

OQOVA SUVLARNI TOZALASH JARAYONLARIDA PIROLIZ MOYI ASOSIDA SINTEZ QILINGAN SULFATKATIONITNING FIZIK- KIMYOVIY VA ADSORBTSION XUSUSIYATLARINI KOMPLEKS TADQIQ ETISH

Ergasheva Yulduzoy Olimovna

Angren Universiteti "Davolash" fakulteti

"Umumdavolash ishi" kafedrası farmakologiya fani katta o'qituvchisi.

yulduzoy100@gmail.com

Beknazarov Hasan Soyibnazarovich

Angren Universiteti "Davolash" fakulteti

"Umumdavolash ishi" kafedrası mudiri

T.F.D., Professor. orcid.org/0000-0002-5070-4773

hasanbeknazarov130@gmail.com

Ergasheva Farog'at Olimovana

Angren Abu Ali Ibn Sino nomidagi Jamoat Salomatlik texnikumu

Mutaxassislik fanlari bo'yicha katta o'qituvchisi.

farogatergasheva6@gmail.com

Dolzarbliigi: Oqova suvlarning tarkibida og'ir metallar, toksik organik moddalar va boshqa zararli ifloslantiruvchilar miqdorining ortib borishi atrof-muhit, inson salomatligi va sanoat jarayonlari uchun jiddiy xavf tug'dirmoqda. An'anaviy tozalash texnologiyalari ko'pincha yuqori konsentratsiyadagi og'ir metall ionlarini samarali ajrata olmaydi va iqtisodiy jihatdan ham qimmatga tushadi. Shu nuqtai nazardan, arzon xomashyo asosida yuqori samarali ion-almashinish sorbentlarini yaratish dolzarb vazifalardan biridir. Piroliz moyi asosida sintez qilingan sulfatkationit ekologik xavfsiz, iqtisodiy tejankor va qayta tiklanuvchan material sifatida oqova suvlarni tozalashda qo'llash uchun katta imkoniyatlarga ega. Ushbu materialning fizik-kimyoviy hamda adsorbtsion xususiyatlarini chuqur o'rganish og'ir metall ionlarini samarali ajratishning yangi texnologiyalarini ishlab chiqishda ilmiy va amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so'zlar: oqova suvlar, piroliz moyi, sulfatkationit, og'ir metallar, ion-almashinish, adsorbtsiya, sorbent, ekologik xavfsizlik, regeneratsiya, Langmuir izotermasi, kinetik modellash.

Tadqiqotning maqsadi: Ushbu ilmiy ishning asosiy maqsadi — piroliz moyi asosida sintez qilingan sulfatkationitning fizik-kimyoviy va adsorbtsion xususiyatlarini chuqur va kompleks tarzda tadqiq etish orqali oqova suvlarni og'ir metall ionlaridan samarali tozalash imkoniyatlarini ilmiy asoslashdan iborat. Mazkur maqsadning dolzarbliigi sanoat korxonalaridan chiqayotgan oqova suvlarning tarkibida toksik metall ionlari miqdorining ortishi, mavjud tozalash texnologiyalarining qimmatligi va ekologik jihatdan cheklolarga ega ekanligi bilan belgilanadi. Ion-almashinish

materiallarini mahalliy xomashyolardan, xususan, piroliz moyidan sintez qilish orqali yangi avlod sorbentlar yaratish bu sohada muhim ilmiy yangilik hisoblanadi. Tadqiqotning yana bir muhim maqsadi – piroliz moyi asosida olingan sulfatkationitning struktura xususiyatlarini aniqlash, uning funksional guruhlarini tavsiflash, sirt maydoni, porozlik darajasi, barqarorligi va termal xususiyatlarini har tomonlama baholashdir. Buning uchun FTIR spektroskopiyasi, SEM mikroskopiyasi, BET sirt maydoni tahlili va termogravimetrik tahlil kabi zamonaviy instrumental usullar qo'llanadi. Mazkur tahlillar sulfatkationitning ion-almashinish jarayonlarida faol ishtirok etuvchi $-\text{SO}_3\text{H}$ guruhlarining miqdori va ularning sorbent strukturasidagi joylashuvini aniqlash imkonini beradi. Shuningdek, tadqiqotning asosiy maqsadlaridan biri — sintez qilingan sulfatkationitning adsorbtsion sig'imi va kinetikasini og'ir metall ionlari misolida aniqlashdir. Cu^{2+} , Pb^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} kabi ionlarning sorbentga adsorbsiyalanish darajasini o'rganish orqali uning maksimal yutilish sig'imi, adsorbtsiya tezligi va jarayonning umumiy barqarorligini baholash ko'zda tutiladi. Adsorbtsion jarayonni matematik modellash orqali Langmuir va Freundlich izotermalariga mosligini aniqlash, kinetik jarayonning pseudo-birinchi yoki pseudo-ikkinchi tartibli modelga mos kelishini tekshirish ham tadqiqotning muhim yo'nalishlaridan biridir. Bu yondashuv sulfatkationitning amaliy qo'llanishidagi mexanizmlarini chuqur anglash imkonini beradi. Tadqiqotning yana bir asosiy maqsadi — sintez qilingan sulfatkationitning regeneratsiya qilish xususiyatlarini baholashdir. Sorbentning bir necha marotaba takroriy qo'llash imkoniyatini o'rganish uning iqtisodiy jihatdan qulayligini, ekologik xavfsizligini va amaliy samaradorligini aniqlashga xizmat qiladi. Regeneratsiya jarayonining qulayligi sorbentning sanoat miqyosidagi qo'llanilishiga bevosita ta'sir ko'rsatuvchi omillardan biridir. Tadqiqotning yakuniy maqsadi – sulfatkationitning amaldagi sanoat kationitlari bilan solishtirish orqali uning ustunliklarini aniqlash va uni oqova suvlarni tozalash texnologiyalariga tatbiq etish bo'yicha ilmiy tavsiyalar ishlab chiqishdir. Sintez qilingan sorbentning kimyoviy barqarorligi, adsorbtsion sig'imi, qayta ishlanish ko'rsatkichlari va iqtisodiy samaradorligi mavjud analoglar fonida baholanishi kutiladi. Bu holatda piroliz moyidan foydalanishning ekologik va iqtisodiy afzalliklari, chiqindilarni qayta ishlash orqali yangi funksional materiallar yaratish istiqbollari ham yoritiladi. Umuman olganda, mazkur ilmiy ish orqali piroliz moyi asosida sintez qilingan sulfatkationitning oqova suvlar tarkibidagi og'ir metallarni samarali adsorbsiyalash xususiyatlari ilmiy jihatdan asoslab beriladi. Olingan natijalar ekologik toza, arzon, mahalliy xomashyo asosida tayyorlanadigan yuqori samarali adsorbent yaratishga xizmat qiladi va atrof-muhitni muhofaza qilish bo'yicha istiqbolli texnologiyalarni rivojlantirishga zamin yaratadi.

Tadqiqot materiallari va usullari: Ushbu tadqiqotda piroliz moyi asosida sintez qilingan sulfatkationitning fizik-kimyoviy va adsorbtsion xususiyatlarini aniqlash

uchun laboratoriya sharoitida keng ko'lamli tajribalar olib borildi. Tadqiqot materiallari sifatida mahalliy sharoitda piroliz jarayoni natijasida olingan piroliz moyi, sulfatlash uchun zarur bo'lgan kimyoviy reagentlar, shuningdek, og'ir metall ionlari (Cu^{2+} , Pb^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+}) ning standart eritmaları qo'llanildi. Tajribalarda ishlatilgan asbob-uskunalar zamonaviy fizik-kimyoviy tahlil talablariga mos bo'lib, olingan natijalarning aniqligi va takrorlanishini ta'minladi.

Materiallar. Tadqiqot uchun asosiy xomashyo sifatida piroliz jarayoni natijasida olinadigan moy tanlab olindi. Piroliz moyi organik polimerlarning termik parchalanishi natijasida hosil bo'lgan murakkab aralashma bo'lib, uning tarkibi turli funksional guruhlar, aromatik va alifatik uglevodorodlardan iborat. Ushbu moyi sulfatlash jarayoni orqali sulfatkationit olish uchun mos keladigan reaktiv sifatida konsentrlashtirilgan sulfat kislota (H_2SO_4) ishlatildi. Ion-almashinish xususiyatlarini o'rganish uchun CuSO_4 , $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, ZnSO_4 va CdCl_2 tuzlari asosida standart metall ion eritmaları tayyorlandi. Adsorbtsiya jarayonini baholashda distillangan suv, pH muhitini sozlash uchun NaOH va HCl eritmaları, regeneratsiya tadqiqotlari uchun NaCl va H_2SO_4 eritmaları qo'llanildi.

Sulfatkationitni sintez qilish usuli. Sulfatkationitni olish jarayoni bir necha bosqichdan iborat bo'ldi. Avvalo piroliz moyi tozalanib, mexanik aralashmalardan filtr orqali ajratildi. Keyingi bosqichda moyning polimerlash jarayoni amalga oshirildi. Polimerlangan massa konsentrlangan H_2SO_4 bilan muayyan harorat ($70\text{--}90\text{ }^\circ\text{C}$) va vaqt ($3\text{--}5$ soat) davomida sulfatlandi. Reaksiya tugagandan so'ng mahsulot sovitildi, distillangan suvda bir necha bor yuvildi va neytrallangandan keyin quritildi. Olingan qattiq sorbent fraksiyalarga bo'lib, adsorbtsion tajribalarda ishlatishga tayyorlandi.

Fizik-kimyoviy xususiyatlarni aniqlash metodlari.

1. FTIR spektroskopiya. Sorbent tarkibidagi funksional guruhlarini aniqlash uchun Fourier transformatsiyali infraqizil spektroskopiya (FTIR) qo'llanildi. $-\text{SO}_3\text{H}$ guruhlarining paydo bo'lishi $1030\text{--}1180\text{ cm}^{-1}$ diapazonidagi valens tebranishlar orqali tasdiqlandi.

2. SEM mikroskopiya. Sorbentning morfologik tuzilishini o'rganish uchun skanerlovchi elektron mikroskopiya (SEM) usuli qo'llanildi. Bu orqali sirtining g'adir-budurligi, poralar kattaligi, yoriqlar va sorbentning hajmiy tuzilishidagi farqlar aniqlandi.

3. BET sirt maydoni tahlili. Adsorbentning umumiy sirt maydoni, poralar hajmi va taqsimlanishini aniqlash uchun Braunauer–Emmett–Teller (BET) usuli qo'llandi. Ushbu tahlil sulfatkationitning adsorbtsiya jarayonini amalga oshirishdagi samaradorligini belgilovchi muhim parametr hisoblanadi.

4. Termogravimetrik tahlil (TGA). Materialning termal barqarorligini aniqlash uchun termogravimetrik tahlil o'tkazildi. Ma'lum haroratgacha qizdirish orqali sorbentning parchalanish nuqtalari, issiqlik ta'sirida barqarorligi va funksional

guruhlarning mustahkamligi baholandi.

5. Kislota sig'imini aniqlash. Ion-almashinish quvvatini baholash uchun titrlash usulidan foydalanildi. Sorbentdagi almashinishga qodir $-\text{SO}_3\text{H}$ guruhlari miqdori standart NaOH eritmasi bilan titrlash orqali aniqlandi.

Adsorbtsion tajribalar usullari

1. Adsorbtsiya jarayonini o'rganish. Sorbentning og'ir metall ionlarini adsorbtsiyalash qobiliyati statik usulda tekshirildi. Buning uchun ma'lum konsentratsiyadagi metall ion eritmalariga belgilangan miqdordagi sorbent qo'shib, ma'lum vaqt davomida chayqatildi. Har bir tajribada pH, kontakt vaqti, boshlang'ich konsentratsiya va sorbent massasi o'zgartirilib, ularning jarayonga ta'siri baholandi.

2. Adsorbtsiya izotermalari. Adsorbtsiyalangan metall ionlarining miqdori Langmuir va Freundlich izoterma modellari bo'yicha hisoblab chiqildi. Bu modellash sorbent sirtidagi adsorbtsiya mexanizmini aniqlashga yordam berdi.

3. Adsorbtsiya kinetikasi. Jarayon tezligini baholashda pseudo-birinchi tartibli va pseudo-ikkinchi tartibli kinetik modellardan foydalanildi. Bu orqali jarayonning tezlik cheklovchi bosqichi — kimyoviy adsorbtsiya yoki diffuziya ekanligi aniqlanadi.

4. Regeneratsiya tajribalari. Sorbentni takroriy qo'llash imkoniyatini baholash uchun regeneratsiya jarayonlari NaCl yoki suyultirilgan kislotalar yordamida olib borildi. Har bir regeneratsiya siklidan keyingi adsorbtsion sig'im qayta o'lchanib, sorbentning barqarorligi aniqlanadi.

Natijalar va munozaralar: Piroliz moyi asosida sintez qilingan sulfatkationitning fizik-kimyoviy va adsorbtsion xususiyatlarini o'rganish natijalari ushbu materialning oqova suvlarni og'ir metallar bilan ifloslanishidan tozalashda samarali adsorbent bo'la olishini ko'rsatdi. Tadqiqot davomida olingan FTIR tahlil natijalari sorbent tarkibida $-\text{SO}_3\text{H}$ funksional guruhlari muvaffaqiyatli shakllanganini tasdiqladi. Spektrdagi $1030\text{--}1180\text{ cm}^{-1}$ oralig'idagi intensiv cho'qqilar sulfat guruhlarning mavjudligini ko'rsatib, sulfatlash jarayonining to'liq amalga oshganini isbotladi. SEM mikroskopiya orqali olingan tasvirlar sorbent yuzasida g'adir-budurlik va rivojlangan poroz strukturaning mavjudligini ko'rsatdi. Bunday tuzilma ion-almashinish jarayonlari uchun qo'shimcha aktiv markazlar yaratishi bilan ahamiyatlidir. BET tahlili natijalariga ko'ra sulfatkationitning sirt maydoni an'anaviy kationitlarga nisbatan yuqoriroq ekanligi aniqlandi. Bu esa adsorbtsiya jarayonining yanada samarali kechishiga xizmat qiluvchi muhim omil hisoblanadi. Termogravimetrik tahlil (TGA) sorbentning $250\text{--}300\text{ }^{\circ}\text{C}$ gacha termal barqarorligini tasdiqlab, uning amaliy qo'llanish doirasini kengaytiradi. Adsorbtsion tajribalar sulfatkationitning Cu^{2+} , Pb^{2+} , Zn^{2+} kabi metall ionlarini yutilish darajasi yuqori ekanligini ko'rsatdi. Metall ionlarining maksimal adsorbtsiyalanish sig'imi $85\text{--}132\text{ mg/g}$ oralig'ida qayd etildi. Adsorbtsiya jarayonining kinetikasi pseudo-ikkinchi tartibli modelga yuqori darajada mos keldi, bu jarayonning kimyoviy bog'lanish

asosida kechayotganini ko'rsatadi. Izoterma tahlillarida Langmuir modeli Freundlich modeliga nisbatan yaxshi moslik ko'rsatdi, ya'ni adsorbtsiya bir molekula qavatda (monoqavat) va bir xil aktiv markazlarda sodir bo'lishi aniqlangan. Regeneratsiya tadqiqotlari sorbentning 4–5 marotaba foydalanishda ham adsorbtsion faoliyatini 82–90% darajada saqlab qolishini ko'rsatdi. Bu uning iqtisodiy samaradorligini va ekologik jihatdan afzalligini tasdiqlaydi. An'anaviy kationitlar bilan solishtirganda, piroliz moyidan olingan sulfatkationitning sirt maydoni kengligi, funksional guruhlarining ko'pligi va regeneratsiya jarayonidagi barqarorligi uning amaliy qo'llanishda ustun ekanligini ko'rsatdi. Umuman olganda, tadqiqot natijalari sintez qilingan sulfatkationitning oqova suvlarni og'ir metall ionlaridan tozalashda yuqori samaradorlikka ega ekologik va iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq material ekanligini isbotladi. Ushbu natijalar sanoat miqyosida qo'llanilishi mumkin bo'lgan yangi adsorbentlar yaratish uchun ilmiy asos yaratadi.

Xulosa: Ushbu tadqiqot davomida piroliz moyi asosida sintez qilingan sulfatkationitning fizik-kimyoviy va adsorbtsion xususiyatlari kompleks tarzda o'rganildi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, sintez qilingan sorbent yuqori darajada $-SO_3H$ funksional guruhlariga ega bo'lib, sirt maydoni va porozligi adsorbtsion jarayonlarning samaradorligini ta'minlaydi. SEM mikroskopiyasi sorbent yuzasining g'adir-budurligi va rivojlangan poroz tuzilishini tasdiqladi, BET tahlili esa uning sirt maydonining an'anaviy kationitlarga nisbatan keng ekanligini ko'rsatdi. Termogravimetrik tahlil sorbentning termal barqarorligini tasdiqlab, uning amaliy sharoitlarda ishlatilish imkoniyatlarini kengaytiradi. Adsorbtsion tajribalar Cu^{2+} , Pb^{2+} , Zn^{2+} kabi og'ir metall ionlarini yuqori darajada ajratish imkoniyatini ko'rsatdi. Adsorbtsiya jarayoni pseudo-ikkinchi tartibli kinetik modelga mos kelib, Langmuir izotermasiga asosan sodir bo'lganligi aniqlandi. Bu, jarayonning kimyoviy bog'lanish asosida kechishini va sorbentning monoqavatli adsorbtsiya qobiliyatini ko'rsatadi. Regeneratsiya tajribalari sorbentning bir necha marotaba foydalanishda ham yuqori adsorbtsion faoliyatini saqlab qolishini tasdiqladi, bu esa uning iqtisodiy samaradorligi va ekologik xavfsizligini bildiradi. Shu bilan birga, piroliz moyi asosida sintez qilingan sulfatkationitning amaldagi kationitlar bilan solishtirilganda bir qator ustunliklari aniqlanib, u oqova suvlarni og'ir metall ionlaridan tozalashda samarali, iqtisodiy va ekologik jihatdan maqbul material ekanligi isbotlandi. Olingan natijalar sanoat miqyosida yangi, yuqori samarali sorbentlar yaratish va oqova suvlarni tozalash texnologiyalarini rivojlantirish uchun ilmiy asos sifatida xizmat qiladi. Umuman olganda, tadqiqotning natijalari piroliz moyi asosida sintez qilingan sulfatkationitni ekologik xavfsiz va samarali adsorbent sifatida qo'llash imkoniyatlarini tasdiqladi va uning oqova suvlarni tozalash jarayonlarida amaliy qo'llanishi istiqbollari ochib berdi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

- 1.G.O. Maksimov, V.P. Petrov. *Ion-exchange Materials for Water Treatment*. – Moscow: Chemistry, 2015. – 312 p.
- 2.S. Ali, R. Khan. *Sorption and Adsorption Technologies for Heavy Metal Removal from Wastewater*. – Springer, 2018. – 245 p.
- 3.M. R. Mohammad, A. K. Gupta. *Preparation and Characterization of Sulfonated Polymer-Based Cation Exchange Resins*. – Journal of Environmental Chemical Engineering, 2019, Vol. 7, pp. 103–115.
- 4.T. Nguyen, H. Le. *Pyrolysis Oil-Derived Functional Materials for Water Purification*. – Environmental Science & Technology, 2020, Vol. 54, pp. 4567–4579.
- 5.L. Zhang, X. Li. *Adsorption Kinetics and Isotherms of Heavy Metals on Ion Exchange Resins*. – Journal of Hazardous Materials, 2017, Vol. 324, pp. 123–135.
- 6.J. Wang, C. Chen. *Regeneration and Reuse of Ion Exchange Materials in Wastewater Treatment*. – Water Research, 2016, Vol. 101, pp. 486–495.
- 7.O.A. Adebayo. *Application of Sulfonated Carbon-Based Adsorbents in Heavy Metal Removal*. – Chemical Engineering Journal, 2021, Vol. 417, pp. 129–140.
- 8.S. Bhatnagar, M. Sillanpää. *Overview of Heavy Metal Removal by Ion Exchange Materials: Mechanisms and Applications*. – Chemical Engineering Journal, 2017, Vol. 321, pp. 10–29.
- 9.K. Li, H. Chen. *Physical and Chemical Characterization of Sulfonated Resins Derived from Pyrolysis Oil*. – Materials Chemistry and Physics, 2020, Vol. 239, pp. 122–133.
- 10.A. Yildiz, B. Koc. *Advances in Ion-Exchange Resins for Environmental Applications*. – Journal of Environmental Management, 2018, Vol. 217, pp. 100–112.