



Uchqun O'. RO'ZMETOV,

DSc, prof.v.b., O'zbekiston Milliy universiteti, E-mail: ruzmetov.uchkun@gmail.com, ORCID:0000-0002-1498-0236

Oybek O. MUXAMATOV,

Tayanch doktorant, Toshkent davlat texnika universiteti

Maftuna I. QARSHIBOYEVA,

Tayanch doktorant, O'zbekiston Milliy universiteti

Nigora A. YUNUSOVA,

Magistrant, O'zbekiston Milliy universiteti, Toshkent, O'zbekiston

O'zMU professori, k.f.d N.Qutlimurotova taqrizi asosida

SPECTROSCOPIC ANALYSIS OF THE DETERMINATION OF Pb(II) IONS BASED ON A SORBENT OBTAINED FROM BANANA PEEL FROM ENVIRONMENTAL OBJECTS

Annotation

In this study, a biosorbent prepared from banana peel was used for the sorption-spectroscopic determination of Pb(II) ions. To enhance the sorption properties of the peel, it was chemically modified with a KOH solution, resulting in a significant improvement in sorption efficiency. The sorption process was carried out at pH 5.5–6.0 for 4 hours. The obtained samples were analyzed using spectrophotometry, scanning electron microscopy (SEM), and X-ray fluorescence (XRF) techniques. The results showed effective uptake of Pb(II) ions by the biosorbent: 8.99% lead was detected by SEM analysis, while 47.5% was determined by XRF analysis. These findings confirm that the modified banana peel-based biosorbent exhibits high efficiency in the determination of Pb(II) ions.

Keywords: Biosorbent, spectrophotometry, scanning electron microscopy, X-ray fluorescence, sorption.

СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИОНОВ РЬ(II) НА ОСНОВЕ СОРБЕНТА, ПОЛУЧЕННОГО ИЗ КОЖУРЫ БАНАНА ИЗ ОБЪЕКТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Аннотация

В данном исследовании для сорбционно-спектроскопического определения ионов РЬ(II) был использован биосорбент, полученный на основе кожуры банана. С целью повышения сорбционных свойств кожура была химически модифицирована раствором KOH, в результате чего эффективность сорбции значительно возросла. Процесс сорбции проводился при pH 5,5 - 6,0 в течение 4 часов. Полученные образцы были проанализированы с использованием спектрофотометрии, сканирующей электронной микроскопии (SEM) и рентгенофлуоресцентного анализа (XRF). Результаты показали эффективное поглощение ионов РЬ(II) биосорбентом: по данным SEM содержание свинца составило 8,99 %, тогда как по данным XRF - 47,5 %. Полученные результаты подтверждают высокую эффективность модифицированного биосорбента на основе кожуры банана при определении ионов РЬ(II).

Ключевые слова: биосорбент, спектрофотометрия, сканирующая электронная микроскопия (SEM), рентгенофлуоресцентный анализ (XRF), сорбция.

ATROF MUHIT OBYEKTLARIDAN BANAN PO'STLOG'IDAN OLINGAN SORBENT ASOSIDA РЬ(II) IONLARINI ANIQLASHNING SPEKTROSKOPIK TAHLILI

Annotatsiya

Ushbu tadqiqotda РЬ(II) ionlarini sorbsion-spektroskopik usulda aniqlash uchun banan po'stlog'i asosida tayyorlangan biosorbentdan foydalanildi. Po'stloqning sorbsion xususiyatlarini oshirish maqsadida KOH eritmasi bilan kimyoviy modifikatsiyalandi, natijada sorbsiya samaradorligi sezilarli darajada yaxshilandi. Sorbsiya jarayoni pH 5,5–6,0 sharoitida 4 soat davomida olib borildi. Olingan namunalar spektrofotometrik, skanerlovchi elektron mikroskopiyasi (SEM) va rentgen-fluorescent (XRF) usullari yordamida tahlil qilindi. Natijalar РЬ(II) ionlarining biosorbentga samarali yutilganligini ko'rsatdi: SEM tahlilida 8,99 %, XRF tahlilida esa 47,5 % qo'rg'oshin elementi aniqlandi. Olingan natijalar modifikatsiyalangan banan po'stlog'i biosorbentining РЬ(II) ionlarini samarali aniqlashda yuqori samaradorlikka ega ekanligini tasdiqlaydi.

Kalit so'zlar: Biosorbent, spektrofotometriya, skanerlovchi elektron mikroskopiyasi, rentgen-fluorescent, sorbsiya.

Kirish. РЬ(II) ionlarini aniqlash va ajratib olish atrof-muhit ifloslanishini baholash hamda suv resurslarini muhofaza qilishda muhim ahamiyatga ega, chunki qo'rg'oshin yuqori toksiklikka ega bo'lib, quyi konsratsiyalarda ham inson va ekotizimlarga sezilarli zarar yetkazishi mumkin. Shu sababli zamonaviy tadqiqotlarda og'ir metall ionlarini aniqlash va ularni samarali yo'qotishga qaratilgan ishonchli, sezgir va ekologik xavfsiz usullarni ishlab chiqish dolzarb yo'nalishlardan biri hisoblanadi. Ushbu tadqiqotdagi muhim yondashuvlardan biri РЬ(II) ionini biosorbentlardan foydalanib spektroskopik usulda aniqlashdan iborat. Biosorbentlar nafaqat arzon va keng tarqalgan biomassa asosida olinishi, balki yuqori sorbsion faollikka ega funksional guruhlari (–OH, –COOH, –NH₂ va boshqalar) hisobiga og'ir metall ionlarini samarali bog'lash xususiyati bilan ajralib turadi. Ular selektivlik, regeneratsiya imkoniyati va ekologik xavfsizlik nuqtayi nazaridan an'anaviy sintetik adsorbentlarga nisbatan bir qator afzalliklarga ega. Bundan tashqari, biosorbentlar qo'llanilishi chiqindilarni qayta ishlash, resurslarni tejash va barqaror rivojlanish tamoyillariga mos kelishi bilan ham ahamiyatlidir. Shu sababli РЬ(II) ionlarini aniqlash va tozalash

jarayonlarida biosorbentlardan foydalanish nafaqat analitik samaradorlikni oshiradi, balki ekologik va iqtisodiy jihatdan maqbul yechim sifatida ham muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi.

Mavzuga oid adabiyotlar tahlili. Global sanoat inqilobi natijasida ekotizimning og'ir metallar bilan ifloslanishi eng muhim ekologik va biologik muammolardan biriga aylandi [1]. Bugungi kunda bu muammo tobora kuchayib borib, uning global miqyosda keltirib chiqarotgan salbiy ta'sirlari katta tashvish uyg'otmoqda. Xususan, og'ir metallarga mansub noorganik ifloslantiruvchi moddalar tez sur'atlarda rivojlanayotgan qishloq xo'jaligi va metallurgiya sanoati, chiqindilarni noto'g'ri utilitatsiya qilish, shuningdek, o'g'itlar va pestitsidlar qo'llanilishi natijasida suv, tuproq hamda atmosfera muhitiga keng miqyosda tarqalmoqda [2]. Bundan tashqari, sanoat rivojlanishi bilan uzviy bog'liq bo'lgan yana bir muhim muammo - organik oqova suvlarning hosil bo'lishidir. Turli sanoat tarmoqlarida shakllanadigan bunday oqova suvlar tarkibida yuqori toksiklikka ega komponentlar mavjud bo'lib, ular atrof-muhitga sezilarli darajada zarar yetkazishi mumkin. Shu sababli, zamonaviy ilmiy tadqiqotlarda oqova suvlarni samarali tozalash uchun tabiiy manbalardan olingan yoki sanoat chiqindilaridan tayyorlangan alternativ materiallardan foydalanishga bo'lgan qiziqish tobora ortib bormoqda [3].

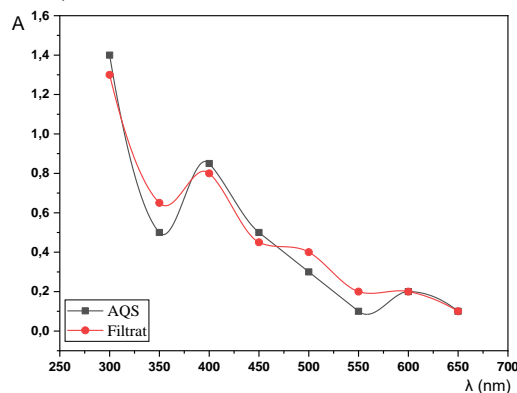
So'nggi yillarda og'ir metallarning aniqlash, kamaytirish va to'liq yo'qotishga qaratilgan fizik, fizik-kimyoviy va mikrobiologik usullarni ishlab chiqishga qiziqish ortib bormoqda [4]. Suv havzalari va oqova suvlar tarkibidagi og'ir metallarning kamaytirilishi dolzarb masala bo'lib, ular oziq-ovqat zanjirining asosiy ifloslanish manbalaridan biri hisoblanadi. Metallarning tabiiy iz komponentlar bo'lsa-da, sanoat chiqindilari, qishloq xo'jaligi, konchilik va urbanizatsiya jarayonlari natijasida ularning konsentratsiyasi sezilarli darajada ortmoqda [5]. Natijada og'ir metallar suv va tuproq ekotizimlarida to'planib, tirik organizmlar uchun jiddiy ekologik xavf tug'dirmoqda [6]. Inson organizmi ushbu metallar bilan nafas olish, suv va oziq-ovqat orqali ta'sirlanadi, ularning bioakkumulyatsiyasi esa turli organ tizimlarida toksik o'zgarishlarga olib keladi [7]. Xususan, qo'rg' oshin (Pb) yuqori toksiklikka ega bo'lib, asab, skelet, reproduktiv, gematopoetik, buyrak va yurak-qon tomir tizimlarini zararlaydi hamda yallig'lanish jarayonlarini faollashtirib, bir qator kasalliklar rivojlanishiga sabab bo'ladi [8–10].

So'nggi yillarda Pb(II) ionlarini suvli muhitlardan ajratib olishda turli xil biosorbentlar va nanomateriallarga asoslangan samarali adsorbsion tizimlar ishlab chiqilmoqda. Xususan, papaya po'stlog'i va Fe₃O₄ nanopartikullar asosida tayyorlangan magnit bio-adsorbent Pb(II) ni yuqori samaradorlikda ajratib olish va qayta ishlatilish imkoniyatini ko'rsatdi [11]. Shuningdek, ajdar mevasi, rambutan va marakuya po'stlog'i asosidagi biosorbentlar Pb(II) va Cd(II) ionlarini optimal sharoitlarda (pH 4, 0,25 g, 180 min) yuqori samaradorlik bilan yo'qotishi aniqlandi [12]. Bundan tashqari, amin guruhi bilan funktsionallashtirilgan polimer adsorbentlar ham Pb(II) ionlarini samarali ajratib olish qobiliyatiga ega ekanligi ko'rsatildi [13]. Makkajo'xori poyasi va yeryong'oq po'stlog'idan olingan aktiv biokarbonlar esa Pb(II) va organik makromolekulalarni bir vaqtda yo'qotishda yuqori adsorbsion sig'im namoyon etdi [14]. Shuningdek, Fe₃O₄ va grafen oksidi asosidagi magnit nano-adsorbentlar yuqori sezgirlik, tez kinetika va barqaror adsorbsion xususiyatlari bilan ajralib turib, Pb(II) ni samarali tozalashda istiqbolli material sifatida baholandi [15].

Tadqiqot metodologiyasi. Pb(II) ionlarini biosorbent yordamida aniqlashda spektrofotometriya, XRF va SEM usullari qo'llanildi. Namunalarning massasi ABS 120-4N analitik tarozi (Xitoy) yordamida o'lchandi, eritma muhiti PHS-3E pH-metr (Xitoy) va MS7-H550-S magnit aralastirgich yordamida nazorat qilindi. UV-Vis tahlillar UV-5100 spektrofotometr (Metash, Xitoy) orqali amalga oshirildi. Rentgen-fluorescent tahlil NEX DE (Rigaku, Yaponiya) XRF spektrometri yordamida bajarildi. Biosorbent yuzasining morfologik tuzilishi va o'zgarishlari esa skanerlovchi elektron mikroskopiya usuli orqali o'rganildi.

Analitik reagent sifatida 5×10^{-4} M konsentratsiyadagi standart Alizarin qizil S eritmasi, Pb(II) ioni eritmasidan esa 1×10^{-2} M konsentratsiyadagi Pb(NO₃)₂ hamda 50 % li KOH ning standart eritmaları tayyorlandi. Tadqiqot tizimlarining kislotali va ishqoriy muhitini saqlash uchun NaOH va HCl 0,1 N eritmalaridan foydalanildi.

Tahlil va natijalar. Mahalliy bozordan banan po'stlog'i yig'ib olindi va 1–2 sm o'lchamda maydalandi hamda distillangan suv bilan yuvildi. Tozalangan biomassa xona haroratida 12 soat davomida, so'ngra 80 °C da 12 soat davomida quritish shkafida quritildi. Quritilgan po'stloq mayda kukun holiga keltirilib, elakdan o'tkazildi va keyingi bosqich uchun tayyorlandi. Biosorbentni faollashtirish maqsadida kukun KOH bilan 1:3 massa nisbatda aralastirildi va 50% li KOH eritmasidan 5 ml qo'shilib, 2 soat davomida modifikatsiya qilindi. Keyinchalik namunalar 450°C haroratda 2 soat davomida qizdirilib, xona haroratigacha sovutildi. Olingan sorbent distillangan suv bilan neytral pH ga kelguncha yuvildi va qayta quritildi. Pb(II) ionlarini sorbsion aniqlash uchun 0,1 g biomassa 50 ml 0,01 M Pb(NO₃)₂ eritmasiga qo'shildi va xona haroratida 3 soat davomida arastitib turildi. Sorbsiya jarayoni yakunlangach, aralashma filtrlandi. Filtrat tarkibida Pb(II) ionlarining mavjudligi Alizarin qizil S reagenti ishtirokida spektrofotometrik usulda aniqlandi (1-rasm).



1-rasm. Spektrofotometrik tahlil natijalari

Natijalar Pb(II)-reagent kompleksiga xos spektral signalning kuzatilmaganligini ko'rsatdi, bu esa biosorbent tomonidan Pb(II) ionlarining eritmadan samarali yutilganini tasdiqlaydi.

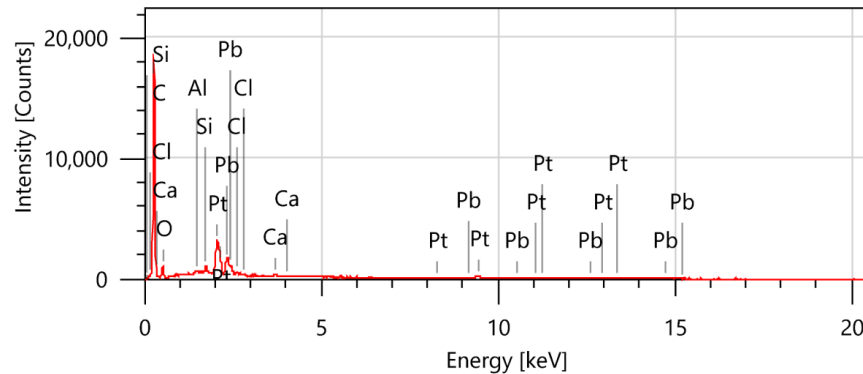
Sorbsiya jarayonidan so'ng olingan sorbent namunasi rentgen-fluorescent tahlili yordamida ham o'rganildi. Olingan natijalar jadval ko'rinishida taqdim etildi (1-jadval).

Sorbentning rentgen-fluorescent tahlili natijalari

No	Element	Natija	Birlik
1	Pb	47,5	mass%
2	Cl	23,1	mass%
3	S	10,5	mass%
4	Ca	6,91	mass%
5	Al	4,79	mass%
6	P	1,19	mass%

Jadvalda keltirilgan rentgen-fluorescent tahlil natijalariga ko'ra, Pb elementi sorbent yuzasiga sezilarli darajada sorbsiyalanganini ko'rsatadi. Pb ning yuqori ulushi, ya'ni 47,5 mass% ni tashkil etishi, sorbentning qo'rg'oshin ionlarini samarali yutish va ularni yuzasida mustahkam ushlab qolish xususiyatiga ega ekanligini tasdiqlaydi.

Pb(II) ionni yutilgan sorbent namunasi skanerlovchi elektron mikroskopiya (SEM) usuli yordamida tahlil qilindi. SEM tahlili materialning sirt morfologiyasi va tuzilish xususiyatlarini o'rganish, shuningdek, adsorbsiya jarayonidan keyingi yuzadagi o'zgarishlarni aniqlash imkonini beradi. 2-rasmda esa mazkur namunaga tegishli SEM tahlili asosida olingan spektri keltirilgan.



2-rasm. Pb(II) ionlari sorbsiyalangan biosorbentning SEM tahlil spektri

SEM tahlili natijalariga ko'ra, spektrda Pb(II) ionlariga xos bo'lgan intensiv cho'qqilar aniq kuzatildi. Bu holat Pb(II) ionlarining biosorbent yuzasiga samarali tarzda yutilganligini tasdiqlaydi. Shuningdek, spektrda mavjud bo'lgan boshqa elementlarga tegishli signallar (C, O, Ca va boshqalar) biosorbentning tabiiy tarkibiy tuzilmasini aks ettiradi.

SEM tahlili natijalari jadval ko'rinishida ham qayta ishlanib, sorbent yuzasidagi elementlarning miqdoriy tarkibi batafsil tahlil qilindi (2-jadval)

Sorbent tuzilishining SEM tahlil natijalari

Element	Line	Mass%	Atom%
C	K	67.51±0.18	90.79±0.25
O	K	6.21±0.13	6.27±0.13
Al	K	0.30±0.02	0.18±0.01
Si	K	0.72±0.02	0.41±0.01
Cl	K	0.45±0.02	0.20±0.01
Ca	K	0.41±0.03	0.16±0.01
Pt	M	15.42±0.17	1.28±0.01
Pb	M	8.99±0.15	0.70±0.01
Total		100.00	100.00
Spc_014			Fitting ratio 0.0115

Olingan natijalarga ko'ra, Pb(II) ionining massa ulushi $8,99 \pm 0,15\%$ ni tashkil etdi, bu biosorbentning qo'rg'oshin ionlarini samarali yutish qobiliyatiga ega ekanligini ko'rsatadi. Mazkur jadval orqali Pb(II) ionlarining biosorbent yuzasida to'planish darajasi hamda boshqa asosiy elementlarning ulushi batafsil yoritildi, bu esa sorbsion jarayonning yuqori samaradorligini tasdiqlaydi.

Xulosa va takliflar. Mazkur tadqiqotda KOH bilan modifikatsiyalangan banan po'stlog'i asosidagi biosorbent yordamida Pb(II) ionlari sorbsion-spektroskopik usullar orqali aniqlandi. Jarayon pH 5,5–6,0 va 4 soat davomida olib borilib, yuqori sorbsion samaradorlik kuzatildi. Spektroskopik tahlillar natijasida SEM da 8,99 %, XRF da esa 47,5 % Pb(II) elementi aniqlanishi biosorbent yuzasida qo'rg'oshin ionlarining sezilarli darajada to'planganini tasdiqladi. Olingan natijalar modifikatsiyalangan biosorbentning sorbsion-spektroskopik tahlillarda Pb(II) ionlarini aniqlashda yuqori samaradorlikka ega ekanligini ko'rsatadi.

ADABIYOTLAR

- Mehana, E. S. E., Khafaga, A. F., Elblehi, S. S., Abd El-Hack, M. E., Naiel, M. A., Bin-Jumah, M., & Allam, A. A., Biomonitoring of heavy metal pollution using acanthocephalans parasite in ecosystem: an updated overview, *Animals*, 10 (2020) 811, <https://doi.org/10.3390/ani10050811>
- Briffa, J.; Sinagra, E.; Blundell, R. Heavy Metal Pollution in the Environment and Their Toxicological Effects on Humans. *Heliyon* 2020, 6, e04691. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04691>
- Moraes, R.R.L.V.J.S. Removal of Organic Pollutants from Wastewater Using Chitosan: A Literature Review. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 2019, 16, 1741–1754. <https://doi.org/10.1007/s13762-018-2061-8>
- Ungureanu, E. L., & Mustatea, G. (2022). Toxicity of heavy metals. In *IntechOpen eBooks*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.102441>
- Al Naggat, Yahya, Mohamed S. Khalil, and Mohamed A. Ghorab, Environmental pollution by heavy metals in the aquatic ecosystems of Egypt. *Open AccJ. Toxicol.* 3 (2018) 555603, <https://doi.org/10.19080/oajt.2018.03.555603>

6. Das, S., Sultana, K. W., Ndhlala, A. R., Mondal, M., & Chandra, Heavy metal pollution in the environment and its impact on health: exploring green technology for remediation, *Environmental health insights*, 17 (2023) 11786302231201259, <https://doi.org/10.1177/11786302231201259>
7. Jomova, K., Alomar, S. Y., Nepovimova, E., Kuca, K., & Valko, M., Heavy metals: toxicity and human health effects, *Archives of toxicology*, 99 (2025) 153-209, <https://doi.org/10.1007/s00204-024-03903-2>
8. Wani, A. L., Ara, A., & Usmani, J. A., Lead toxicity: a review, *Interdisciplinary Toxicology*, 8 (2015) 55–64, <https://doi.org/10.1515/intox-2015-0009>
9. Collin, M. S., Venkatraman, S. K., Vijayakumar, N., Kanimozhi, V., Arbaaz, S. M., Stacey, R. G. S., Anusha, J., Choudhary, R., Lvov, V., Tovar, G. I., Senatov, F., Koppala, S., & Swamiappan, S., Bioaccumulation of lead (Pb) and its effects on human: A review, *Journal of Hazardous Materials Advances*, 7 (2022) 100094, <https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2022.100094>
10. Boskabady, M., Marefati, N., Farkhondeh, T., Shakeri, F., Farshbaf, A., & Boskabady, M. H., The effect of environmental lead exposure on human health and the contribution of inflammatory mechanisms, a review. *Environment International*, 120 (2018) 404–420, <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.08.013>
11. Abbaszadeh, S., Nodeh, H. R., & Alwi, S. R. W. (2017). Bio-adsorbent derived from papaya peel waste and magnetic nanoparticles fabricated for lead determination. *Pure and Applied Chemistry*, 90(1), 79–92. <https://doi.org/10.1515/pac-2017-0503>
12. Wattanakornsiri, A., Rattanawan, P., Sanmueng, T., Satchawan, S., Jammongkan, T., & Phuengphai, P. (2022). Local fruit peel biosorbents for lead(II) and cadmium(II) ion removal from waste aqueous solution: A kinetic and equilibrium study. *South African Journal of Chemical Engineering*, 42, 306–317. <https://doi.org/10.1016/j.sajce.2022.09.008>
13. Gupta, A. (2016). Preparation of ethyleneamine functionalized crosslinked poly(acrylonitrile-ethylene glycol-dimethacrylate) chelating resins for adsorption of lead ions. *Separation Science and Technology*, 52(3), 447–455. <https://doi.org/10.1080/01496395.2016.1264961>
14. Wiśniewska, M., & Nowicki, P. (2019). Simultaneous removal of lead(II) ions and poly(acrylic acid) macromolecules from liquid phase using of biocarbons obtained from corncob and peanut shell precursors. *Journal of Molecular Liquids*, 296, 111806. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2019.111806>
15. Ravishankar, H., Wang, J., Shu, L., & Jegatheesan, V. (2016). Removal of Pb (II) ions using polymer based graphene oxide magnetic nano-sorbent. *Process Safety and Environmental Protection*, 104, 472–480. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2016.04.002>