

PIROLIZ USULIDA OLINIB, KOH YORDAMIDA FAOLLASHTIRILGAN KO‘MIRNING SORBSION XUSUSIYATLARI

Ergasheva Dilso‘z Ravshan qizi

SamDU Biokimyo Instituti tayanch doktoranti

[*ergashevadilsoz4@gmail.com*](mailto:ergashevadilsoz4@gmail.com)

Mukhamadiyev Abduqodir Nuraliyevich

SamDU Biokimyo Instituti dotsenti

[*mqodir08@mail.ru*](mailto:mqodir08@mail.ru)

Mukhamadiyev Nurali Qurbonaliyevich

SamDU Biokimyo Instituti professori

[*m_nurali@mail.ru*](mailto:m_nurali@mail.ru)

Uzokov Javlon Rustambayevich.

SamDU Biokimyo Instituti assistenti

[*u.javlon03@gmail.com*](mailto:u.javlon03@gmail.com)

Annotatsiya. *Piroliz yo‘li bilan yong‘oq mevasi qobig‘idan faollangan ko‘mir namunalari olindi. Faollangan ko‘mir namunalarini sorbsiya sig‘imini oshirish va tekstur xarakteristikalarini yaxshilash uchun 30% li va 60% li KOH eritmalari bilan qayta ishlov berildi. Ishqor eritmalari bilan ishlov berilgandan so‘ng sorbent namunalarida solishtirma sirt yuza (S_{BET}) $800 \text{ m}^2/\text{g}$, g‘ovaklar o‘rtacha diametri (d, nm) $1,8 \div 2,2 \text{ nm}$, g‘ovaklar hajmi ($V_s, \text{cm}^3/\text{g}$) $0,85 \div 0,96 \text{ cm}^3/\text{g}$, azot bo‘yicha adsorbsiya sig‘imi esa $8,2 \text{ mmol/g}$ gacha ortishi aniqlandi. Shuningdek, sorbentlarning sirt morfologiyasi SEM, element tarkibi esa rentgen mikrotahlili yordamida o‘rganildi. Faollangan ko‘mirning oqova suvlar tarkibidagi turli organik buyoqlarni ajratishda foydalanildi hamda muvozanatli adsorbsion izotermalar Langmuir va Freundlich modellarida tahlil qilindi.*

Kalit so‘zlar. *BET izoterma modeli, SEM tahlili, rentgenmikrotahlil, Freyndlix izoterma modeli, Langmyur izoterma modeli, metilin ko‘ki, rodamin B.*

СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА УГЛЯ, ПОЛУЧЕННОГО ПИРОЛИЗОМ И АКТИВИРОВАННОГО КОН

Эргашева Дилсуз Равшановна

Аспирант Института биохимии СамГУ

ergashevadilsoz4@gmail.com

Мухамадиев Абдукадир Нуралиевич

Доцент Института биохимии СамГУ

mqodir08@mail.ru

Мухамадиев Нурали Курбаналиевич

Профессор Института биохимии СамГУ

m_nurali@mail.ru

Узоков Джавлон Рустамбаевич.

Ассистент Института биохимии СамГУ

u.javlon03@gmail.com

Абстракт. Образцы активированного угля были получены из скорлупы грецких орехов методом пиролиза. Образцы активированного угля обрабатывались 30% и 60% растворами КОН для повышения сорбционной емкости и улучшения текстурных характеристик. После обработки щелочными растворами образцы сорбента имели удельную площадь поверхности (СБЭТ) 800 м²/г, средний диаметр пор (d , нм) $1,8 \div 2,2$ нм, объем пор (V_s , см³/г) $0,85 \div 0,96$ см³/г и увеличение адсорбционной емкости по азоту до 8,2 ммоль/г. Морфологию поверхности сорбентов также изучали с помощью СЭМ, а элементный состав — с помощью рентгеновского микроанализа. Для выделения различных органических красителей из сточных вод использовался активированный уголь, а изотермы равновесной адсорбции анализировались с использованием моделей Ленгмюра и Фрейндлиха.

Ключевые слова. Модель изотермы БЭТ, анализ СЭМ, рентгеновский микроанализ, модель изотермы Фрейндлиха, модель изотермы Ленгмюра, метиленовый синий, родамин Б.

SORPTION PROPERTIES OF COAL OBTAINED BY PYROLYSIS AND ACTIVATED WITH KOH

Ergasheva Dilsuz Ravshanovna

PhD student at the Institute of Biochemistry of SamDU

ergashevadilsoz4@gmail.com

Mukhamadiyev Abdukadir Nuraliyevich

Associate Professor, Institute of Biochemistry, SamDU

mqodir08@mail.ru

Mukhamadiyev Nurali Kurbonaliyevich

Professor of the Institute of Biochemistry of SamDU

m_nurali@mail.ru

Uzokov Javlon Rustambayevich.

Assistant at the Institute of Biochemistry of SamDU

u.javlon03@gmail.com

Abstract. Activated carbon samples were obtained from walnut shells by pyrolysis. Activated carbon samples were treated with 30% and 60% KOH solutions to increase the sorption capacity and improve the textural characteristics. After treatment with alkaline solutions, the sorbent samples had a specific surface area (SBET) of 800 m²/g, an average pore diameter (d,nm) of 1.8÷2.2 nm, a pore volume (Vs, cm³/g) of 0.85÷0.96 cm³/g, and an increase in nitrogen adsorption capacity to 8.2 mmol/g. Also, the surface morphology of the sorbents was studied using SEM, and the elemental composition was studied using X-ray microanalysis. Activated carbon was used to separate various organic dyes from wastewater, and equilibrium adsorption isotherms were analyzed using Langmuir and Freundlich models.

Keywords: BET isotherm model, SEM analysis, X-ray microanalysis, Freundlich isotherm model, Langmuir isotherm model, methylene blue, rhodamine B.

Kirish Soʻngi yillarda kimyo sanoati va ishlab chiqarishning jadal rivojlanishi qazilma holdagi tabiiy resurslardan rejasiz foydalanishga olib kelmoqda. Adabiyotlar

tahlili shuni ko'rsatadiki, mezog'ovakli va uglerod asosidagi sorbentlarning sorbsiya xossalari va qo'llanilish yo'nalishlari bo'yicha keng ilmiy tadqiqotlar olib borilgan[1]. Tetraetoksisilan va titan dioksid asosidagi mezog'ovakli sorbentlarning yuqori sirt maydoni va selektivligi tufayli samaradorligini asoslangan[2-4]. Uglerod sorbentlarining tuzilishi, tayyorlash usullari va sanoatdagi qo'llanilishi bo'yicha ma'lumotlar bergan[5-6]. Uglerod sorbentlarining tibbiyot, ekologiya va neft mahsulotlarini sorbsiyalashdagi ahamiyatini ta'kidlagan[9]. Polikarbonat chiqindilaridan uglerod sorbentlarini olish texnologiyasini tavsiflagan[10-11]. Faollashtirilgan ko'mirlarning turli chiqindi suvlarni tozalashdagi samaradorligini ko'rsatgan. Ushbu tadqiqotlar sorbentlarning fizik-kimyoviy xossalarni yaxshilash va ularni sanoat hamda ekologiyada samarali qo'llash imkoniyatlarini kengaytirgan.

Sanoat rivojlanishi va aholining ko'payishi natijasida chiqindi suvlarni samarali tozalashga bo'lgan ehtiyoj sezilarli darajada ortib bormoqda. Ayniqsa, to'qimachilik, bo'yoqchilik va boshqa sanoat tarmoqlaridan ajralib chiqadigan organik bo'yoqlar suv muhitining jiddiy ifloslantiruvchilaridan biri hisoblanadi[11]. Ushbu ifloslantiruvchi moddalar biologik parchalanishga chidamli bo'lib, ularni an'anaviy usullar bilan samarali ajratish qiyin. Shuning uchun, yuqori samarali va iqtisodiy jihatdan maqbul sorbentlarni ishlab chiqish dolzarb masala hisoblanadi. Faollangan ko'mir sorbentlari, ayniqsa, kimyoviy faollashtirish yo'li bilan modifikatsiyalangan ko'mirlar yuqori sorbsion qobiliyati, rivojlangan g'ovaklik tuzilishi va qayta ishlash imkoniyatlari bilan ajralib turadi [10]. KOH yordamida faollashtirish usuli ko'mirlarning sirt yuzasini va g'ovaklik tuzilishini sezilarli darajada oshirishi sababli, so'nggi yillarda ko'plab tadqiqotlarda qo'llanilmoqda. Shuningdek, metilen ko'ki kabi organik bo'yoqlarning adsorbsiyasida KOH bilan faollashtirilgan ko'mirlar yuqori samaradorlik ko'rsatgani tadqiqotlarda qayd etilgan [12].

Ishning maqsadi - Piroliz usuli yordamida olingan va KOH eritmasi bilan faollashtirilgan ko'mir namunalarning sorbsion xususiyatlarini aniqlash, ularning strukturaviy va fizik-kimyoviy parametrlarini baholash hamda suv muhitidan bo'yoqlarni ajratishdagi samaradorligini o'rganish.

Tadqiqot ob’ekti. Piroliz yo’li bilan olingan va KOH eritmasi yordamida faollashtirilgan ko‘mir namunalari.

Tadqiqot usullari. Ko‘mir namunalarini piroliz qilish va turli konsentratsiyadagi KOH eritmalari bilan ishlov berish orqali kimyoviy faollashtirish amalga oshirildi. Solishtirma sirt yuzasi (SBET), g‘ovak diametri va hajmini aniqlash uchun BET metodi, strukturaviy xususiyatlarni aniqlash uchun skanerlovchi elektron mikroskopiya (SEM) va Fourier transformatsion infraqizil spektroskopiya (FTIR) usullari qo‘llanildi. Sorbsion xossalarni baholash maqsadida azot bo‘yicha adsorbsiya sig‘imi va metilen ko‘ki bo‘yicha sorbsiya sig‘imi aniqlandi hamda sorbsiya kinetikasi va izotermalari tadqiq qilindi.

Buyoqlarning faollangan ko‘mirga adsorbsiya sig‘imi quyidagicha hisoblandi.

$$a_s = \frac{C_0 - C_e}{m} \cdot V \quad (1)$$

Tenglamada C_0 -buyoqlarning dastlabki konsentratsiyasi (mg/l), C_e -buyoqning muvozanat konsentratsiyasi (mg/l), m - faollangan ko‘mir massasi (gr), V -buyoq eritmasining hajmi (l).

Bo‘yoqlarning suv eritmalaridan ajratish samaradorligi (2) tenglama bo‘yicha hisoblab topildi:

$$R = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \cdot 100\% \quad (2)$$

R ning qiymatlari aniqlashda faollangan ko‘mirga adsorbsiyalangan bo‘yoq erituvchisining eng past va eng yuqori konsentratsiyasi uchun hisoblab chiqildi.

Adsorbsion izoterma adsorbat molekulalari va adsorbent o‘rtasidagi o‘zaro ta’sir mexanizmini ko‘rsatadi. Faollangan ko‘mirga turli buyoqlarning adsorbsion muvozanati Langmyur va Freyndlix izoterma modellarining chiziqli tenglamalari bo‘yicha hisoblandi:

$$\frac{C_e}{a_m} = \frac{1}{K \cdot a_{max}} + \frac{C_e}{a_{max}} \quad (3)$$

(3) tenglamada a_m -adsorbentning monoqavat sig'imi, K - Lengmyur adsorbsion muvozanat konstantasi (l/mg), a_{max} -adsorbentning maksimal adsorbsiya sig'imi (mg/g). Freyndlix izoterma modelining logarifmik ko'rinishi esa quyidagicha:

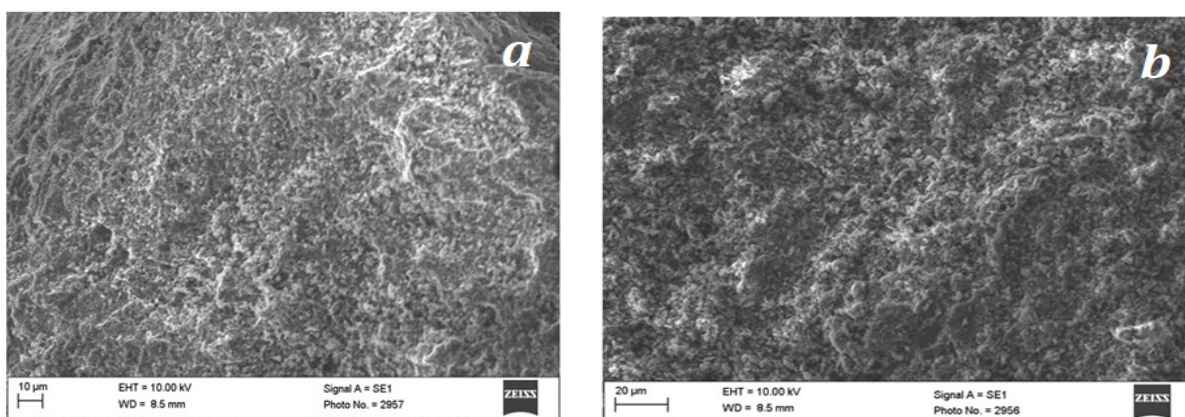
$$\log a_s = \log K_f + \frac{1}{n} \cdot \log C_e \quad (4)$$

(4) tenglamada K_f -Freyndlix muvozanat konstantasi, $1/n$ - adsorbsiya intensivligi

Natijalar va ularning muhokamasi

Piroliz yo'li bilan 550°C yong'oq mevasi qobig'idan ko'mir olindi. Olingan ko'mirni tekstur xarakteristikalarini yaxshilash va sorbsiya sig'imini oshirish maqsadida 80°C da KOH ning 30% hamda 60% eritmaları bilan ishlov berildi. So'ngra olingan namunalarni distellangan suv yordamida bir necha marta yuvilib adsorbent tarkibidagi ishqor eritmasi chiqarib yuborildi. Olingan ko'mir namunalari 800°C da vakuum sharoitida suv bug'lari bilan qayta ishlendi. Olingan sorbent namunalari chiqindi suv tarkibidagi buyoqlarni ajratish orqali o'rganildi.

KOH ning 30% va 60% eritmaları bilan qayta ishlangan sorbent namunalarining sirti SEM da olingan tahlili uning sirtida g'ovaklar sirtida bir xil takrorlanganli va ular o'lcham jihatdan bir xil ekanligi aniqlandi (1-rasm).

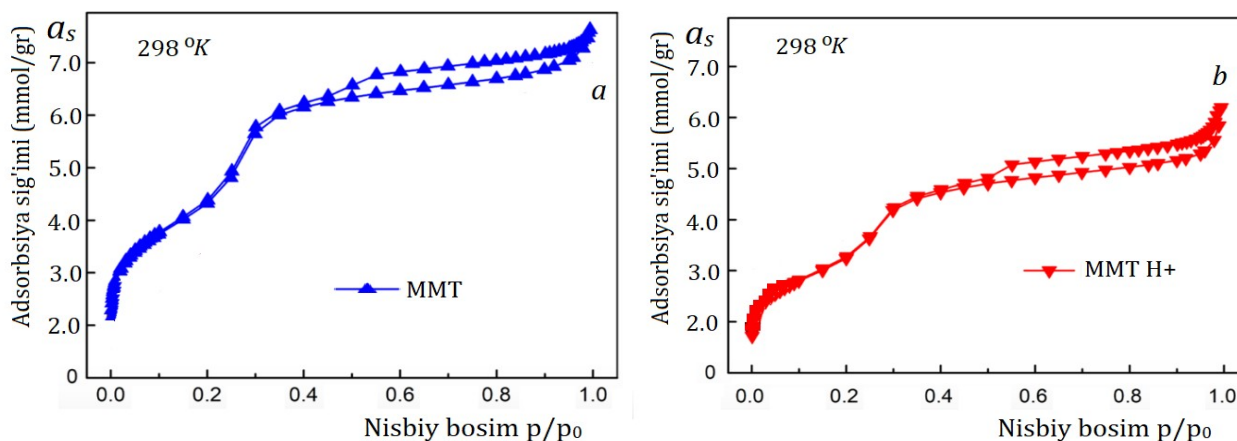


1-rasm. KOH ning 30% (a) va 60% (b) eritmaları bilan ishlov berilgan adsorbentlar sirtining SEM tasviri

Tasvirlardan, KOH ning 60% eritmasi bilan qayta ishlangan adsorbent namunasi sirtida g'ovaklar 30% eritmasi bilan qayta ishlangan namuna g'ovaklariga

nisbatan ko‘p ekanligini hamda ular sirtida deyarli teng taqsimlanganligini, ya‘ni sorbent sirti monodespersligini ko‘rish mumkin.

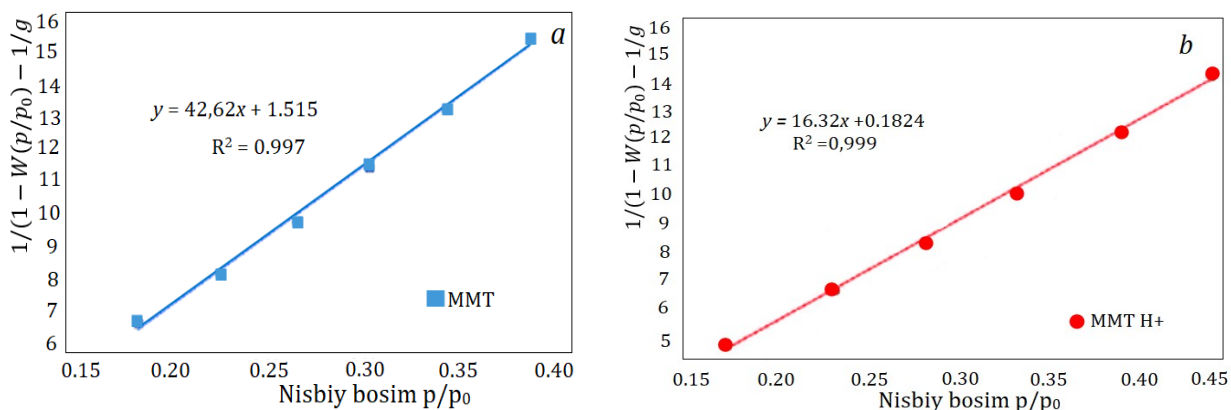
Adsorbentlarning tekstur va geometrik xarakteristikalarini azot adsorbsiyasi va undandan olingan sorbsiya izotermalari orqali tahlil qilindi. Olingan sorbsiya izotermalari BET ning izoterma modeliga mos kelishi aniqlandi (2-rasm).



2-rasm. KOH ning 30% (a) va 60% (b) eritmalari bilan ishlov berilgan adsorbentlarda azot bug‘larining sorbsiyasiya izotermalari

Sorbsiya izotermalaridan ko‘rinib turibdiki, azot bug‘i adsorbsiyasi nisbiy bosim $p/p_s = 0,6$ gacha keskin ko‘tarilishi va $p/p_s = 0,9$ da to‘yinish holatiga yaqinlashadi. Yutilgan azot bug‘i kapillyar kondensatsiya hisobiga $p/p_s = 0,5 \div 0,8$ da adsorbsiya va desorbsiya chiziqlari birlashib gisterezis halqasini hosil qiladi. Bu esa ularda mezog‘ovaklarning ulushi ko‘pligidan dalolat beradi. KOH ning 30% eritmasi bilan qayta ishlangan sorbentning umumiy g‘ovaklarining 24,16% ni mikrog‘ovaklar, 69,84% mezog‘ovaklar, 60% eritmasi bilan qayta ishlangan adsorbent namunasida esa umumiy g‘ovaklarning 14,28 % mikrog‘ovaklar, 82,69% mezog‘ovaklar tashkil qilishi hisoblab topildi.

Azot bug‘lari sorbsiyasidan olingan izotermalar BET ning polimolekulyar adsorbsiya modellarga aynan mos kelishi aniqlandi (3-rasm).



3-rasm. Azot bug‘lari sorbsiyasidan olingan izotermalarning BET izoterma modeliga mosligi

Azot bug‘lari sorbsiyasidan olingan izotermalarning BET modeliga mos kelishi $R^2=99,9$ % ekanligi hisoblab topildi.

KOH ning 30% (I-namuna) va 60% (II-namuna) eritmasi bilan qayta ishlangan faollangan ko‘mir namunalarining geometrik xarakteristikalarini azot adsorbsiyasidan olingan sorbsiya izotermalari, BET tenglamasi asosida ularning solishtirma sirt yuzasi (S_{BET}), g‘ovaklarning hajmi (V_s) hamda o‘rtacha diametri (D), adsorbentlar monoqavat sig‘imi (a_∞) hamda to‘yinish adsorbsiyasi (a_s) hisoblab topildi (1-jadval).

1-jadval

Faollangan ko‘mirning geometrik xususiyatlari

Adsorbent	a_∞ , mol/kg	D, nm	S_{BET} , m ² /g	a_s , mmol/g
I-namuna	$0,50 \pm 0,1$	$1,8 \pm 0,1$	667 ± 30	$5,4 \pm 0,5$
II-namuna	$0,84 \pm 0,01$	$2,2 \pm 0,4$	800 ± 20	$8,2 \pm 0,1$

Jadvaldan, KOH ning 30% eritmasi bilan qayta ishlangan faollangan ko‘mirda nisbatan 60% eritmasi bilan qayta ishlangan ko‘mirda solishtirma sirt o‘lchami 1,2 marta katta, azot bo‘yicha adsorbsiya sig‘imi esa 1,5 barobar yuqori bo‘lishini ko‘rish mumkin. Bu esa faollangan ko‘mirni ishqor eritmasi bilan ishlov berishda ishqor eritmasini konsentratsiyasini oshirish uning tekstur va geometrik xarakteristikalarini yaxshilanishiga olib kelishidan dalolat beradi.

Faollangan ko‘mir yordamida oqova suvi tarkibida uchraydigan organik buyoqlar rodamin B, metil zarg‘aldog‘i va metilen ko‘ki kabi buyoqlarni ajratishda foydalanildi. Bo‘yoqlarning adsorbsiyasi quyidagicha amalga oshirildi. Tayyorlangan

25 mg faollashtirilgan uglerod namunalari 100 ml Erlenmeyer kolbalariga joylashtirildi va 5 dan 330 mg/l gacha bo'lgan boshlang'ich konsentratsiyali 50 ml bo'yoq eritmasi bilan aralashtirildi va suspenziya muvozanatga erishish uchun 24 soat davomida ($22 \pm 2^\circ\text{C}$ da) aralashtirildi. Adsorbsion muvozanatga erishilgandan so'ng, eritma 6000 aylanma tezlikda 3 minut davomida sentrifugalash orqali sorbentdan ajratildi. Bo'yoq eritmasining konsentratsiyasi UV-Vis spektrofotometri yordamida tahlil qilindi. Ikki parallel o'lchovlar seriyasi amalga oshirildi va taqdim etilgan natijalar har bir seriyada olinganlarning arifmetik o'rtachasi hisoblanadi.

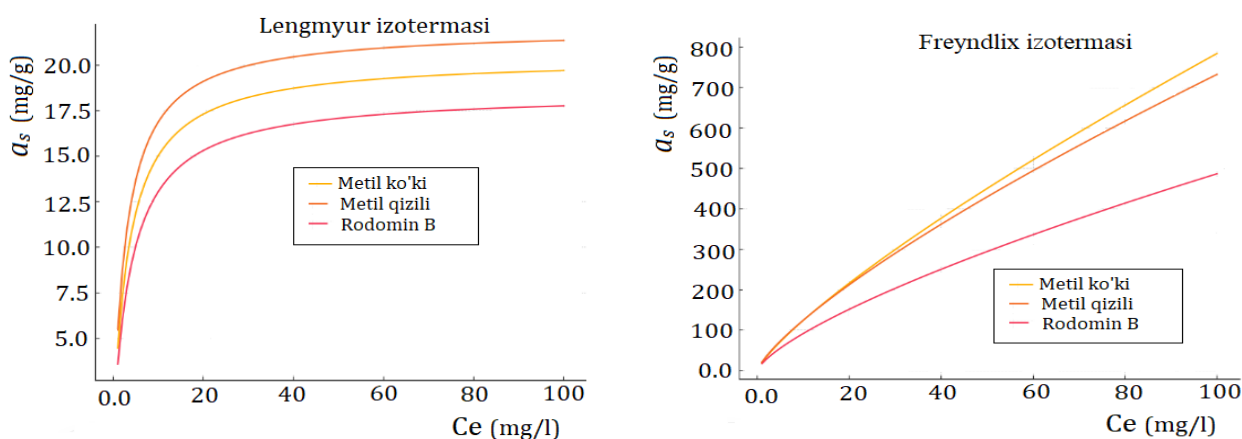
Buyoqlarning adsorbsiyasidan olingan fizik kattaliklarning qiymatlari 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval

Faollangan ko'mirga buyoqlar adsorbsiyasidan olingan fizik kattaliklar

Buyoqlar	C_0 (mg/l)	Lengmyur				Freyndlix			
		a_m	a_{max}	a_m	a_{max}	a_m	a_{max}	a_m	a_{max}
Metel qizili	10÷100	15,1	60,2	15,1	60,2	15,1	60,2	15,1	60,2
Metil ko'ki		13,6	82,4	13,6	82,4	13,6	82,4	13,6	82,4
Rodomin B		15,6	72,8	15,6	72,8	15,6	72,8	15,6	72,8

Jadvaldan, faollangan ko'mirning buyoqlardan metilen ko'ki bo'yicha adsorbsiya sig'imi eng yuqori bo'lishini ko'rish mumkin. Faollangan ko'mirga buyoqlarning yutilishidan olingan sorbsiya izotermalari Lyungmer va Freyndlix izoterma modeliga mos kelishi ham aynan metilen ko'kida ko'rsatgich kattaligi aniqlandi. Buyoqlarning adsorbsiyasidan olingan izotermalar 4-rasmda keltirilgan.



4-rasm. Faollangan ko'mirga buyoqlarning adsorbsiyasidan olingan izotermalar

Grafikdan ko‘rinib turibdiki, barcha bo‘yoqlar uchun adsorbsiya jarayoni bosqichma-bosqich ortadi va muayyan maksimal to‘yinish darajasiga yetadi. Bu holat Lengmyur modeliga xos bo‘lib, adsorbsiyaning monoqatlamli ekanligi ko‘rsatilgan. Metil ko‘ki eng yuqori adsorbsion sig‘imga ega bo‘lib, u faollangan ko‘mir bilan kuchli bog‘lanadi va qisqa vaqt ichida to‘yingan ish darajasiga erishadi.

Ikkinchi izotermalar Freyndlix modeliga mos bo‘lib, u adsorbsiya jarayoni geterogen (bir necha adsorbsiya markazlaridagi adsorbsiya)likni ifodalaydi. Bu modelda adsorbsion jarayon qatlamlararo va bosqichli bo‘lib boradi, va chiziqlar logarifmik shaklda o‘sadi. Metilen ko‘ki grafikda ham eng yuqori adsorbsiyaga ega bo‘lib, uning egri chizig‘i yuqorida joylashgan. Bu uning faollangan ko‘mir bilan kuchli bog‘lanishini va yaxshi sirt yutilishini ko‘rsatadi. Metil qizili va rodamin B buyoqlarida adsorbsiya sig‘imi pastligi ularning faollangan ko‘mirda adsorbsion muvozanat uzoq davom etishini ko‘rsatadi.

Xulosa

1. Piroliz usuli bilan olingan va ishqor eritmalari yordamida ishlov berilgan faollangan ko‘mir namunalari yuqori sirt maydoni ($667\text{--}800\text{ m}^2/\text{g}$), katta g‘ovak hajmi va yuqori adsorbsiya sig‘imi ($5,4\text{--}8,2\text{ mmol/g}$) bilan samarali sorbent sifatida tavsiflandi.
2. Olingan sorbentlar metilen ko‘ki bo‘yicha yuqori sorbsiya qobiliyatini ko‘rsatib, chiqindi suvlarni bo‘yoqlardan tozalashda sanoat miqyosida qo‘llash uchun mos ekanligi aniqlandi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Uzokov J. R., Mukhamadiev N. K. Sorption characteristics of the mesoporous sorbents based on tetraethoxysilane and titanium oxide // European journal of molecular and clinical medicine. – 2020. – V. 7. – №. 7. – P. 656-660.
2. Бакланова О. Н., Плаксин Г. В., Дроздов В. А. Микропористые углеродные сорбенты на основе растительного сырья // Российский химический журнал. – 2004. – Т. 48. – №. 3. – С. 89- 94.

3. Khayrullayev I., Kadyrov A.. Sorption properties of activated carbon and its application in various industrial sectors // Materials Science and Technologies. – 2017. – V. 32. – N 2. – P. 45-51.
4. Foo KY, Hameed BH. Porous structure and adsorptive properties of pineapple peel based activated carbons prepared via microwave assisted KOH and K₂CO₃ activation. Microporous and Mesoporous Materials. 2012 Jan 15;148(1):191-5.
5. Пянова Л. Г. Углеродные сорбенты в медицине и протеомике // Химия в интересах устойчивого развития. – 2011. – Т. 19. – №. 1. – С. 113-122.
6. Передерни М. А. Углеродные сорбенты из ископаемых углей: состояние проблемы и перспективы развития // Химия твердого топлива. – 2005. – №. 1. – С. 76-90.
7. Передерий М. А. и др. Сорбция нефтепродуктов углеродными сорбентами // Химия твердого топлива. – 2009. – №. 5. – С. 42-46.
8. Бакланова О. Н., Плаксин Г. В., Дроздов В. А. Микропористые углеродные сорбенты на основе растительного сырья //Российский химический журнал. – 2004. – Т. 48. – №. 3. – С. 89- 94.
9. Сурков А. А., Глушанкова И. С., Балабенко Н. А. Синтез углеродных сорбентов из отходов поликарбоната методом химической активации // Фундаментальные исследования. – 2012. – Т. 1. – №. 9.
10. Robinson T, McMullan G, Marchant R, Nigam P. Remediation of dyes in textile effluent: a critical review on current treatment technologies with a proposed alternative. Bioresource technology. 2001 May 1;77(3):247-55.
11. Sudaryanto Y, Hartono SÁ, Irawaty W, Hindarso H, Ismadji S. High surface area activated carbon prepared from cassava peel by chemical activation. Bioresource technology. 2006 Mar 1;97(5):734-9.
12. Al-Degs Y, Khraisheh MA, Allen SJ, Ahmad MN. Effect of carbon surface chemistry on the removal of reactive dyes from textile effluent. Water research. 2000 Feb 15;34(3):927-35.

