Одеський національний університет імені І. І. Мечникова
Хімічний факультет
Кафедра аналітичної хімії

**Дипломна робота**

**бакалавра**

на тему**: «Наукометричний аналіз використання вугільно-пастових електродів в вольтамперометрії»**

«Scientometric analysis of carbon paste electrodes application in voltammetry»

Виконала: студентка заочної форми навчання
напряму підготовки 6.040101 Хімія
**Бузейнікова Тетяна Миколаївна**
Керівник: к. х. н., доц. Топоров С. В._____
(підпис)
Рецензент: к. х. н., доц. Щербакова Т.М.

Рекомендовано до захисту:
протокол засідання кафедри
№ ___ від ___ червня 2017 р.

Завідувач кафедри
_____ к. х. н., доц. Чеботарьов О. М.
(підпис)

Захищено на засіданні екзаменаційної комісії №__
протокол № ____від «____»_____ 2017 р.
Оцінка _____/_____/_____
(за національною шкалою, за шкалою ECTS,бал)

Голова екзаменаційної комісії
_____ д. х. н., проф. Ішков Ю.В.
(підпис)

**Одеса – 2017**

# РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота виконана на кафедрі аналітичної хімії Одеського національного університету імені І.І. Мечникова і присвячена наукометричному дослідженню тенденцій розвитку вугільно-паствоих електродів для вольтамперометрчиного аналізу, виявленню основних способів виготовлення, активації та модифікації.

Мета роботи полягає в оцінці сучасних тенденцій виготовлення і модифікування вугільно-пастових електродів, а також їх використання в вольтамперометричному аналізі та дослідженні окисно-відновних процесів.

В результаті даної роботи оцінено тенденції створення вугільно-пастових електродів і показано, що використовуваними є вугільно-пастові електроди, модифіковані вуглецевими наноматеріалами. Відзначено, що електрохімічна підготовка вугільно-пастових електродів є простою та дешевою альтернативою коштовним модифікаторам типу наноматеріалів, іонних рідин та ін. Методом циклічної вольтамперометрії досліджено редокс-процеси за участю морину на вугільно-пастовому електроді. Показано, що окиснення морину є необоротним, струми окиснення мають адсорбційну природу. Максимальні струми окиснення морину спостерігаються в області pH максимального виходу протонованої та електронейтральної форм флавоноїду. Запропоновано ймовірну схему окислення морину на вугільно-пастовому електроді.

Можлива область застосування: розробка вольтамперометрчиних методик визначення флавоноїдів, зокрема морину.

*Ключові слова*: вугільно-пастові електроди, вольтамперометрія, наукометрія, морин, редокс-поведніка.

Кваліфікаційна робота складається з: 39 стор. машинописного тексту, 6 рисунків та 46 використаних джерел літератури.

# ЗМІСТ

# ВСТУП

Розвиток науки йде від збору факторів, їх вивчення і систематизації, узагальнення і розкриття окремих закономірностей до пов'язаної, логічно стрункої системи наукових знань, яка дозволяє пояснити вже відомі факти і передбачити нові. Характерною рисою розвитку сучасної науки є бурхливий потік нових наукових даних, одержуваних в результаті досліджень. Щорічно в світі видається понад 500 тисяч книг з різних питань. Ще більше видається журналів. Але, незважаючи на це, величезна кількість науково-технічної інформації залишається неопублікованою.

Пошук потрібної інформації з кожним роком ускладнюється. Тому всі науковці повинні знати основні положення, пов'язані з інформаційним пошуком. Прикладом ускладненного пошуку інформації в аналітичній хімії є систематизація даних щодо методу кольорометрії. Проте залучення підходів наукометрії дозволило узагальнити, систематизувати та висвітлити основні тенденції розвитку цього методу в хімічному аналізі [1]. Таким чином, небезпідставно вважати, що залучення науко метричного методу дозволить виявити основні напрямки розвитку створення електродів для вольтамперометричного аналізу.

Варто відзначити, що модифікація поверхні твердого електрода дозволяє додатково до традиційних властивостей електродної поверхні додати нові функціональні можливості, які підвищують реакційну і виборчу здатності індикаторного електрода. В принципі поняття хімічно модифікований електрод зараз відносять до будь-якого електроду, поверхня якого оброблена таким чином, що характер електрохімічного відгуку змінюється. Для іммобілізації модифікатора на електроді застосовують такі прийоми, як необоротна адсорбція (хемосорбція) на поверхні електрода, хімічне прив'язування модифікатора до поверхні з утворенням ковалентних зв'язків, електрохімічний синтез на поверхні електрода, включення в полімерну або неорганічну плівку, а

також примішування в пасту з графітових матеріалів різних речовин. Останні два способи модифікування електродів найбільш популярні, оскільки відрізняються простотою виготовлення і забезпечують достатню міцний зв'язок модифікатора з поверхнею електрода.

Виходячи з вищевикладеного, мета роботи полягає в оцінці сучасних тенденцій виготовлення і модифікування вугільно-пастових електродів, а також їх використання в вольтамперометричному аналізі та дослідженні окисно-відновних процесів. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. З використанням підходів наукометрії проаналізувати способи виготовлення, модифікації та межі застосування вугільно-пастових електродів;
2. Методом циклічної вольтамперометрвї дослідити процеси оксилення-відновлення морину на вугілно-пастовому електроді;
3. Запропонувати схему окиснення-відновлення морину та оцінити аналітичні можливості пропонованого вугільно-паствого електрода для визначення морину.

# ВИСНОВКИ

1. Проведено наукометричний аналіз тенденцій в розробці та використанні вугільно-пастових електродів для вольтамперометричного аналізу. Показано, що найбільш використовуваними є вугільно-пастові електроди, модифіковані вуглецевими наноматеріалами. Відзначено, що електрохімічна підготовка вугільно-пастових електродів необґрунтовано випала із сфери уваги хіміків-аналітиків, а сама процедура електрохімічної активації є простою та дешевою альтернативою коштовним модифікаторам типу наноматеріалів, іонних рідин та ін.

2. Методом циклічної вольтамперометрії досліджено редокс-процеси за участю морину на вугільно-пастовому електроді. На циклічній вольтамперограмі морину видно два піки окислення при 405 і 532 мВ і плечі при 950 мВ відповідно. Перший пік окислення можна віднести до окислення гідроксильних груп в бензеновому кільці, другий пік - до окислення гідроксильної групи в положенні С3.

3. Показано, що окиснення морину є необоротним, струми окиснення мають адсорбційну природу. Максимальні струми окиснення морину спостерігаються в області pH максимального виходу протонованої та електронейтральної форм флавоноїду. Запропоновано ймовірну схему окислення морину на вугільно-пастовому електроді.

# ЛІТЕРАТУРА


1. Чеботарев А.Н. Анализ тенденций развития метода химической цветометрии (Обзор) / А.Н. Чеботарев, Д.В. Снигур, Е.В. Бевзюк, И.С. Ефимова // Методы и объекты химического анализа. – 2014. – т. 9, №1. – С. 4-11.
2. Лудченко А.А. Основы научных исследований. Учеб. пособие / А.А. Лудченко, Я.А. Лудченко, Т.А. Примак. – К.: «Знания», 2011. – 113 с.
3. Гордукалова Г.Ф. Библиометрия, наукометрия и вебометрия – от числа строк в работах Аристотеля / Г.Ф. Гордукалова // Научная периодика: проблемы и решения. – 2014. – №2. – С. 40 – 46.
4. Наукова періодика України та бібліометричні дослідження: [монографія] / Л.Й. Костенко, О.І. Жабін, Є.О. Копанєва, Т.В. Симоненко; НАН України, Нац. б-ка України ім. В.І. Вернадського. – К., 2014. – 173 с.
5. Орлов А.И. Наукометрия и управление научной деятельностью / А.И. Орлов // Управление большими системами: Наукометрия и экспертиза в управлении наукой. – 2013. – Вып. 44. – С. 538 – 568.
6. Егоров В.Б. Наукометрия как аспект карьеры ученого / В.Б. Егоров // Зернові продукти і комбікорми. – 2015. – №1. – С. 8 – 10.
7. Тарасевич Ю.Ю. Критерии оценки состояния и развития научных исследований на основе анализа наукометрической информации / Ю.Ю. Тарасевич, Т.С. Шиняева // Вопросы образования. – 2015. – №2. – С. 220 – 240.
8. Бородин А.М. Анализ проблем навигации в мобильном представлении научной информации [Электронный ресурс] / А.М. Бородин, С.В. Поршнев. – Режим доступа: http://www.ivdon.ru/magazine/archive/%20n4t1y2012/1191. – [24.04.2017].
9. Лукашевич Н.В. Модели и методы автоматической обработки неструктурированной информации на основе базы знаний онтологического типа: автореф. дис. на здобуття наук. Ступеня д-ра тех. наук: спец. 05.25.05

«Информационные системы и процессы» / Н.В. Лукашевич. – М., 2014. – 32 с.

10. Юрков А.В. Прикладная наукометрия: ELIBRARY.RU VS АКАДЕМИЯ GOOGLE / А.В. Юрков // Весник РУДН. Серия: Информатизация образования. – 2015. – №2. – С. 21 – 27.
11. Краюшкин Д.В. Методы и средства аналитической обработки информации. Обзор / Д.В. Краюшкин // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2008. – №1. – С. 82 – 93.
12. Мохов А.С. Классификация научных публикаций в области химической физики по русскоязычным и англоязычным названиям / А.С. Мохов, В.О. Толчеев, В.Е. Туманов // Труды XVIII всероссийской научной конференции (19–24 сентября 2016 г., г. Новороссийск). – М.: ИПМ им. М.В. Келдыша, 2016. – С. 279 – 283.
13. Будников Г.К. Модифицированные элеткроды для вольтамперометрии в химии, биологии и медицине / Г.К. Будников, Г.А. Евтюгин, В.Н. Майстренко. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 416 с.
14. Крешков А.П. Основы аналитической химии. Физико-химические (инструментальные) методы анализа / А.П. Крешков. – М.: Химия, 1970. – 472 с.
15. Брайнина Х.З. Инверсионные электроаналитические методы / Х.З. Брайнина, Е.Я. Нейман, В.В. Слепушкин. – М.: Химия, 1988. – 240 с.
16. Ivan S. Carbon Paste Electrodes in Facts, Numbers, and Notes: A Review on the Occasion of the 50-Years Jubilee of Carbon Paste in Electrochemistry and Electroanalysis / K. Vytr, K. Kalcher, A. Walcarius, J. Wangd.
17. Švancara I. Carbon paste electrodes in the new millennium / A. Walcarius, K. Kalcher, K. Vytřas // Cent. Eur. J. Chem.− 2009.−Vol. 7, Is. 4.− P. 598–656.
18. Svancara I. Electroanalysis with Carbon Paste Electrodes / K. Kalcher, A. Walcarius, K. Vytras // Anal. Chemistry.−2012.

19. Gao H. Voltammetric detection of guanosine and adenosine using a carbon paste electrode modified with 1-ethyl-3methylimidazolium ethylsulfate / Y. Duan, M. Xi, W. Sun // Microchim Acta.−2011.−Vol. 172.− P. 57–64.
20. Wang Y. Detection of rutin at DNA modified carbon paste electrode based on a mixture of ionic liquid and paraffin oil as a binder / H. Xiong, X. Zhang, Shengfu Wang // Microchim Acta.−2010.− P. 27–32.
21. Yan-Mei Zhang. Electrochemical Behaviors and Electrochemical Determination of 1-naphthaleneacetic Acid at an Ionic Liquid Modifed Carbon Paste Electrode Cheng-Qian Duan / Zuo-Ning Gao // Croat Chem. Acta 85 (1).− 2012. − P. 27-32.
22. Rahmanifar E. Application of CdO/SWCNTs nanocomposite ionic liquids carbon paste electrode as a voltammetric sensor for determination of benserazide / E. Rahmanifar, M. Yoosefian, H. Karimi-Maleh // Current Anal. Chem. – 2016. – Vol. 13, Is. 1. – P. 46 – 51.
23. Huang X. Improvement of carbon paste-based enzyme electrode using a new ionic liquid [Pmim][PF6] as the binder / X. Huang Y. Qu Received // J Solid State Electrochem.−2012.− Vol. 16.− P. 3299–3305.
24. Yan-Mei Zhang. Electrochemical Behaviors of Methocarbamol at an Acetylene Black-Ionic Liquid Modified Carbon Paste Electrode and its Electrochemical Determination / W. You, Zuo-Ning Gao, Tian-Lin Yang // Croat. Chem. Acta.− 2013. − Vol. 86, No. 3.− P. 309–315.
25. Sun W. Electrochemical Behaviors and Sensitive Determination of Guanosine-5-monophosphate on Ionic Liquid Modified Carbon Paste Electrode / W. Sun, L. Xu, J. Liu, X. Wang, S. Hu, J. Xiang // Croat. Chem. Acta.−2013. Vol. 86, No. 2.− P. 129-135.
26. Li Y. Non-enzymatic sensing of uric acid using a carbon nanotube ionic-liquid paste electrode modified with poly(-cyclodextrin) / Y. Li, X. Zhai, H. Wang, X. Liu, L. Guo, X. Ji, L. Wang, H. Qiu, X. Liu // Microchim Acta.−2015.− Vol.15.− P. 16614-16631.

27. Gao H. Sensitive determination of ATP using a carbon paste electrode modified with a carboxyl functionalized ionic liquid / H. Gao, M. Xi, L. Xu, W. Sun // Microchim Acta. − 2011.− Vol. 174.−P. 115–122.
28. Zhan T. Electrochemical behavior of 5-fiuoro-1-H-pyrimidine-2 on an ionic liquid modified carbon paste electrode / T. Zhan, L. Cao, W. Sun, W. Hou // Anal. Methods.− 2011.− Vol. 3.− P. 2651.
29. Akhgar M. R.. Simultaneous determination of levodopa, NADH, and tryptophan using carbon paste electrode modified with carbon nanotubes and ferrocenedicarboxylic acid / M. R. Akhgar, M.Salari, H. Zamani // J Solid State Electrochem.−2011.− Vol. 15.−P. 845–853.
30. Khalilzadeh M. A.. Determination of captopril in patient human urine using ferrocenemonocarboxylic acid modied carbon nanotubes paste electrode / M. A. Khalilzadeh, H. Karimi-Maleh, A. Amiri, F. Gholami, R. Motaghed mazhabi // Chinese Chemical Let. 21.− 2010. − P. 1467-1470.
31. Yari A. Voltammetric Determination of Trace Antiepileptic Gabapentin with a Silver-Nanoparticle Modified Multiwalled Carbon Nanotube. Paste Electrode / A. Yari, F. Papi, S. Farhadi // Department of Chemistry, Lorestan.
32. Dar R. A. Adsorptive stripping voltammetric determination of podophyllotoxin, an antitumour herbal drug, at multi-walled carbon nanotube paste electrode / R. A. Dar, P. K. Brahman, S. Tiwari, K. S. Pitre // J Appl Electrochem.−2011.− Vol. 41.− P. 1311–1321.
33. Ghoreishi S. M. Electrochemical methods for simultaneous determination of trace amounts of dopamine and uric acid using a carbon paste electrode incorporated with multi-wall carbon nanotubes and modified with β-cyclodextrine / S. M. Ghoreishi, M. Behpour, M. H. M. Fard // J Solid State Electrochem. − 2012.− P. 179 –189.
34. de Oliveira P. R. Anodic Stripping Voltammetric Determination of Lead (II) and Cadmium (II) by Using a Carbon Nanotubes Paste Electrode Modified with Ion Exchange Synthetic Resin /P. R. de Oliveira, N. R. Stradiotto, A. A. Tanaka, M. F.

Bergamini // Current Anal. Chemistry.− 2012.− Vol. 8.− P. 520-527.

35. Bahramipur H. Sensitive determination of paracetamol using a graphene-modified carbon- paste electrode / H. Bahramipur, F. Jalali // African Journal of Pharmacy and Pharmacology.−2012.− Vol. 6(17).−P. 1298-1305.
36. Sahoo S.. Stripping Voltammetric Determination of Uranium in Water Samples Using Hg-Thin Film Modified Multiwall Carbon Nanotube Incorporated Carbon Paste Electrode / S. Sahoo, A. K. Satpati, A. V. R. Reddy // American J of Anal. Chemistry.−2013.− Vol. 4.− P. 141-147.
37. Xu G. Electrochemical sensor fornitrobenzenebasedon carbon paste electrode modified with a poly(3,4-ethylenedioxythiophene) and carbon nanotube nanocomposite / G. Xu, B. Li, X. Wang, X. Luo // Microchim Acta.−2014.−Vol. 181.− P. 463 – 469.
38. Raoof J. B. Electrocatalytic oxidation of thiosulfate at 2,7-bis(ferrocenylethyl)-uoren-9-one-modied carbon paste electrode (2,7-BFEFMCPE): Application to the catalytic determination of thiosulfate in real sample / J. B. Raoof, R. Ojani, H. Karimi-Maleh // Chinese Chemical Let. 21.−2010. − P. 1462-1466.
39. Antiochia R. Osmium-Polymer Modified Carbon Nanotube Paste Electrode for Detection of Sucrose and Fructose / R. Antiochia, F. Tasca, L. Mannina // Materials Sciences and Applications.− 2013.− Vol. 4.− P. 15-22.
40. Liu Y. Acetylcholinesterase biosensor for carbaryl detection based on nano-porous pseudo carbon paste electrode / Y. Liu, K. Liu, H. Dong [et al.] // Nanosci. Nanotech. Letters. – 2016. – Vol. 8, Is.9. – P. 785 – 790.
41. Alizadeh T. Voltammetric determination of ultratrace levels of cerium(III) using a carbon paste electrode modified with nano-sized cerium-imprinted polymer and multiwalled carbon nanotubes / T. Alizadeh, M. R. Ganjali, M. Akhoundian, P. Norouzi // Microchim Acta.−2015.−Vol. 183, Is. 3.−P. 1123-1130.
42. Raoof J. B. ZnO Nanoparticle Ionic Liquids Carbon Paste Electrode as a Voltammetric Sensor for Determination of Sudan I in the Presence of Vitamin B6 in Food Samples / J. B. Raoof, N. Teymoori, M. A. Khalilzadeh // Anal.

Methods .−2014.− Vol. 8. − P. 885-892.

43. Alizadeh T. Competitive extraction of Gd(III) into a carbon paste electrode impregnated with a nano-sized Gd(III)-imprinted polymer as a new method for its indirect voltammetric determinatio / T. Alizadeh, M. R. Ganjali, H. Alizadeh // Microchim Acta.−2014.−Vol. 182, Is. 5.−P. 1205–1212.
44. Afzali D. Determination of trace amounts of ochratoxin A in different food samples based on gold nanoparticles modified carbon paste electrode / D. Afzali, F. Fathirad, S. Ghaseminezhad // J Food Sci Technol.−2015.− Vol. 53, Is. 1.−P. 909–914.
45. Yang S. Amperometric L-cysteine sensor based on a carbon paste electrode modified with $Y_2O_3$ nanoparticles supported on nitrogen-doped reduced graphene oxide / S. Yang, G. Li, Y. Wang, G. Wang, L. Qu, // Microchim Acta.− 2016.− Vol. 183.− P. 1351–1357.
46. Чеботарев А.Н. Вольтамперометрическое поведение кармоазина на угольно-пастовом электроде в водных растворах / А.Н. Чеботарев, К.В. Плюта, Е.В. Рабошвиль, Е.В. Бевзюк, Д.В. Снигур // Вопросы химии и химической технологии. – 2016. – Т. 5-6. – С. 26-30.