

SUYUQLIKLAR SIFATINI NAZORAT QILISH UCHUN SCREEN PRINTED ELEKTRODLARINI TAYYORLASH

X.H. Tursunova

Samarqand davlat pedagogika instituti Tabiiy fanlar fakulteti 3-bosqich talabasi.

S. Ochilova

Samarqand davlat pedagogika instituti Tabiiy fanlar fakulteti 1-bosqich talabasi.

S. Burxonova

Samarqand davlat pedagogika instituti Tabiiy fanlar fakulteti 1-bosqich talabasi.

M.I. Ravshanov

Samarqand davlat pedagogika instituti Tabiiy fanlar fakulteti kimyo kafedrası assistenti.

E-mail: ravshanovmaqsudbek1@gmail.com

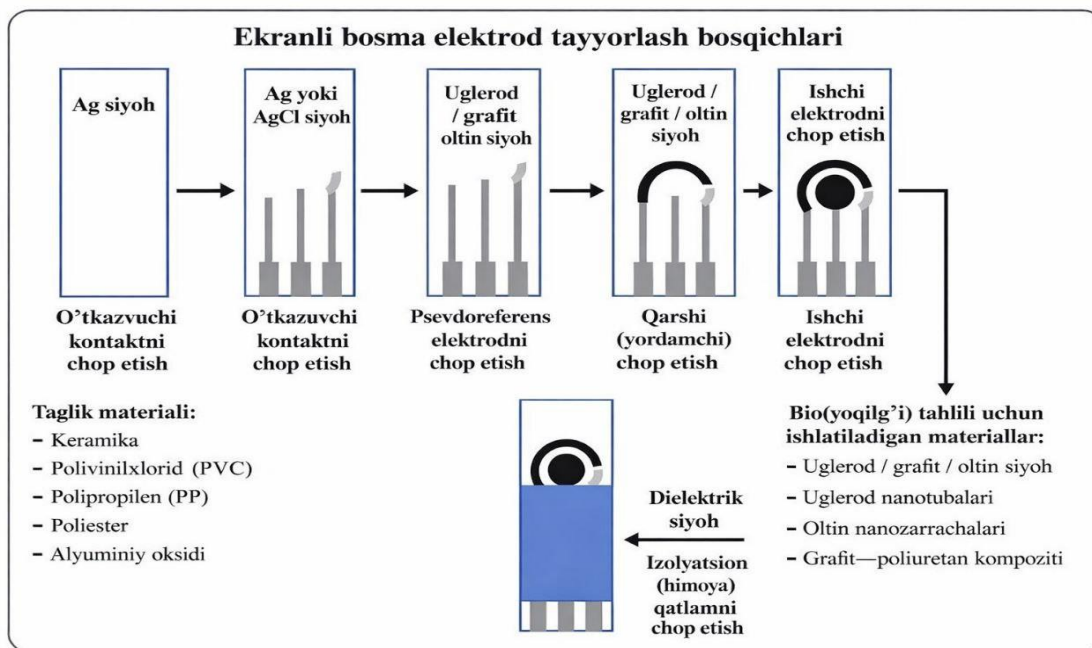
<https://doi.org/10.5281/zenodo.18963844>

Annotatsiya. Suyuqliklar sifatini nazorat qilish - bu atrof-muhitni muhofaza qilish va insonning sog'lig'ini ta'minlashning muhim qismi. Og'ir metallar - bu toksik moddalar bo'lib, ularning suv va oziq-ovqat mahsulotlarida mavjudligi xavfli. Ushbu tezisdagi bismut bilan modifikatsiyalangan screen-printed elektrodleri (Bi-SPE) tayyorlash, xarakteristikallari va suyuqliklar sifatini nazorat qilishda qo'llanilishi o'rganildi. Bi-SPE - bu yashil texnologiya bo'lib, toksik simobning o'rniga ishlatiladi. In-situ plating pre-anodizatsiya bilan birga ishlatilganda, Cd^{2+} uchun aniqlash chegarasi $0.15 \mu g/L$, Pb^{2+} uchun $0.1 \mu g/L$ ga yetadi. Bi-SPE CS350 potentiostat (Xitoy xalq respublikasi) bilan dala sharoitida real vaqtda tahlil qilish mumkin.

Ichimlik suvi, sanoat suvlari, oziq-ovqat va atrof-muhitni monitoring qilishda Bi-SPE samarali bo'lib, recovery darajasi 91.7-107.1% ni tashkil etadi.

Kalit so'zlar: Bismut, screen-printed elektrodler, siklik voltammetriyasi, og'ir metallar, suyuq sifati, elektrokimyoviy sensor, yashil texnologiya.

Kirish: Og'ir metallar - qo'zg'almas toksik moddalar bo'lib, ular atrof-muhit va insonning sog'lig'iga jiddiy xavf tug'diradi. Kadmiy (Cd^{2+}), qo'rg'oshin (Pb^{2+}), sink (Zn^{2+}) va boshqa og'ir metallarning suv va oziq-ovqat mahsulotlarida mavjudligi butun dunyo bo'ylab ahamiyatli muammo hisoblanadi. Sanoat faoliyati, metallurgiya, elektroplatka va qazib olish sohalarining rivojlanishi natijasida katta miqdorda og'ir metallar suv havzalariga tushib, ekosistemalarga zarar yetkazmoqda. Og'ir metallarni aniqlash uchun turli xil analitik usullar mavjud. Atomli absorpsiya spektrometriyasi (AAS), atomli fluoressensiya spektrometriyasi (AFS) va induktiv bog'langan plazma massa spektrometriyasi (ICP-MS) kabi klassik usullar yuqori sezgirlik va aniqlikka ega bo'lsa-da, ular murakkab asboblardan, uzoq vaqt va yuqori xarajatlarni talab qiladi. Anodli stripping voltammetriyasi (ASV) - bu og'ir metallarni aniqlashning kuchli elektrokimyoviy usuli bo'lib, ppb darajasidagi konsentratsiyalarda yuqori sezgirlik bilan aniqlash imkonini beradi. Tarixan, simob film elektrodleri ASV-da eng yaxshi natijalari bergan. Biroq, simobning yuqori toksikligi sababli uning qo'llanilishi cheklangan. Bismut (Bi) - bu yashil metallning eng yaxshi namunasi bo'lib, u simobga o'xshash elektrokimyoviy xususiyatlarga ega, ammo toksikligi ancha past. Bismut bilan modifikatsiyalangan screen-printed elektrodleri (Bi-SPE) suv sifatini nazorat qilishda keng qo'llanilmoqda.



Tajribaviy qism

SPEning selektivligi va sezgirliги ishlatiladigan bo'yoqning kimyoviy tarkibiga (uglerod, kumush, oltin, platina, nanomateriallar, polimerlar va fermentlar) bog'liq bo'lib, bu elektrokimyoviy o'lchovlarda yuqori universallikni ta'minlaydi. Yana bir strategiya ishchi elektrodning sirtini elektrokimyoviy muolajalar yordamida yoki elektrodda qiziqarli materialni oddiy dispersiyalash yo'li bilan modifikatsiyalashdir. Simobning zaharliligi tufayli Bi^{+3} film sifatida o'rganildi. Bunday holda, bu yupqa filmlar odatda ba'zi uglerodli materialdan iborat bo'lgan SPE ning ishchi elektrodiga cho'kadi. SPE ishlab chiqarish uchun o'tkazuvchan bo'yoqlarning hajmiy modifikatsiyalari Bi tuzlari bilan kation, Bi_2O_3 yoki Bi^{+3} nanozarrachalari ham metallarni aniqlash uchun mustahkam elektrodlarga olib keldi. Ushbu modifikatsiyalar orqali aniqlash chegaralari va sezgirlik sezilarli darajada yaxshilanadi, ayniqsa konsentratsiyadan oldingi bosqichlar bilan bog'liq. SPE modifikatsiyalanmagan elektrodi Rossiya Federatsiyasining rusens firmasidan sotib olindi, kimyoviy reaktivlar Xitoy xalq respublikasidan keltirildi. $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0.2 mol/l ertmasi pH1-2, CS350 potentiostati orqali -0.9 V dan -1.2 V gacha oraliqda 120 s davomida ishlandi. Bu Ex situ usulida amalga oshirildi, xuddi shu ma'noda, metall nanozarrachalari bilan modifikatsiyalangan kationlar qiziqarli xususiyatlarga ega, chunki sirt yuzasining oshishi natijada aniqlash chegaralarini yaxshilaydi. Ko'mir bilan bosilgan elektrodlar odatda oltin yoki platina nanozarrachalarini elektr cho'ktirish uchun platforma sifatida ishlatiladi.

Shu bilan bir qatorda, oltin yoki platina bo'yoqlari bilan ishlab chiqarilgan SPE tijoratda mavjud. Ba'zi elektrodlar organik erituvchilar ta'siriga chidamli bo'lib, suvsiz muhitda tahlil qilish uchun yaroqli, boshqalari esa faqat suvli muhitda tahlil qilish uchun mo'ljallangan. Bosish jarayonida qotish haroratiga ko'ra turli elektrokimyoviy xususiyatlarga ega bo'lgan oltin elektrodlarni sotib olish mumkin. Bu elektrodlar mustahkam, yuqori sezgirlikka ega va ayniqsa metallarni aniqlash chegaralari past. Bundan tashqari, uning sirtini boshqa materiallar bilan osongina o'zgartirish SPE modifikatsiyasida selektivlikni oshirish va yangi elektrodga turli xarakteristikalar berish uchun fi kationlarga muqobil sifatida ion almashinuvchi smolalar, xelat hosil qiluvchilar, aminokislotalar, polimerlar, Schiff asoslari, metall gekssatsianoferratlar, nanostrukturali uglerod materiallari va biomolekulalar qo'llanildi.

Ushbu sharhning diqqat markazida bo'lgan bio (yoqilg'i) tahlili uchun qo'llaniladigan substrat materiallari va kimyoviy modifikatorlar tavsifini o'z ichiga olgan bosqichma-bosqich SPE ishlab chiqarish sxemasi ko'rsatilgan. SPE bir qator sohalarda keng qo'llanilishiga qaramay ba'zi sharhlarda ta'kidlangan, ularning suyuq (bio) yoqilg'ilarni tahlil qilish uchun qo'llanilishi hali qayta ko'rib chiqilmagan. Adabiyotlarda suyuq qazilma yoqilg'ilar va bioyoqilg'ilarida bir nechta analitlarni aniq aniqlash uchun takomillashtirilgan SPE va namunalarni tayyorlashning sodda bosqichlarini ishlab chiqishga qaratilgan turli strategiyalar ko'rsatilgan. Shuning uchun bu yerda ushbu fanga bag'ishlangan first taqriz keltirilgan. Ushbu sharhning maqsadi yoqilg'i quyish shoxobchalari va ishlab chiqaruvchilarda qayta tiklanadigan va qazib olinadigan yoqilg'ilar sifatini real vaqt rejimida nazorat qilish uchun maxsus ta'lim tizimlaridan foydalanish istiqbollari yoritib berishdan iborat.

Bi-SPE ning aniqlash xususiyatlari

Elektrod Turi	Metal	LOD ($\mu\text{g/L}$)	Linear Diapazon ($\mu\text{g/L}$)	Recovery (%)
Bi-SPE (ex-situ)	Cd^{2+}	4.80	5-50	92-98
Bi-SPE (in-situ)	Cd^{2+}	3.55	5-100	91.7-107.1
Bi-SPE (in-situ)	Pb^{2+}	0.1	5-100	94-106

Xulosa.

Bismut bilan modifikatsiyalangan screen-printed elektrodleri (Bi-SPE) suyuqliklar sifatini nazorat qilishda juda samarali vosita hisoblanadi. Tayyorlash bosqichlari: SPE tayyorlash bir necha muhim bosqichlarga bo'linadi - substrat tayyorlash, siyoh tayyorlash, screen printing, bismut modifikatsiyasi va pre-anodizatsiya. Har bir bosqich juda muhim va natijalarga ta'sir ko'rsatadi. Bismut modifikatsiyasi: In-situ va Ex-situ plating pre-anodizatsiya bilan birga ishlatilganda eng yaxshi natijalalar olinadi. Cd^{2+} uchun aniqlash chegarasi $0.15 \mu\text{g/L}$, Pb^{2+} uchun $0.1 \mu\text{g/L}$ ga yetadi. Bismut simobning o'rniga ishlatilishi atrof-muhitga ijobiy ta'sir ko'rsatadi.

Bismut toksikligi past bo'lib, qayta ishlanishi mumkin. Obekni joyida dala sharoitida aniqlash imkoniyati CS350 potentiostat bilan Bi-SPE maydon sharoitida real vaqtda tahlil qilish mumkin. Tahlil vaqti 3-5 daqiqa. Bi-SPE ichimlik suvi, sanoat odsuvlari, oziq-ovqat va atrof-muhitni monitoring qilishda keng qo'llaniladi.

FOYDALANGAN ADABIYOTLAR

1. Li, Y., Wang, Z., Chen, X., Yi, Z., & Wang, R. (2024). In situ deposition of bismuth on pre-anodized screen-printed electrode for sensitive determination of Cd^{2+} in water and rice with a portable device. *Scientific Reports*, 14, 18433.
2. Zhang, C., Li, C., & Han, X. (2023). Screen printed electrode containing bismuth for the detection of cadmium ion. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 933, 117291.
3. Pardayev, U. B., Akramova, Y., Majidova, G., & Xolmirzayev, M. (2025). SAR AND QSAR MODELING OF ALGICIDAL COMPOUNDS BASED ON PHYSICOCHEMICAL DESCRIPTORS. *Modern Science and Research*, 4(6), 445-453.
4. Xing, H., Zhang, X., Zhai, S., Mu, W., Li, C., & Han, X. (2024). Screen-printed electrode containing bismuth/graphene oxide hybrid for simultaneous detection of cadmium and lead ions. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 961, 118222.

5. Jiemuratova, A., Pardayev, U. B., & Bobojonov, J. (2025). Coordination Interaction Between Anthranilic Ligand And D-Element Salts During Crystal Formation: A Structural And Spectroscopic Approach. *Modern Science and Research*, 4(5), 199-201.
6. Wang, J., Lu, J., Hocevar, S. B., Farias, P. A., & Ogorevc, B. (2000). Bismuth-coated carbon electrodes for anodic stripping voltammetry. *Analytical Chemistry*, 72(15), 3547-3551.
7. Xayrullo o'g, P. U. B., Azim o'g'li, O. R., Umurzokovich, T. M., & Jasur o'g'li, X. H. (2024). Using natural plant extracts as acid-base indicators and pKa value calculation method. *fan va ta'lim integratsiyasi (integration of science and education)*, 2(1), 80-85.
8. Hočevár, S. B., Ogorevc, B., Wang, J., & Pihlar, B. (2002). A study on operational parameters for advanced use of bismuth film electrode in anodic stripping voltammetry. *Electroanalysis*, 14(24), 1745-1750.
9. Xamdamova, S., Pardayev, U. B., & Kosimova, X. (2025). SPECTROPHOTOMETRIC ANALYSIS OF 2-PHENOXYETHYLDIMETHYLBENZYLAMMONIUM-2-OXYNAPHTHOATE AND ITS CORRELATION WITH ANTIPARASITIC ACTIVITY. *International journal of medical sciences*, 1(5), 3-11.
10. Khoriddinovich, I. Y. (2025). CHEMICAL BENEFICIATION OF LIGNITE COALS FOR REDUCING ASH AND MINERAL IMPURITIES. *ИКРО журнал*, 16(01), 417-424.
11. Исаков, Ю., Абдумажидова, Ш., Пардаев, У., & Хусанов, Е. (2025). THE EFFECT OF DIFFERENT PHOSPHORUS DOSES ON THE STORAGE AND YIELD OF LATE-RIPENING MELON IN LIGHT GRAY SOILS. *Международный мультидисциплинарный журнал исследований и разработок*, 1(5), 163-167.
12. Kadara, R. O., Jenkinson, N., & Banks, C. E. (2009). Disposable bismuth oxide screen printed electrodes for the high throughput screening of heavy metals. *Electroanalysis*, 21(22), 2407-2414.
13. Xayrullo o'g, P. U. B., & Shermatovich, K. B. (2025, June). Comparative Analysis of Thermal and Thermochemical Activation of Bio-Waste for Carbon Adsorbent Production. In *CONFERENCE OF MODERN SCIENCE & PEDAGOGY* (Vol. 1, No. 3, pp. 646-652).
14. o'glu Khusanov, O. A., o'glu Farhodov, M. F., o'gli Pardayev, U. K., & Khusanov, E. S. (2025, November). PHYSICOCHEMICAL BASIS OF COMPOSITION-PROPERTY RELATIONSHIPS AND THE FORMATION OF NEW COMPOUNDS IN THE ACETATE CARBAMIDE-MONOETHANOLAMINE AND ACETATE CARBAMIDE-DIETHANOLAMINE SYSTEMS. In *International Conference Platform* (No. 5, pp. 7-12).
15. Adeniyi, K. O., Manavalan, G., Zainelabdin, A., et al. (2024). Solution-processable bismuthene nanosheets for ultrasensitive sensing of heavy metal ions via anodic stripping voltammetry. *ACS Applied Nano Materials*, 7(8), 8945-8956.
16. o'glu Majidov, H. B., o'glu Pardayev, U. K., kizi Buranova, N. I., & Khusanov, E. S. (2025, July). KINETICS OF PHASE TRANSITION PROCESSES IN THE SYNTHESIS OF DEFOLIANTS USING WASTE FROM THE SODA INDUSTRY. In *International Conference Platform* (No. 1, pp. 14-21).
17. Zhao, S., Jin, X., & Liu, X. (2025). ERGO/Bi synergistically enhanced paper-based screen-printed electrodes for ultrasensitive detection of lead and cadmium ions. *Microchemical Journal*, 182, 108945.