

УДК 543.5

DOI <https://doi.org/10.32782/pcsd-2025-1-3>

Жолт КОРМОШ

кандидат хімічних наук, професор, професор кафедри хімії та екології, Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини, вул. Садова, 2, м. Умань, Черкаська обл., Україна, 20300

ORCID: 0000-0001-6018-8787

Scopus Author ID: 35580134800

Наталія ГОРБАТЮК

кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри хімії та екології, завідувач

Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини, вул. Садова, 2, м. Умань, Черкаська обл., Україна, 20300

ORCID: 0000-0001-5834-7830

Юлія БОХАН

кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри природничих наук та методик їхнього навчання, Центральноукраїнський державний університет імені Володимира Винниченка, вул. Шевченка, 1, м. Кропивницький, Кіровоградська обл., Україна, 25000

ORCID: 0000-0003-2974-0902

Наталія КОРМОШ

викладач-методист, спеціаліст вищої категорії, Луцький базовий медичний коледж, вул. Лесі Українки, 2, м. Луцьк, Волинська обл., Україна, 43016

ORCID: 0000-0002-4272-888X

Наталія НЕДАЙБОРЩ

викладач кафедри хімії та екології, Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини, вул. Садова, 2, м. Умань, Черкаська обл., Україна, 20300

Людмила ЛЮЛЬЧЕНКО

викладач-стажист кафедри хімії та екології, Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини, вул. Садова, 2, м. Умань, Черкаська обл., Україна, 20300

Людмила ПІСКАЧ

кандидат хімічних наук, професор, професор кафедри хімії та технологій, Волинський національний університет імені Лесі Українки, пр. Волі, 13, м. Луцьк, Волинська обл., Україна, 43025

ORCID: 0000-0003-3117-4006

Бібліографічний опис статті: Кормош, Ж., Горбатюк, Н., Бохан, Ю., Кормош, Н., Недайборщ, Н., Люльченко, Л., Піскач, Л. (2025). Іонний асоціат бендазолу з метиловим оранжевим та його аналітичне використання. *Проблеми хімії та сталого розвитку*, 1, 19–24, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2025-1-3>

ІОННИЙ АСОЦІАТ БЕНДАЗОЛУ З МЕТИЛОВИМ ОРАНЖЕВИМ ТА ЙОГО АНАЛІТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ

Показано, що бендазол (БЕН) із метиловим оранжевим (МО) утворює іонний асоціат (ІА), із осадженням яких виділені чисті сполуки та створено пластифіковані мембранні потенціометричні бендазол-чутливі іон-селективні електроди.

Методом комп'ютерних розрахунків обґрунтовано можливість утворення ІА. Комп'ютерні розрахунки системою «МО + БЕН⁺» проводили з використанням пакета програм «HyperChem 8.0» для різноманітних вихідних ком-

бінацій розташування протиіонів (процедура «single point»). Геометричну оптимізацію іонів проводили методом молекулярної механіки ММ⁺. Стандартну енергію утворення іонів та асоціату «БЕН⁺ + МО⁻» визначали напів-емпіричним методом РМЗ. Різниця в теплоті утворення іонного асоціату і сумі енергій утворення катіона та аніона дорівнює 75,4 кДж/моль. Даний факт обґрунтовує вигідність утворення цільової сполуки.

На основі одержаних ІА синтезовано пластифіковані мембрани та сконструйовано бендазол-чутливі іон-селективні електроди. На хіміко-аналітичні характеристики таких електродів впливає ряд факторів, зокрема, властивості пластифікаторів, вміст іонного асоціату в мембрані та ін. Крайні результати отримано при застосуванні трикрезилфосфату та динонілфталату. При використанні інших пластифікаторів отримано не зовсім задовільні результати. Найбільш імовірно це пов'язано з їх діелектричною проникністю та інших параметрів. При рН 2–5 крайні електроди показали задовільне функціонування. Стабільність потенціалу становить 2–3 мВ/добу та установлюється за 8–13 с. Робочий термін розроблених електродів прослідковується не менше чотирьох місяців. Розроблені бендазол-чутливі електроди показують надійні результати в присутності низки речовин та іонів. проявляють задовільну селективність по відношенню до цілої низки речовин та іонів.

Для визначення бендазолу розроблена методика потенціометричного визначення, яка апробована при його визначенні у лікарських формах.

Ключові слова: бендазол, метиловий оранжевий, іонний асоціат, потенціометричний сенсор.

Zholt KORMOSH

Candidate of Chemical Sciences, Professor, Professor at the Department of Chemistry and Ecology, Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University, 2 Sadova str., Uman, Cherkasy region, Ukraine, 20300

ORCID: 0000-0001-6018-8787

Scopus Author ID: 35580134800

Natalia HORBATYUK

Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Chemistry and Ecology, Head, Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University, 2 Sadova str., Uman, Cherkasy region, Ukraine, 20300

ORCID: 0000-0001-5834-7830

Yuliya BOKHAN

Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Natural Sciences and Methods of Their Education, Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State University, 1 Shevchenko str., Kropyvnytskyi, Kirovohrad region, Ukraine, 25000

ORCID: 0000-0003-2974-0902

Natalia KORMOSH

Teacher-Methodologist, Specialist at the Highest Category, Volyn Basic Medical College, 2 Lesya Ukrainka str., Lutsk, Volyn region, Ukraine, 43016

ORCID: 0000-0002-4272-888X

Natalia NEDAIBORSHCH

Teacher at the Department of Chemistry and Ecology, Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University, 2 Sadova str., Uman, Cherkasy region, Ukraine, 20300

Lyudmila LYULCHENKO

Teacher-Intern at the Department of Chemistry and Ecology, Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University, 2 Sadova str., Uman, Cherkasy region, Ukraine, 20300

Lyudmyla PISKACH

Candidate of Chemical Sciences, Professor at the Department of Chemistry and Technology, Lesya Ukrainka Volyn National University, 13 Voli ave., Lutsk, Volyn region, Ukraine, 43025

ORCID: 0000-0003-3117-4006

To cite this article: Kormosh, Zh., Horbatiuk, N., Bokhan, Yu., Kormosh, N., Nedaiborshch, N., Lyulchenko, L., Piskach, L. (2025). Ionnyi asotsiat bendazolu z metylovym oranzhevym ta yoho analitychne vykorystannia [Ionic associate of bendazol with methyl orange and its analytical application]. *Problems of Chemistry and Sustainable Development*, 4, 19–24, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2025-1-3>

IONIC ASSOCIATE OF BENDAZOL WITH METHYL ORANGE AND ITS ANALYTICAL APPLICATION

It was shown that bendazole (BEN) with methyl orange (MO) forms an ion associate (IA), with the precipitation of which pure compounds were isolated and plasticized membrane potentiometric bendazole-sensitive ion-selective electrodes were created.

The possibility of formation of IA is substantiated by the method of computer calculations. Computer calculations of the “MO⁻ + BEN⁺” systems were performed using the “HyperChem 8.0” program package for various initial combinations of counterion locations («single point» procedure). Geometrical optimization of ions was carried out using the MM⁺ molecular mechanics method. The standard energy of formation of ions and the associate “BEN⁺ + MO⁻” was determined by the semi-empirical PM3 method. The difference in the heat of formation of the ionic associate and the sum of the energies of formation of the cation and anion is 75.4 kJ/mol. This fact substantiates the profitability of the formation of the target compound.

On the basis of the obtained IA, plasticized membranes were synthesized and bendazole-sensitive ion-selective electrodes were constructed. The chemical and analytical characteristics of such electrodes are affected by a number of factors, in particular, the properties of plasticizers, the content of the ionic associate in the membrane, etc. The best results were obtained with the use of tricresyl phosphate and dinonyl phthalate. When using other plasticizers, not entirely satisfactory results were obtained. This is most likely related to their dielectric constant and other parameters. At pH 2–5, the best electrodes showed satisfactory functioning. The stability of the potential is 2–3 mV/day and is established in 8–13 seconds. The working life of the developed electrodes is monitored for at least four months. The developed bendazole-sensitive electrodes show reliable results in the presence of a number of substances and ions. show satisfactory selectivity in relation to a number of substances and ions.

For the determination of bendazole, a potentiometric determination technique was developed, which was tested in its determination in medicinal forms.

Key words: bendazol, methyl orange, ionic associate, potentiometric sensor.

Вступ. Бендазол (БЕН) (2-бензилбензимидазол, дибазол, дибазол, бендазол, тромаседан) – гіпотензивний препарат, який посилює активність NO-синтази в ниркових клубочках і збірних каналцях. Бендазол пригнічує прогресування міопії з депривацією форми (FDM) і пригнічує регуляцію HIF-1 α [1]. Дибазол (бендазол) впливає на процеси в клітинах крові – лейкоцитах і тромбоцитах. Його імуностимулююча активність полягає в підвищенні вмісту цГМФ в лімфоцитах, в результаті чого змінюється співвідношення цГМФ до цАМФ, збільшується вироблення факторів регуляції Т-лімфоцитами і В-лімфоцитами. У результаті дибазол стимулює вироблення поствакцинальних антитіл, зміцнює фагоцитоз, зміцнює бактерицидні властивості шкіри та крові, підвищує продукцію інтерферонів. Також препарат пригнічує окислювальні процеси в лейкоцитах і загальмовує гідролітичні процеси в тромбоцитах [1].

Інтенсивне застосування бендазолу обумовлює потребу в наявності надійних методів та методик його визначення у різноманітних об'єктах.

Аналіз літераури. Іон-селективні електроди (ІСЕ) добре зарекомендували себе і широко використовуються для визначення широко кола біологічно-активних речовин електрохімічним методом [2–11]. У літературі описано деякі ІСЕ, що дозволяють визначати бендазол [12]. Однак, при їх використанні далеко не завжди забезпечується необхідна достовірність та правильність результатів визначення бендазолу.

Метою даної роботи є створення нового бендазол-чутливого іон-селективного електрода на основі іонного асоціату (ІА) бендазолу з метиловим оранжевим (МО), оптимізувати електроаналітичні характеристики та провести його апробацію при визначенні БЕН у різних об'єктах.

Експериментальна частина. Стандартний розчин бендазолу готували розчиненням його точної наважки в розчині фоновому електроліту.

Цільову сполуку синтезували шляхом виділення у твердому вигляді при ретельному перемішуванні та відстоюванні розчину БЕН ($1 \cdot 10^{-5}$ моль/л) з МО у стехіометричному співвідношенні. Відстоювання маточного розчину

Таблиця 1

Енергетичні характеристики взаємодії
 $\text{MO}^- + \text{БЕН}^+$

Частина	Е, кДж/моль
БЕН^+	12 922,3
MO^-	15 798,7
$\Sigma(\text{MO}^- + \text{БЕН}^+)$	28 721,0
ІА ($\text{MO}^- \text{БЕН}^+$)	28 796,4
$\Sigma(\text{MO}^- + \text{БЕН}^+) - \text{ІА}$	75,4

проводили при кімнатній температурі протягом 24 год. Одержану сполуку, відфільтровували, очищали промиванням холодною водою і сушили при кімнатній температурі протягом 3 діб.

Пластифіковані полівінілхлоридні (ПВХ) мембрани готували наступним чином: до ПВХ та необхідну кількість електродоактивної речовини (ЕАР) (1–9 % від загальної маси мембрани) гомогенізували. Вводили потрібну кількість пластифікатора (естери фталевої кислоти), трикрезилфосфат (ТКФ), 0,5–1,0 мл розчинника (тетрагідрофурану) і змішували ретельно гомогенізували. Отриману консистенцію переносили у наперед підготовлену форму у формі кільця. Сушили до повітряно сухого стану. З отриманих мембран вирізали диски діаметром 0,7 см і приклеювали до торця полівінілхлоридної трубки.

Потенціометричні вимірювання проводили іономером І-160 при кімнатній температурі, як електрод порівняння використовували стандартний хлоридсрібний електрод ЕВЛ-1МЗ. При вимірах користувалися класичною схемою електрохімічного кола.

Іонну силу розчинів підтримували 0,1 моль/л розчином КСІ. Значення рН розчинів встановлювали за допомогою буферної суміші. Контроль рН здійснювали рН-метром рН-301.

Комп'ютерне моделювання систем « $\text{MO}^- + \text{БЕН}^+$ » та пов'язані з ним розрахунки проводили з використанням пакета «HyperChem 8.0» для різноманітних вихідних варіантів розташування протиіонів відносно один одного (процедура «single point»). Геометричну оптимізацію іонів проводили методом молекулярної механіки ММ⁺.

Результати та їх обговорення

Комп'ютерне моделювання. Методом комп'ютерного моделювання обґрунтовано можливість утворення цільового компонента, що в подальшому використовували як електроактивну речовину. Комп'ютерні розрахунки систем « $\text{MO}^- + \text{БЕН}^+$ » проводили з використанням пакета «HyperChem 8.0» для різноманітних вихідних варіантів розташування протиіонів відносно один одного (процедура «single point»). Геометричну оптимізацію іонів проводили методом молекулярної механіки ММ⁺.

Енергію утворення іонів та цільового компонента « $\text{БЕН}^+ + \text{MO}^-$ » визначали напівемпіричним методом РМЗ. Оптимізовані параметри. Як приклад, у таблиці 1 та рис. 1 наведені енергетичні характеристики взаємодії « $\text{MO}^- + \text{БЕН}^+$ ».

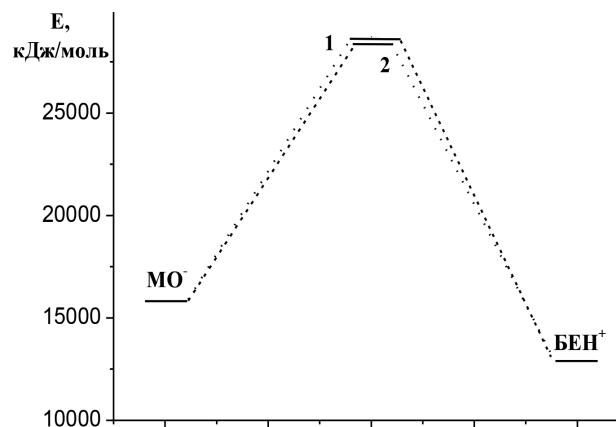


Рис. 1. Рівні енергії іонів MO^- , БЕН^+ та їх ІА; (1) сума енергій БЕН^- і БЕН^+ і (2) енергія ІА

Різниця в енергії утворення цільового компонента та сума енергій його компонентів дорівнює 75,4 кДж/моль. Таким чином, процес утворення ІА є енергетично вигідним.

Моделювання та оптимізація складу мембран. На основі одержаних ІА синтезовано пластифіковані мембрани та сконструйовано бендазол-чутливі іон-селективні електроди. Отримані ІСЕ із різним умістом ІА дають відклик в присутності $n \cdot 10^{-5} - 1 \cdot 10^{-1}$ моль/л БЕН. При вмісті ІА від 1 до 5 % крутизна електродної функції дещо нижче теоретичної, нижня межа виявлення становить $n \cdot 10^{-5}$ моль/л БЕН. На хіміко-аналітичні характеристики таких електродів впливає ряд факторів, зокрема, властивості пластифікаторів, вміст іонного асоціату в мембрані та ін. Кращі результати отримано при застосуванні трикрезилфосфату та динонілфталату. При використанні інших пластифікаторів отримано не зовсім задовільні результати. Найбільш імовірно це пов'язано з їх діелектричною проникністю та інших параметрів. При рН 2–5 кращі електроди показали задовільне функціонування. Стабільність потенціалу становить

Таблиця 2

Результати визначення бендазолу у різних лікарських формах ($P = 0,95$; $n = 5$)

Назва, виробник, країна	Реглам. уміст, мг	Знайдено, мг					
		Пряма потенц.	RSD, %	Станд. добавок	RSD, %	Титр	RSD, %
Дибазол, Дарниця, Україна (таблетки)	20	20,20 ± 0,14	0,5	20,05 ± 0,20	0,7	19,98 ± 0,11	0,4
Дибазол, Дарниця, Україна (розчин для ін'єкцій)	50	50,00 ± 0,20	0,3	50,05 ± 0,20	0,3	50,00 ± 0,14	0,2

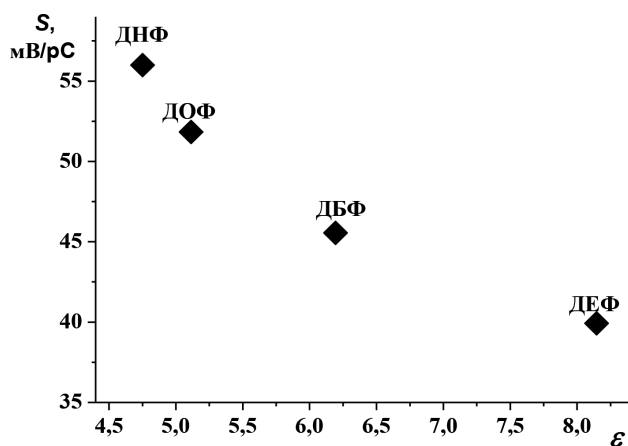


Рис. 2. Вплив діелектричної проникності фталатного пластифікатора на Нернстівську функцію БЕН-чутливого електрода

2–3 мВ/добу та установлюється за 8–13 с. Робочий термін розроблених електродів прослідковується не менше чотирьох місяців. Розроблені бендазол-чутливі електроди показують надійні результати в присутності низки речовин та іонів. проявляють задовільну селективність по відношенню до цілої низки речовин та іонів. Для мембран з однаковим вмістом пластифікатора одного гомологічного ряду (ДЕФ, ДБФ, ДОФ, ДНФ) нахил Нернстівської функції зменшується із зростанням діелектричної проникності розчинника-пластифікатора (рис. 2). Схожі результати отримані в роботі [7].

Визначення бендазолу. Для визначення бендазолу використовували методами прямої потенціометрії, стандартних добавок та режим потенціометричного титрування (як титрант використовували розчин тетрафенілборату

натрію). Лікарські форми подрібнювали, ретельно гомогенізували; наважку з отриманого порошку переносили у мірні колби на 50 мл шляхом розчинення у фоновому електроліті із рН 3. Результати досліджень наведені в табл. 2. Збіжність результатів, визначення свідчать про достовірність визначень та задовільні характеристики розроблених бендазол-чутливих іон-селективних електродів.

Висновки. Показано, що бендазол із метиловим оранжевим утворює іонний асоціат, який придатний для створення пластифікованих мембранних бендазол-чутливих іон-селективних електродів.

Методом комп'ютерного моделювання обґрунтовано енергоефективність формування цільового продукту.

Для створення мембран краще використовувати пластифікатори трикрезилфосфат та динонілфталат. Менш придатними виявились інші естери фталевої кислоти. Ймовірно це пов'язано з діелектричною розчинністю та іншими властивостями даних розчинників.

Розроблені іон-селективні електроди проявляють задовільну селективність по відношенню до цілої низки речовин та іонів.

Таким чином, показано, що іонні асоціати є перспективними електродоактивними речовинами для розробки іон-селективних електродів для визначення лікарських препаратів іоногенної природи. Дослідження нових іонних асоціатів дає змогу розробити нові експресні методики для визначення широкого кола різних біологічно-активних речовин.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Tong L., Cui D., Zeng J. Topical bendazol inhibits experimental myopia progression and decreases the ocular accumulation of HIF-1 α protein in young rabbits. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2020. T. 40. № 5. С. 567–576. doi: <https://doi.org/10.1111/opo.12717>
2. Kormosh Zh., Savchuk T. Potentiometric sensor for povidone-iodine determination. *Pharm. Chem. J.* 2016. Vol. 50. № 8. P. 556–557. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11094-016-1489-8>
3. Zuben N., Kormosh Z., Semenyshyn D., Kochubei V., Korolchuk S., Savchuk T. Design and application of levamisole-selective membrane sensor. *Anal. Bioanal. Electrochem.* 2016. Vol. 8. № 4. P. 466–477. URL: [http://abechem.ir/No.%204-2016/2016,%208\(4\),%20466-477.pdf](http://abechem.ir/No.%204-2016/2016,%208(4),%20466-477.pdf)

4. Zubenina N., Kormosh Z., Saribekova D., Sukharev S. Potentiometric membrane sensors for levamisole determination. *Mediterr. J. Chem.* 2016. Vol. 6. № 2. P. 7–14. DOI: <https://doi.org/10.13171/mjc61/016111516/Kormosh>
5. Kormosh Zh.A., Savchuk T.I., Bazel Ya.R., Kormosh N., Zyma S. Potentiometric sensor for the determination of povidone-iodine. *Anal. Bioanal. Electrochem.* 2014. Vol. 6. № 3. P. 367–378. http://abechem.ir/No.%203-2014/2014_6_3_367-378.pdf
6. Antal I., Kormosh Zh., Bazel Y., Lysenko S., Kormosh N. Design of a Vitamin B₁-Selective Electrode Based on an Ion-Pair and Its Application to Pharmaceutical Analysis. *Electroanalysis*. 2010. Vol. 22. № 22. P. 2714–2719. <https://doi.org/10.1002/elan.201000124>
7. Zubenina N., Kormosh Zh., Semenyshyn D., Kochubei V., Kormosh A. Design of a Gramine-Selective Membrane Sensor. *Anal. Bioanal. Electrochem.* 2018. Vol. 10. № 5. P. 531–540. <https://www.sid.ir/paper/346445/en>
8. Kormosh Z.A., Markovska N.A., Kormosh N.N. Potentiometric Sensor for Benzylpenicillin Determination. *Pharm. Chem. J.* 2019. Vol. 53. P. 577–579. <https://doi.org/10.1007/s11094-019-02040-w>
9. Kormosh Zh., Kormosh N., Bokhan Yu., Gorbatiuk N., Kotsan I., Suprunovich S., Parchenko V., Savchuk T., Korolchuk S. Potentiometric Sensor for Naproxen Determination. *Pharm. Chem. J.* 2021. Vol. 55. № 1. P. 97–99. <https://doi.org/10.1007/s11094-021-02379-z>
10. Kormosh Zh., Kormosh N., Bokhan Y., Horbatiuk N., Yurchenko O., Tkach V., Onyschuk O. The New Mephenamate- and Phenylanthranilate- Selective Membrane Sensor. *Anal. Bioanal. Electrochem.* 2022. Vol. 14. № 1. P. 32–44. URL: http://www.abechem.com/article_249321.html
11. Kormosh Zh., Matskiv O., Kormosh N., Forostovska T., Bokhan Y., Golub V., Gorbatiuk N., Karaim O. *Pharm. Chem. J.* 2022. Vol. 55. № 12. P. 1412–1415. DOI <https://doi.org/10.1007/s11094-022-02590-6>
12. Shou-Zhuo Yao. Dibazol ion-selective electrodes. *J. Pharm. Biomed. Anal.* 1987. Vol. 5. № 4. pp. 325–331. [https://doi.org/10.1016/0731-7085\(87\)80038-9](https://doi.org/10.1016/0731-7085(87)80038-9)

REFERENCES:

1. Tong, L., Cui, D., & Zeng, J. (2020). Topical bendazol inhibits experimental myopia progression and decreases the ocular accumulation of HIF-1 α protein in young rabbits. *Ophthalmic Physiol Opt.* T. 40. № 5. C. 567–576. doi: <https://doi.org/10.1111/opo.12717>
2. Kormosh, Zh., & Savchuk, T. (2016). Potentiometric sensor for povidone-iodine determination. *Pharm. Chem. J.* Vol. 50. № 8. P. 556–557. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11094-016-1489-8>
3. Zubenina, N., Kormosh, Z., Semenyshyn, D., Kochubei, V., & Korolchuk, S., Savchuk, T. (2016). Design and application of levamisole-selective membrane sensor. *Anal. Bioanal. Electrochem.* Vol. 8. № 4. P. 466–477. Retrieved from [http://abechem.ir/No.%204-2016/2016,%208\(4\),%20466-477.pdf](http://abechem.ir/No.%204-2016/2016,%208(4),%20466-477.pdf)
4. Zubenina, N., Kormosh, Z., Saribekova, D., & Sukharev, S. (2016). Potentiometric membrane sensors for levamisole determination. *Mediterr. J. Chem.* Vol. 6. № 2. P. 7–14. DOI: <https://doi.org/10.13171/mjc61/016111516/Kormosh>
5. Kormosh, Zh.A., Savchuk, T.I., Bazel, Ya.R., Kormosh, N., Zyma, S. (2014). Potentiometric sensor for the determination of povidone-iodine. *Anal. Bioanal. Electrochem.* Vol. 6. № 3. P. 367–378. Retrieved from http://abechem.ir/No.%203-2014/2014_6_3_367-378.pdf
6. Antal, I., Kormosh, Zh., Bazel, Y., Lysenko, S., & Kormosh, N. (2010). Design of a Vitamin B₁-Selective Electrode Based on an Ion-Pair and Its Application to Pharmaceutical Analysis. *Electroanalysis*. Vol. 22. № 22. P. 2714–2719. <https://doi.org/10.1002/elan.201000124>
7. Zubenina, N., Kormosh, Zh., Semenyshyn, D., Kochubei, V., Kormosh, A. (2018). Design of a Gramine-Selective Membrane Sensor. *Anal. Bioanal. Electrochem.* Vol. 10. № 5. P. 531–540. Retrieved from <https://www.sid.ir/paper/346445/en>
8. Kormosh, Z.A., Markovska, N.A., & Kormosh, N.N. (2019). Potentiometric Sensor for Benzylpenicillin Determination. *Pharm. Chem. J.* Vol. 53. P. 577–579. <https://doi.org/10.1007/s11094-019-02040-w>
9. Kormosh, Zh., Kormosh, N., Bokhan, Yu., Gorbatiuk, N., Kotsan, I., Suprunovich, S., Parchenko, V., Savchuk, T., & Korolchuk, S. (2021). Potentiometric Sensor for Naproxen Determination. *Pharm. Chem. J.* Vol. 55. № 1. P. 97–99. <https://doi.org/10.1007/s11094-021-02379-z>
10. Kormosh, Zh., Kormosh, N., Bokhan, Y., Horbatiuk, N., Yurchenko, O., Tkach, V., & Onyschuk, O. (2022). The New Mephenamate- and Phenylanthranilate- Selective Membrane Sensor. *Anal. Bioanal. Electrochem.* Vol. 14. № 1. P. 32–44. Retrieved from http://www.abechem.com/article_249321.html
11. Kormosh, Zh., Matskiv, O., Kormosh, N., Forostovska, T., Bokhan, Y., Golub, V., Gorbatiuk, N., & Karaim, O. (2022). Potentiometric sensor for ketoprofen determination. *Pharm. Chem. J.* Vol. 55. № 12. P. 1412–1415. DOI <https://doi.org/10.1007/s11094-022-02590-6>
12. Shou-Zhuo Yao. (1987). Dibazol ion-selective electrodes. *J. Pharm. Biomed. Anal.* Vol. 5. № 4. pp. 325–331. [https://doi.org/10.1016/0731-7085\(87\)80038-9](https://doi.org/10.1016/0731-7085(87)80038-9)