ISNN 3030-3907

2026/3
VOLUME 7

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/3 VOLUME 7

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Асадова Раъно Дилмуратовна
Тошкент Давлат техника университети доценти

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИОНОВ Cu^{2+} МЕТОДОМ ЦИКЛИЧЕСКОЙ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕРЕБРЯНО-РТУТНОГО АМАЛЬГАМНОГО ЭЛЕКТРОДА

Шукурова Нозима Рахимжоновна
Старший преподаватель кафедры химии, Университет EMU
Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: teacherkimyo@mail.ru
Абдурасулова Мафтуна Алишер кизи
Студентка кафедры химии, Университет EMU
Узбекистан, г. Ташкент

Аннотация. В данной работе представлены результаты вольтамперометрических исследований Cu^{2+} ионов с использованием амальгамного электрод Ag/HgFE. С помощью циклической вольтамперометрии были определены основные электрокинетические параметры процесса восстановления и окисления меди в универсальном буферном растворе. При использовании электродов Ag/HgFE был зафиксирован квазивозвратный электродный процесс, с катодным пиком потенциала Epc = –306 мВ и анодным пиком Epa = –402 мВ. Соответствующие значения тока составляют Ipc = 57,62 мкА и Ipa = 99,25 мкА. Половинный потенциал $E_{1/2}$ был рассчитан равным –354 мВ. Полученные результаты показывают перспективы применения амальгамного электрода Ag/HgFE для аналитического определения Cu^{2+} ионов в различных объектах.

Ключевые слова: Cu^{2+} ионы, циклическая вольтамперометрия, Ag/HgFE, электродный анализ.

Abstract. This work presents the results of voltammetric studies of Cu^{2+} ions using the silver-mercury amalgam electrode (Ag/HgFE). The main electrochemical parameters of the reduction and oxidation processes of copper in a universal buffer solution were determined using cyclic voltammetry. A quasireversible electrode process was observed on the Ag/HgFE electrode, with the cathodic peak potential Epc = –306 mV and anodic peak potential Epa = –402 mV. The corresponding current values were Ipc = 57.62 μA and Ipa = 99.25 μA. The half-wave potential $E_{1/2}$ was calculated to be –354 mV. The obtained results demonstrate the potential application of the silver-mercury amalgam electrode for the analytical determination of Cu^{2+} ions in various objects.

Keywords: Cu^{2+} ions, cyclic voltammetry, Ag/HgFE, electroanalysis.

ВВЕДЕНИЕ.

ISSN 3030-3907

Медь (Cu) является важным микроэлементом для организма человека, играющим ключевую роль в различных ферментативных реакциях, образовании крови и нормальном функционировании иммунной системы [1]. Однако избыток меди в организме может оказывать токсическое воздействие и вызывать заболевания, такие как болезнь Вильсона и гепатоцеребральная дегенерация [2]. Также ионы Cu^{2+} поступают в окружающую среду с промышленными отходами, загрязняя почву и водные ресурсы [3]. Поэтому для быстрого, точного и эффективного аналитического определения меди в различных объектах (вода, пищевые продукты, биологические жидкости) требуются современные методы анализа. Циклическая вольтамперометрия (ЦВА) является мощным методом исследования электроактивных веществ, который предоставляет полную информацию о обратимости электродных процессов, механизме реакций и их кинетике [4]. В методе ЦВА регистрируются анодные и катодные пики путем измерения зависимости тока от потенциала, что позволяет определить свойства анализируемого вещества [5]. В электрохимическом анализе выбор рабочего электрода имеет важное значение. Хотя традиционные капельные ртутные электроды (DME) и статические ртутные капельные электроды (HMDE) обладают хорошей репродуктивностью и широким потенциалом, использование токсичного ртути не соответствует экологическим требованиям безопасности [6]. В последние годы разрабатываются альтернативные электроды без ртути, в которых значительно снижен её уровень [7].

Кумушно-ртутный амальгама электрод (Ag/HgFE) является электродом с низким содержанием ртути, но с хорошей проводимостью и чувствительностью [8]. Этот электрод изготавливается на основе серебра, на котором образуется слой ртути, что приводит к образованию амальгамной поверхности [9]. Электрод Ag/HgFE успешно используется для определения различных металлических ионов, в том числе тяжёлых металлов [10, 11]. Анализ литературы показал, что системное изучение ионов Cu^{2+} с использованием СВА на электроде Ag/HgFE недостаточно исследовано. Поэтому целью работы является изучение электрокинетического поведения Cu^{2+} на этом электроде и определение полуволнового потенциала.

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1. Реактивы и оборудование

В исследовании использовались следующие реактивы: медь(II) сульфат пентагидрат ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$, "Merck", Германия), универсальный буферный раствор (pH 4,8), дистиллированная вода. Все реактивы имели аналитическую чистоту и не требовали дополнительной очистки.

ISSN 3030-3907

Электрохимические измерения были выполнены с использованием потенциостата/гальваностата. В качестве рабочего электрода использовался кумушно-ртутный амальгамный электрод (Ag/HgFE), в качестве вспомогательного электрода — платиновый провод (Pt), в качестве сравнивающего электрода — каломельный электрод (SCE).

2.2. Подготовка Ag/HgFE электрода

Кумушно-ртутный амальгамный электрод был приготовлен следующим образом: серебряный диск электрод (0.3 мм) был механически очищен, промыт дистиллированной водой, и на нем был сформирован электрокимический слой амальгамы серебра при потенциале –800 мВ в 0,1 М растворе $Hg(NO_3)_2$ в течение 300 секунд. Излишки раствора ртути на поверхности электрода были удалены с помощью промывания дистиллированной водой.

2.3. Условия циклической вольтамперометрии

Измерения СВА были проведены при следующих параметрах: Потенциальный диапазон**:** от 0 до –550 мВ, скорость сканирования**,** 100 мВ/с, начальный потенциал**:** 0 мВ, буферный раствор**,** универсальный буфер (pH 4,8), концентрация Cu^{2+}**:** 10^{-7} М (образцовый раствор).

Измерения проводились в атмосфере аргона при комнатной температуре (25±1 °C). Перед каждым измерением раствор обрабатывался аргоновой атмосферой в течение 5 минут.

2.4. Методы расчёта

Полуволновой потенциал был вычислен по следующей формуле:

$$E_{1/2} = \frac{Epa + Epc}{2}$$

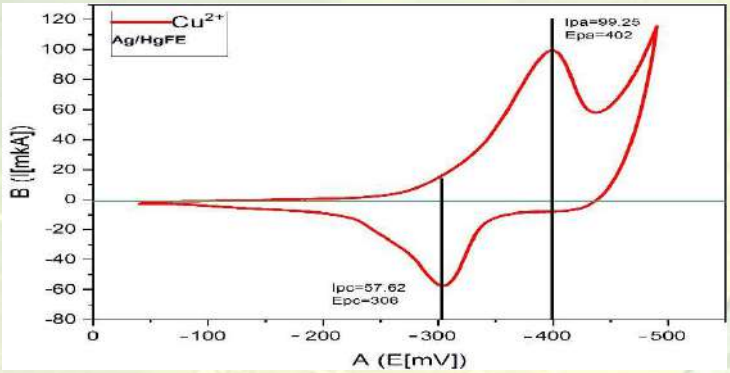
где Epa и Epc — анодный и катодный пики потенциала.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

3.1. Вольтамперограммы ионов Cu^{2+}

Циклическая вольтамперограмма, полученная на электроде Ag/HgFE в универсальном буферном растворе, представлена на Рисунке 1. На вольтамперограмме чётко видны анодные и катодные пики, что указывает на обратимый или квазиреверсивный характер электродного процесса.

ISSN 3030-3907



1-рисунок. Циклическая вольтамперограмма Cu^{2+} на электроде Ag/HgFE в универсальном буферном растворе (скорость сканирования 100 мВ/с)

3.2. Основные вольтамперометрические параметры

Полученные результаты приведены в таблице:

1-таблица.

Вольтамперометрические параметры Cu^{2+}

Параметр	Значение
Катодный пик потенциала (Epc), мВ	–306
Катодный ток пика (Ipc), мкА	57,62
Анодный пик потенциала (Epa), мВ	–402
Анодный ток пика (Ipa), мкА	99,25
Разность потенциалов (ΔE), мВ	96
Отношение токов (Ipa/Ipc)	1,72
Полуволновой потенциал ($E_{1/2}$), мВ	–354

3.3. Анализ электродного процесса

Разность потенциалов ΔE=96 мВ, что выше теоретического значения для обратимого процесса с одним электронов (59 мВ, 25 °C), но ниже для сильно необратимого процесса. Это указывает на квазиреверсивный процесс [8].

Отношение токов Ipa/Ipc=1,72>1, что указывает на более быстрое анодное поведение по сравнению с катодным. Это, вероятно, связано с неполным восстановлением Cu^{2+} или образованием промежуточных продуктов на поверхности электрода [12].

Полуволновой потенциал $E_{1/2}$=–354 мВ соответствует паре Cu^{2+}/Cu^{0} или Cu^{2+}/Cu^{+} и хорошо согласуется с литературными данными [11, 14].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Кумушно-ртутный амальгамный электрод (Ag/HgFE) является эффективным рабочим электродом для определения ионов Cu^{2+} с помощью циклической вольтамперометрии. Он дает стабильные и повторяемые

ISSN 3030-3907

результаты в универсальном буферном растворе (pH 4,8). На электроде наблюдается квазиреверсивный процесс для Cu^{2+} ($\Delta E = 96$ мВ, $I_{pa}/I_{pc} = 1,72$), а полуволновой потенциал составляет $E_{1/2} = -354$ мВ, что соответствует литературным данным. Ag/HgFE может быть альтернативой традиционным ртутным электродам с меньшим экологическим риском, и в будущем рекомендуется разработать калибровочную кривую для определения Cu^{2+} в различных объектах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Linder M.C., Hazegh-Azam M. Copper biochemistry and molecular biology. // *American Journal of Clinical Nutrition*, 1996, Vol. 63, No. 5, P. 797S-811S. https://doi.org/10.1093/ajcn/63.5.797

2. Gaetke L.M., Chow C.K. Copper toxicity, oxidative stress, and antioxidant nutrients. // *Toxicology*, 2003, Vol. 189, No. 1-2, P. 147-163. https://doi.org/10.1016/S0300-483X(03)00159-8

3. Tchounwou P.B., Yedjou C.G., Patlolla A.K., Sutton D.J. Heavy metal toxicity and the environment. // *Experientia Supplementum*, 2012, Vol. 101, P. 133-164. https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8340-4_6

4. Bard A.J., Faulkner L.R. *Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications*. 2nd Edition, John Wiley & Sons, New York, 2001, 864 p. ISBN: 978-0-471-04372-0

5. Nicholson R.S., Shain I. Theory of stationary electrode polarography. Single scan and cyclic methods applied to reversible, irreversible, and kinetic systems. // *Analytical Chemistry*, 1964, Vol. 36, No. 4, P. 706-723. https://doi.org/10.1021/ac60210a007

6. Bond A.M. *Modern Polarographic Methods in Analytical Chemistry*. Marcel Dekker, New York, 1980, 544 p. ISBN: 978-0824769779

7. Svancara I., Prior C., Hocevar S.B., Wang J. A decade with bismuth-based electrodes in electroanalysis. // *Electroanalysis*, 2010, Vol. 22, No. 13, P. 1405-1420. https://doi.org/10.1002/elan.201000063

8. Yosypchuk B., Barek J. Critical review: Silver amalgam electrodes in electrochemistry. // *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 2009, Vol. 39, No. 3, P. 189-201. https://doi.org/10.1080/10408340902744687

9. Fogg A.G., Scullion S.P., Edmonds T.E. Voltammetric behaviour of silver-based mercury film electrodes. // *Analyst*, 1990, Vol. 115, No. 2, P. 155-158. https://doi.org/10.1039/AN9901500155

10. Hocevar S.B., Svancara I., Vytras K., Ogorevc B. Novel electrode for electrochemical stripping analysis based on carbon paste modified with bismuth. //

ISSN 3030-3907

Electroanalysis, 2005, Vol. 17, No. 5-6, P. 477-484. https://doi.org/10.1002/elan.200403146

11. Grabarczyk M., Koper A. Voltammetric determination of Cu(II) in natural water samples using a silver-amalgam electrode. // *Electroanalysis*, 2011, Vol. 23, No. 7, P. 1625-1631. https://doi.org/10.1002/elan.201000764

ISSN 3030-3907