifatida foydalanilgan. Koʻpchilik bio-sorbentlar ekologik jihatdan qulay boʻlishi mumkin, ammo saqlash muddati boʻyicha muammo tugʻdiradi. Shu sababli turli xil tadqiqotlarda biosorbentlarni kimyoviy modifikatsiya qilish orqali turli muammolarni bartaraf etishga erishilgan [2].

ADABIYOTLAR TAHLILI VA METODLAR

Bio-adsorbentlardan yana biri selektivligi yuqori boʻlgan adsorbentlar soch tolalaridir. Soch tolalari ekologik jihatdan toza, ishchi holatga keltirish oson va arzonligi bilan ajralib turadi [3]. Uning tarkibida koʻplab aminokislotalar, polifenollar va oqsillar mavjud boʻlib, xususan oqsillarning toʻliq gidrolizlanishi natijasida 13-18% sistein aminokislotalari mavjudligi koʻrsatilgan [4]. Baʼzi tadqiqotlarda soch tarkibidagi L-sistin aminokislotalari va L-sistein aminokislotalarining mavjudligi sababli sochning hech qanday kimyoviy oʻzgartirishsiz ham qimmatbaho metallarni chiqindi suvlari tarkibidan tozalash uchun yaxshi adsorbent boʻla olishi keltirilgan. Soch tabiatda miqdor jihatdan koʻp va barqaror. Shuningdek oʻziga xos selektivlikka va mukammal adsorbsiyaga ega biosorbent boʻla oladi [5].

Oqava suvlari tarkibida eng koʻp uchrovchi ogʻir zaharli metallarga qoʻrgʻoshin, kadmiy, xrom, nikel, mis, kumush va rux kabi metallar misol boʻladi. Oqava suvlarga koʻp miqdorda ogʻir metallarni chiqarish salomatlik va atrof-muhit uchun jiddiy muammolarni keltirib chiqarishi mumkin. Bu oqava suvlarni tozalash xarajatlarini ortishiga ham olib keladi. Shuningdek ogʻir metallar oz miqdorda tabiatda ham uchrab changli shamollar, oʻrmon yongʻinlari kabi omillar yordamida suv tizimlariga tushishi mumkin. Ularning atrof muhitda paydo boʻlishi va toʻplanishi bevosita va bilvosita inson omili tufayli boʻlib, yuqori surʼatda sanoatlashish, urbanizatsiya va antropogen omillar hisobiga sodir boʻlmoqda [6].

Sanoat miqyosida ogʻir metallarni tozalashning choʻktirish, bugʻlatish, suyuqlik-suyuqlik ekstraksiyasi, ionalmashinuvchi sorbentlar, qaytar osmos va elektrodializ kabi usullardan foydalaniladi. Bular orasida tabiiy va sintetik sorbentlar asosidagi sorbsiya usullari katta miqdordagi oqava suvlari tarkibidagi kichik konsentratsiyadagi ekotoksikantlar, xususan ogʻir metallarni yutishi bilan qolgan usullardan ustun hisoblanadi. Soʻnggi yillarda ogʻir va nodir metallarni boyitishga asoslangan sanoat obyektlarida ionalmashinuvchi sorbentlarga asoslangan sorbsion texnologiyalar keng qoʻllanilmoqda [7].

Ushbu ishda adsorbsiya kinetikasi psevdobirinchi tartibli va psevdodikkinchi tartibli kinetik modellar yordamida tadqiq etildi [8].

Psevdobirinchi tartibli kinetik model

Bu model quyidagi tenglama yordamida ifoda etiladi:

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

Ushbu tenglamada q_t va q_e $Pb(II)$ ionlarining berilgan vaqtdagi va muvozanat holatidagi miqdori ($mg \cdot g^{-1}$), k_1 esa birinchi tartibli sorbsiya jarayonining tezlik konstantasi (min^{-1}) [9].

Psevdo-ikkinchi tartibli kinetik model

Bu model quyidagi tenglama yordamida ifoda etiladi:

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

Boshlang'ich sorbsiya tezligi(t=0) quyidagicha topiladi:

$$h = k_2 \cdot q_e^2$$

Ushbu tenglamada: k_2 tezlik konstantasi, q_e esa sorbentga yutilgan qo'rg'oshin ionlarining miqdori ($mg \cdot g^{-1}$), t -vaqt (minut).

Lengmyur izoterma modeli

Quyidagi tenglama bilan ifodalanadi [10].

$$q_e = q_{max} \frac{K_L C_e}{1 + K_L C_e}$$

Bu yerda q_e –ma'lum massali sorbentga yutilgan metal miqdori: ($mg \cdot g^{-1}$), C_e - eritmning muvozanat konsentratsiyasi ($mg \cdot l^{-1}$), q_{max} – ma'lum massali sorbentga yutilgan metalning maksimal miqdori ($mg \cdot g^{-1}$).

Lengmyur izoterma parametrlarining muxim xususiyati bo'lgan ajratish koeffitsiyenti " R_L " yordamida adsorbent va adsorbat o'rtasidagi munosabat xaqida xulosa chiqarish mumkin.

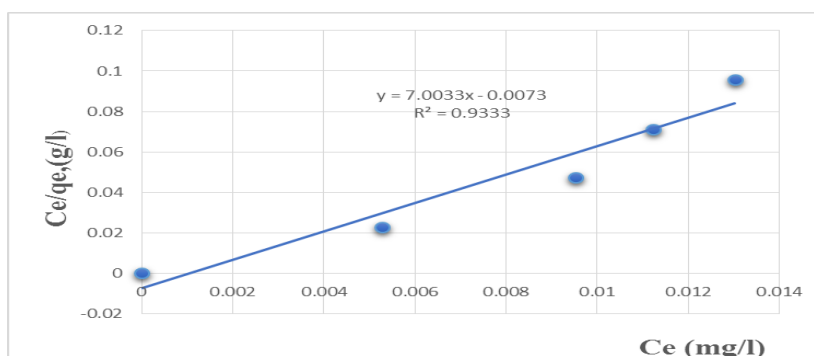
$$R_L = \frac{1}{1 + K_L \cdot C_0}$$

Bu tenglamaga ko'ra $0 < R_L < 1$ adsorbsiya jarayoni qulay, $R_L > 1$ noqulay, $R_L = 1$ adsorbsiya izotermasi chiziqli ko'rinishda deb hisoblanadi va $R_L = 0$ esa adsorbsiyani qaytmas bo'lishini ifodalaydi.

Lengmyur konstantasini (K_L) topish uchun lengmyur tenglamasini (2) quyida keltirilgan chiziqli ko'rinishidan foydalaniladi.

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_e K_L} + \frac{1}{q_{max}} \cdot C_e$$

q_{max} va K_L qiymatlari C_e/q_e ning C_e ga bog'liqlik grafigidan aniqlanadi.



1-rasm. Pb²⁺ ionlari uchun Lengmyur izotermasi.

Yuqorida keltirilgan 1-rasmda faollangan soch tolalarga xona haroratida Pb²⁺ ionlarining sorbsiya jarayoni uchun Lengmyur izotermasi konstantalari hisoblandi.

Ekstrapolyatsiya chizig'ining ordina o'qi bilan kesishgan qismi quyidagiga teng:

$$\frac{1}{q_{max} K_L}$$

To'g'ri chiziqning tangens burchak qiymati esa quyidagiga teng:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{q_{\max}} \quad \text{yoki} \quad \operatorname{ctg} \alpha = q_{\max} .$$

Freundlix izoterma modeli

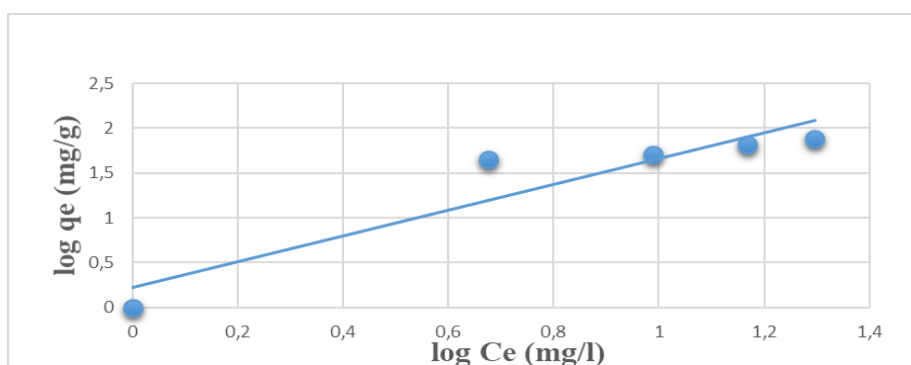
Quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$q_e = K_F C_e^{1/n}$$

Freundlix izoterma tenglamasi yordamida turli eritmalarda (ideal bo'lmagan) boradigan sorbsiya jarayonlarini o'rganish mumkin. Ushbu modelning chiziqli tenglamasini quyidagi ko'rinishda ifodalanadi:

$$\log q_e = \log K_F + \left(\frac{1}{n} \right) \log C_e$$

Bu tenglamada q – ma'lum massali sorbentga yutilgan metall ionlarining miqdori (mg·g⁻¹). K_F- Freundlix konstantasi, C_e eritmaning muvozanat konsentratsiyasi (mg·g⁻¹), 1/n - sorbsiya intensivligi. Freundlix konstantalari K_F va n (n≈ 1-10) qiymatlarini logq_e bilan logC_e chiziqli grafigida kesishish egrisining burchak qiymati orqali topiladi.



2-rasm. Pb²⁺ ionlari uchun Freundlix izotermasi.

NATIJARLAR VA MUHOKAMA

Ushbu ishda soch tolalarining Pb²⁺ ionlarining sun'iy eritmalarida sorbsiyasi o'rganildi. Buning uchun soch tolalari NaOH ning 0,1 M li eritmasida yuvildi va Pb(NO₃)₂ ning 0,025 M, 0,05 M, 0,075 M va 0,1 M gacha suyultirilgan eritmalarida metall ionining sorbsiyasi davomiyligi 30; 60; 90; 120; 150 va 180 minutlar oralig'ida o'rganildi. Sorbsiyadan oldingi va keyingi eritmalaridagi metall ionlarining konsentratsiyasining o'zgarishi spektrofotometr (Shimadzu Corporation. UV – 1900i) da o'rganildi. Tabiiy adsorbent bo'lgan soch tolalariga Pb²⁺ ionining sorbsiyasi psevdobirinchi va psevdodikinchi modellari bo'yicha kinetik ko'rastkichlari hisoblab topildi va natijalar quyidagi jadvalda keltirilgan.

Sorbent	Metall ionlari	Dastlabki kons. (mol/l)	Psevdobirinchi tartibli			Psevdodikinchi tartibli		
			Muvozanat adsorbsiya miqdori q _e (mg·g ⁻¹)	k ₁ (g·mg ⁻¹ min ⁻¹)	R ²	Muvozanat adsorbsiya miqdori q _e (mg·g ⁻¹)	k ₂ (g·mg ⁻¹ min ⁻¹)	R ²
Soch	Pb ²⁺	0,025	45,254	0,030860	0,8386	45,254	0,00008765	0,9595
		0,05	51,54	0,031091	0,7761	51,54	0,00007894	0,9766
		0,075	65,825	0,029248	0,8837	65,825	0,00008795	0,9792
		0,1	76,125	0,029478	0,9416	76,125	0,00008581	0,9974
		O'rtacha k ₁ va k ₂		0,030169			0,00008509	

1-jadval. Psevdo-birinchi va ikkinchi tartibli kinetik model konstanta qiymatlari.

Ushbu jadvaldan ko'rinib turibdiki, tabiiy adsorbent hisoblangan soch tolalariga Pb^{2+} ionining sorbsiya miqdori - q_e ($mg \cdot g^{-1}$) uning dastlabki konsentratsiyasi ortishi bilan ortib borgan (bu yerda k_1 - psevdo – birinchi tartibli reaksiya tezlik konstantasi min^{-1} , R^2 -korrelatsiya koeffitsenti, k_2 -psevdo – ikkinchi tartibli reaksiya tezlik konstantasi min^{-1} , q_e -adsorbsiya miqdori $mg \cdot g^{-1}$).

Yuqorida keltirilgan 2-rasmda aktivlangan soch tolalariga xona haroratida Pb^{2+} ionlarining sorbsiya jarayoni uchun Freundlix izotermasi konstantalari hisoblandi. Hisoblab topilgan natijalar 2-jadvalda keltirilgan:

Ionlar	Lengmyur konstantalari				Freundlix konstantalari		
	q_{max}	K_L	R_L	R^2	n	K_F	R^2
Pb(II)	9,6993	0,000273	0,10474	0,9333	2,74	10,108	0,9281

2-jadval. Lengmyur va Freundlix konstanta qiymatlari.**XULOSA**

Olingan natijalar Pb^{2+} ionining tabiiy adsorbent sochga yutilishi psevdo – ikkinchi tartibli kinetik modelga bo'ysunganligidan dalolat beradi (mos ravishda $R^2=0,9974$). Bu esa sorbsiya jarayonlari kinetikasiga ionlar tabiati bilan birga ionit tarkibidagi funksional guruhlarning ham ta'sir ko'rsatganligini bildiradi.

2-jadvalda sorbsiya izotermasining Lengmyur va Freundlix tenglamalari bo'yicha barcha hisoblash natijalari keltirilgan. Freundlix parametrlari qiymatiga ko'ra $n=2,74$ bo'lib, bu esa sorbsiya yuqori darajada borganligini ko'rsatadi. Lengmyur tenglamasi bo'yicha korrelatsion koeffitsiyenti R^2 qiymati Pb^{2+} uchun 0,9333 ga teng va konsentratsiya o'zgarishi adsorbsiya jarayoni Lengmyur monomolekulyar adsorbsiya nazariyasiga bo'ysunishini (R_L -qulay bo'lishi) ko'rsatadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Rether A., Schuster M. Selective separation and recovery of heavy metal ions using water-soluble N-benzoylthiourea modified PAMAM polymers //Reactive and Functional Polymers. – 2003. – T. 57. – №. 1. – C. 13-21.
2. Malvin Moyo, Vusumzi Emmanuel Pakade, Sekomeng Johannes Modise Biosorption of lead(II) by chemically modified Mangifera indica seed shells: Adsorbent preparation, characterization and performance assessment //Process Safety and Environmental Protection 111 (2017) 40–51
3. A.G. Ghomi, N. Asasian-Kolur, S. Sharifian, A. Golnaraghi, Biosorption for sustainable recovery of precious metals from wastewater, J. Environ. Chem. Eng. (2020) 103996, <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.103996>.
4. X.H. Xu, B. Bai, H.L. Wang, Y.R. Suo, Synthesis of human hair fiber-impregnated chitosan beads functionalized with citric acid for the adsorption of lysozyme, RSC Adv. 7 (2017) 6636–6647, <https://doi.org/10.1039/C6RA26542A>.
5. Dan Yu, Shintaro, Morisada, Hidetaka, Kawakita, Koichi Sakaguchi, Satoshi Osada, Keisuke Ohto, Katsutoshi, Inoue, Xi - Ming Song, Guolin Zhang, Ramachandra Rao Sathuluri / Gold recovery from precious metals in acidic media by using human hair waste as a new pretreatment-free green material// Journal of Environmental Chemical Engineering 9 (2021) 104724
6. Akpor O. B., Ohiobor G. O., Olaolu D. T. Heavy metal pollutants in wastewater effluents: sources, effects and remediation //Advances in Bioscience and Bioengineering. – 2014. – T. 2. – №. 4. – C. 37-43.
7. Кинетика сорбции ионов Со (II) из растворов на анионообменника // Universum: химия и биология : электрон. научн. журн. Бабожонова Г.К. [и др.]. 2021. 10(88).
8. Ho Y.S, McKay G. Pseudo-second order model for sorption processes. Process Biochemistry, 1999; 34: 451–465. [https://doi.org/10.1016/S0032-9592\(98\)00112-5](https://doi.org/10.1016/S0032-9592(98)00112-5)
9. Kumar, P. S., Vincent, C., Kirthika, K., & Kumar, K. S. (2010). Kinetics and equilibrium studies of Pb^{2+} in removal from aqueous solutions by use of nano-silversol-coated activated carbon. Brazilian Journal of Chemical Engineering, 27(2), 339–346. <https://doi.org/10.1590/s0104-66322010000200012>
10. Kara, A.; Demirbel, E. Kinetic, Isotherm and Thermodynamic Analysis on Adsorption of Cr(VI) Ions from Aqueous Solutions by Synthesis and Characterization of Magnetic-Poly (divinylbenzene-vinylimidazole) Microbeads Water Air Soil Pollut(2012) 223:2387–240 doi:10.1007/s11270-011-1032-1.