

ІОННИЙ АСОЦІАТ БЕНДАЗОЛУ З МЕТИЛОВИМ ОРАНЖЕВИМ ТА ЙОГО АНАЛІТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ

Жолт Кормош

професор, канд. хім. наук, професор кафедри хімії та екології, Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини

e-mail: zholt-1971@ukr.net

ORCID: 0000-0001-6018-8787

Наталя Горбатюк

канд. пед. наук, доцент, завідувач кафедри хімії та екології, Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини

e-mail: natalyag34@gmail.com

ORCID: 0000-0001-5834-7830

Юлія Бохан

канд. хім. наук, доцент кафедри природничих наук та методик їхнього навчання, Центральноукраїнський державний університет імені Володимира Винниченка

e-mail: 1yuliya.bohan@gmail.com

ORCID: 0000-0003-2974-0902

Наталія Кормош

викладач-методист, спеціаліст вищої категорії, Луцький базовий медичний коледж

e-mail: natali.kormosh@gmail.com

ORCID: 0000-0002-4272-888X

Наталія Недайборш

викладач кафедри хімії та екології, Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини

e-mail: nedayborsch.natalia@udpu.edu.ua

ORCID: 0009-0007-5034-1494

Людмила Люльченко

викладач-стажист кафедри хімії та екології, Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини

e-mail: l.o.liulchenko@udpu.edu.ua

ORCID: 0009-0001-5436-3013

Проведено дослідження, яке виявило, що бендазол (БЕН) утворює іонний асоціат із метиловим оранжевим (МО), здатний існувати у твердому стані. Цей асоціат перспективний для створення пластифікованих мембранних потенціометричних сенсорів, чутливих до бендазолу. Енергоефективність процесу утворення іонного асоціату обґрунтовано за допомогою математичного моделювання. Для моделювання системи « $MO^- + BEN^+$ » було використано програму HyperChem 8.0 із варіюванням початкового взаємного розташування протіонів (метод «single point»). Оптимізація геометрії іонів виконувалась методом молекулярної механіки (ММ+), а стандартну ентальпію утворення (ΔH^0) іонів та асоціату « $BEN^+ + MO^-$ » розраховано напівемпіричним методом PM3. Результати свідчать, що різниця між енергією утворення іонного асоціату та сумарною енергією його компонентів становить 75,4 кДж/моль, підтверджуючи термодинамічну вигоду процесу. Оптимізація складу мембран і вивчення впливу пластифікаторів на електроаналітичні характеристики сенсорів дозволили встановити, що найефективнішими пластифікаторами є трихлорфосфат (ТКФ) і динітрофталат (ДНФ), для яких добуток діелектричної проникності та полярності Рорінайндера ($\epsilon \times PR$) становить 123,5 та 175 відповідно. Менш ефективними виявилися дибутилфталат (ДБФ) і діетилфталат (ДЕФ), значення яких дорівнюють 235,6 та 326. Мембрани з пластифікаторами одного гомологічного ряду (ДЕФ, ДБФ, ДОФ, ДНФ) демонструють зменшення нахилу Нернстівської функції зі збільшенням діелектричної проникності пластифікатора. Робочий інтервал рН потенціометричних електродів становить 2–5. Потенціал стабілізується протягом 8–13 секунд, а показник

дрейфу не перевищує 2–3 мВ/добу. Стабільність електроаналітичних характеристик сенсорів зберігається протягом чотирьох місяців. Прилади характеризуються високою селективністю щодо різноманітних речовин та іонів. Зокрема, визначення бендазолу не піддається впливу 400- чи 900-кратного надлишку глюкози, крохмалю, полівінілового спирту, а також іонів Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Ba^{2+} , що дозволяє застосовувати сенсори для аналізу різних матриць. Було розроблено методуку потенціометричного визначення бендазолу, яка пройшла успішну апробацію на зразках лікарських форм.

Ключові слова: бендазол; метиловий оранжевий; іонний асоціат; потенціометричний сенсор; іоноселективні електроди; селективність; ентальпія; буферний розчин.

IONIC ASSOCIATE OF BENDAZOL WITH METHYL ORANGE AND ITS ANALYTICAL APPLICATION

Zholt Kormosh

candidate of chemical sciences, professor at the department of chemistry and ecology, Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University

e-mail: zholt-1971@ukr.net

ORCID: 0000-0001-6018-8787

Natalya Horbatiuk

candidate of pedagogical sciences, associate professor, head of the department of chemistry and ecology, Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University

e-mail: natalyag34@gmail.com

ORCID: 0000-0001-5834-7830

Yuliya Bokhan

candidate of chemical sciences, associate professor at the department of natural sciences and methods of their education at the Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State University

e-mail: 1yuliya.bohan@gmail.com

ORCID: 0000-0003-2974-0902

Natalya Kormosh

Teacher-methodologist, specialist of the highest category, Lutsk Basic Medical College

e-mail: natali.kormosh@gmail.com

ORCID: 0000-0002-4272-888X

Natalia Nedaiborshch

lecturer at the department of chemistry and ecology, Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University

e-mail: nedayborsch.natalia@udpu.edu.ua

ORCID: 0009-0007-5034-1494

Lyudmila Lyulchenko

trainee lecturer at the department of chemistry and ecology, Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University

e-mail: l.o.liulchenko@udpu.edu.ua

ORCID: 0009-0001-5436-3013

Bendazol (BEN) has been demonstrated to form an ionic associate with methyl orange (MO), which can be isolated in solid form and utilized to design plasticized membrane potentiometric sensors sensitive to bendazol. The energy efficiency of ionic associate formation was analyzed through mathematical modeling methods. Molecular modeling of the $\text{MO}^- + \text{BEN}^+$ system, as well as related calculations, was carried out using the HyperChem 8.0 software for various initial configurations of counter ions (via a single-point procedure). Geometric optimization of the ions was performed using the molecular mechanics MM+ method. The standard enthalpy (ΔH_0) of ion formation and the association of BEN^+ with MO^- were determined using the semi-empirical PM3 method. The energy difference between the formation of the ionic associate and the combined energies of its components is 75.4 kJ/mol, confirming that the process is thermodynamically favorable. The optimization of membrane composition was also conducted. The study of plasticizer properties in relation to the electroanalytical performance of the developed sensors indicates that

tri-cresyl phosphate (TCP) and di-n-octyl phthalate (DNF) are the most suitable plasticizers for this system. For TCP and DNF, the product of the dielectric constant and Rorschneider polarity index ($\epsilon \times PR$) is 123.5 and 175, respectively. Less effective plasticizers, such as dibutyl phthalate (DBF) and diethyl phthalate (DEF), showed higher $\epsilon \times PR$ values of 235.6 and 326, respectively. In membranes containing plasticizers from the same homologous series (DEF, DBF, DOF, DNF), an increase in the dielectric constant corresponded to a decrease in the slope of the Nernst function. The working pH range of the electrode was found to be between 2 and 5, with a drift potential not exceeding 2–3 mV/day. Stable electrode potential values were achieved within 8–13 seconds. The optimized membranes retained stable electroanalytical characteristics for at least four months. The developed potentiometric sensors exhibited satisfactory selectivity against several substances and ions. Interfering substances—including glucose, starch, polyvinyl alcohol, and ions such as Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , and Ba^{2+} —at ratios 300 and 1000 times higher than BEN did not affect its determination. This ensures the practical applicability of these BEN-sensitive sensors in various analytical contexts. A potentiometric method for determining bendazol was developed and successfully applied for analyzing dosage forms containing the compound.

Keywords: bendazol; methyl orange; ionic associate; potentiometric sensor; ion-selective electrodes; selectivity; enthalpy; buffer solution.

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].

Часте застосування бендазолу зумовлює потребу в наявності методів та методик визначення його у різних об'єктах.

Широке використання бендазолу зумовлює необхідність розробки методів і методик для визначення його в різних об'єктах. Так, запропоновано деякі потенціометричні сенсори [12] для визначення БЕН; гарно зарекомендували себе потенціометричні методи з використанням іон-селективних електродів (ІСЕ) [2–11], для визначення біологічно активних речовин.

Мета цієї роботи полягає у розробці нового сенсора, чутливого до бендазолу, на основі йонного асоціату (ІА) бендазолу з метиловим оранжевим (МО), оптимізації його електроаналітичних характеристик та апробації для визначення БЕН у різних об'єктах.

Стандартний розчин бендазолу отримували шляхом розчинення точно зваженої кількості речовини у розчині фонового електроліту. Іонні асоціати синтезували методом осадження, змішуючи розчин бендазолу з метиловим оранжевим у співвідношенні 1:1. Все це ретельно перемішували та залишали при кімнатній температурі на 24 години. Осад, який утворився, відфільтровували, промивали холодною водою декілька разів і сушили при кімнатній температурі протягом трьох діб.

Пластифіковані ПВХ-мембрани виготовляли таким чином: до 0,7 г полівінілхлориду (ПВХ) додавали певну кількість йонного асоціату (1–15 % від загальної маси мембрани) і ретельно перемішували. Потім додавали необхідну кількість пластифікатора (диоктилфталат (ДОФ), дибутилфталат (ДБФ), дибутилсебаценат (ДБС), динонілфталат (ДНФ), диетилфталат (ДЕФ), трикрезилфосфат (ТКФ)), а також 0,5–1,0 мл розчинника (тетрагідрофурану). Усі компоненти перемішували до отримання однорідної маси, яку переносили у спеціальну форму (кільце діаметром 1,5 см), заздалегідь підготовлену та закріплену на скляній підкладці. Суміш сушили на повітрі протягом 5–7 діб. З отриманих плівок вирізали мембрани діаметром 0,7 см, які потім прикріплювали до торця полівінілхлоридної трубки.

Потенціометричні вимірювання проводили на іономері АІ-123 при кімнатній температурі. У схемі електрохімічного кола використовували стандартний хлоридсрібний електрод ЕВЛ-1МЗ як електрод порівняння. Для підтримання іонної сили розчинів

застосовували 0,1 моль/л розчин LiCl. Значення рН встановлювали за допомогою буферного розчину (0,04 моль/л розчини етанової, борної, фосфатної кислот у суміші з 0,02 моль/л розчином NaOH), контроль рН здійснювали за допомогою рН-метра рН-301 зі скляним електродом ЕВЛ-1МЗ.

Молекулярне моделювання системи « $\text{MO}^- + \text{БЕН}^+$ » та пов'язані розрахунки виконували за допомогою програмного пакета «HyperChem 8.0». Моделювання включало різні початкові варіанти розташування проти іонів («singlepoint» процедура). Геометричну оптимізацію структури іонів проводили за допомогою методу молекулярної механіки ММ+.

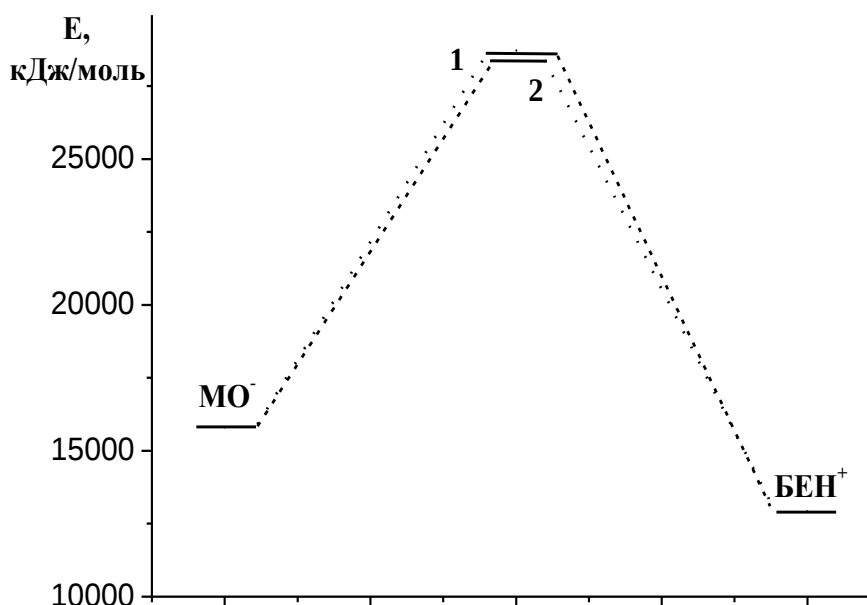
За допомогою математичного моделювання обґрунтовано енергоефективність формування іонного асоціату (ІА). Молекулярне моделювання системи « $\text{MO}^- + \text{БЕН}^+$ » виконували за допомогою програмного пакета «Hyper Chem 8.0», використовуючи різні початкові варіанти розташування проти іонів («singlepoint» процедура). Геометричну оптимізацію іонів здійснювали методом молекулярної механіки ММ+.

Стандартну ентальпію утворення (ΔH°) іонів та асоціату « $\text{БЕН}^+ + \text{MO}^-$ » визначали напівемпіричним методом РМЗ. Параметри методів моделювання були налаштовані для максимально точного відтворення експериментальних значень ΔH° для органічних сполук. У таблиці 1 та на рисунку 1 наведені енергетичні характеристики взаємодії системи « $\text{MO}^- + \text{БЕН}^+$ » як приклад результатів проведених розрахунків.

Таблиця 1

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

Частинка	Е, кДж/моль
БЕН ⁺	12922,3
МО ⁻	15798,7
$\Sigma (\text{МО}^- + \text{БЕН}^+)$	28721,0
ІА ($\text{МО}^- \cdot \text{БЕН}^+$)	28796,4
$\Sigma (\text{МО}^- + \text{БЕН}^+) - \text{ІА}$	75,4

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

Різниця в енергії утворення іонного асоціату (ІА) та суми енергій його компонентів становить 75,4 кДж/моль, що свідчить про термодинамічну вигідність процесу.

Розроблені іоноселективні електроди (ІСЕ) із різним вмістом ІА демонструють чутливість до бендазолу в діапазоні концентрацій від $n \cdot 10^{-5}$ до $1 \cdot 10^{-1}$ моль/л. При

концентрації ІА від 1 до 5 % нахил електродної функції дещо нижчий за теоретичний, а нижня межа виявлення становить $n \cdot 10^{-5}$ моль/л бендазолу.

Як мембранні пластифікатори досліджено кілька органічних розчинників із різними значеннями діелектричної проникності (ϵ) та полярності Роршнайдера (ПР): диетилфталат ($\epsilon = 8,15$; ПР = 40), дибутилфталат ($\epsilon = 6,1-6,4$; ПР = 38), диоктилфталат ($\epsilon = 5,1$; ПР = 30), динонілфталат ($\epsilon = 4,47$; ПР = 26), трикрезилфосфат (ТКФ) ($\epsilon = 6,7-7$; ПР = 25).

Аналіз впливу пластифікаторів на електроаналітичні характеристики сенсорів показав, що найефективнішими є ТКФ та динонілфталат (ДНФ), для яких добутки діелектричної проникності та полярності ($\epsilon \times \text{ПР}$) дорівнюють 123,5 та 175 відповідно. Менш ефективними виявилися диетилфталат (ДЕФ) і дибутилфталат (ДБФ), для яких ці значення становлять 235,6 та 326 відповідно. Зі збільшенням діелектричної проникності пластифікатора спостерігалось зниження нахилу Нернстівської функції (рис. 2), що узгоджується з даними інших досліджень [7].

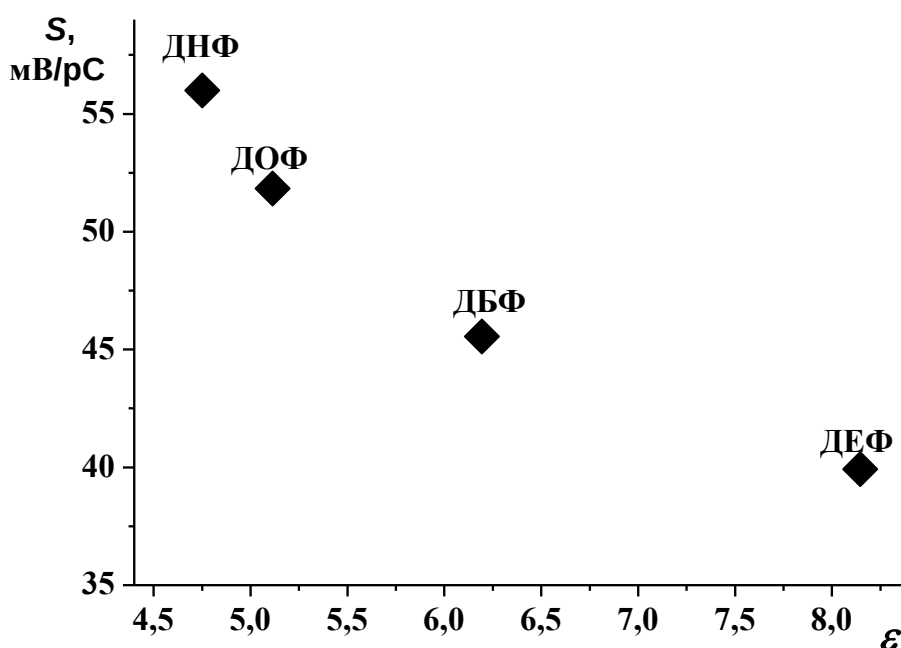


Рис. 2. Вплив діелектричної проникності фталатного пластифікатора на Нернстівську функцію БЕН-чутливого електрода.

Електрохімічні характеристики сенсорів:

- Робочий інтервал рН: 2–5.
- Дрейф потенціалу: 2–3 мВ/добу.
- Час стабілізації потенціалу: 8–13 с.
- Стабільність характеристик мембран зберігається не менше чотирьох місяців.

Вплив концентрації внутрішнього розчину досліджували у діапазоні $9 \cdot 10^{-5}$ – $1 \cdot 10^{-2}$ моль/л бендазолу. Встановлено, що зміна концентрації внутрішнього розчину не впливає на стабільність електродних характеристик.

Селективність сенсорів: Розроблені сенсори демонструють задовільну селективність щодо різних речовин та іонів. Визначення бендазолу не зазнає впливу від 400- та 900-кратних кількостей глюкози, крохмалю, полівінілового спирту, а також іонів Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Ba^{2+} . Це забезпечує можливість застосування сенсорів для аналізу різноманітних об'єктів.

Бендазол визначали за допомогою методів прямої потенціометрії, стандартних добавок та потенціометричного титрування із використанням розчину тетрафенілборату натрію як титранта. Таблетки подрібнювали та розтирали до отримання однорідної маси, після чого наважку порошку переносили у мірні колби об'ємом 50 мл і розчиняли в розчині фонового електроліту з рН 3. Результати вимірювань наведено в таблиці 2.

З отриманих даних видно, що розроблені сенсори демонструють високу надійність у використанні.

Дослідження показало, що бендазол у взаємодії з метиловим оранжевим утворює іонний асоціат (ІА), який можна виділити у твердому стані. Цей ІА придатний для створення пластифікованих мембранних потенціометричних сенсорів, чутливих до бендазолу. Методом математичного моделювання підтверджено енергоефективність процесу формування ІА.

Найкращими пластифікаторами для розроблених сенсорів виявилися трикрезилфосфат (ТКФ) і динонілфталат (ДНФ), для яких добуток діелектричної проникності та полярності Роршайндера ($\epsilon \times \text{ПР}$) становить 123,5 та 175 відповідно. Менш ефективними виявилися дибутилфталат (ДБФ) і діетилфталат (ДЕФ), із показниками 235,6 та 326 відповідно. У мембранах із пластифікаторами одного гомологічного ряду (ДЕФ, ДБФ, ДОФ, ДНФ) нахил Нернстівської функції знижується зі збільшенням діелектричної проникності розчинника.

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 $\pm$ 0,14	0,5	20,05 $\pm$ 0,20	0,7	19,98 $\pm$ 0,11	0,4
Дибазол, Дарниця, Україна (розчин для ін'єкцій)	50	50,00 $\pm$ 0,20	0,3	50,05 $\pm$ 0,20	0,3	50,00 $\pm$ 0,14	0,2

Сенсори демонструють задовільну селективність до ряду речовин та іонів. Їхній роботі не заважають 300- та 1000-кратні кількості таких речовин, як глюкоза, крохмаль, полівініловий спирт, а також іони Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Ba^{2+} . Це дозволяє використовувати БЕН-чутливі сенсори для аналізу різноманітних об'єктів.

Іонні асоціати зарекомендували себе як перспективні електродо-активні речовини для створення потенціометричних сенсорів, призначених для визначення іоногенних біологічно-активних речовин.

Подальше дослідження нових іонних асоціатів відкриває можливості для розробки експресних методик визначення широкого спектра сполук.

Список використаних джерел

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 and Physiological Optics*. 2020. Vol. 40. № 5. С. 567–576. DOI: 10.1111/opo.12717.
2. Kormosh Zh., Savchuk T. Potentiometric sensor for povidone-iodine determination. *Pharmaceutical Chemistry Journal*. 2016. Vol. 50. № 8. P. 556–557. DOI: 10.1007/s11094-016-1489-8.
3. Zubenia N., Kormosh Z., Semenyshyn D., Kochubei V., Korolchuk S., Savchuk T. Design and application of levamisole-selective membrane sensor. *Analytical and Bioanalytical Electrochemistry*. 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) (дата звернення: 01.02.2025).
4. Zubenia N., Kormosh Z., Saribekova D., Sukharev S. Potentiometric membrane sensors for levamisole determination. *Mediterranean Journal of Chemistry*. 2016. Vol. 6. № 2. P. 7–14. DOI: 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. *Analytical and Bioanalytical Electrochemistry*. 2014. Vol. 6. № 3. P. 367–378. http://abechem.ir/No.%203-2014/2014,6_3_,367-378.pdf (дата звернення: 01.02.2025).
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> (дата звернення: 01.02.2025).
7. Zubenina N., Kormosh Zh., Semenyshyn D., Kochubei V., Kormosh A. Design of a Gramine-Selective Membrane Sensor. *Analytical and Bioanalytical Electrochemistry*. 2018. Vol. 10. № 5. P. 531–540. URL: <https://www.sid.ir/paper/346445/en> (дата звернення: 01.02.2025).
8. Kormosh Z. A., Markovska N. A., Kormosh N. N. Potentiometric Sensor for Benzylpenicillin Determination. *Pharmaceutical Chemistry Journal*. 2019. Vol. 53. P. 577–579. DOI: 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. *Pharmaceutical Chemistry Journal*. 2021. Vol. 55. № 1. P. 97–99. DOI: 10.1007/s11094-021-02379-z
10. Kormosh Zh., Kormosh N., Bokhan Y., Horbatiuk N., Yurchenko O., Tkach V., Onyschuk O. The New Mephenamin- and Phenylanthranilate- Selective Membrane Sensor. *Analytical and Bioanalytical Electrochemistry*. 2022. Vol. 14. № 1. P. 32–44. URL: http://www.abechem.com/article_249321.html (дата звернення: 01.02.2025).
11. Kormosh Zh., Matskiv O., Kormosh N., Forostovska T., Bokhan Y., Golub V., Gorbatiuk N., Karaim O. Potentiometric sensor for ketoprofen determination. *Pharmaceutical Chemistry Journal*. 2022. Vol. 55. № 12. P. 1412–1415. DOI: 10.1007/s11094-022-02590-6.
12. Shou-Zhuo Yao. Dibazol ion-selective electrodes. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 1987. Vol. 5. № 4. P. 325–331. DOI: 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 and Physiological Optics*, Vol. 40, 5, 567–576. DOI: 10.1111/opo.12717
2. Kormosh, Z., & Savchuk, T. (2016). Potentiometric sensor for Povidone-Iodine determination. *Pharmaceutical Chemistry Journal*, Vol. 50, 8, 556–557. DOI: 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. *Analytical and Bioanalytical Electrochemistry*, Vol. 8, 4, 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. (2016). Potentiometric membrane sensors for levamisole determination. *Mediterranean Journal of Chemistry*, Vol. 6, 2, 7–14. DOI: 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. *Analytical and Bioanalytical Electrochemistry*, Vol. 6, № 3, 367–378. URL: 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, 2714–2719. URL: <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. *Analytical and Bioanalytical Electrochemistry*, Vol. 10, 5, 531–540. URL: <https://www.sid.ir/paper/346445/en>.
8. Kormosh, Z. A., Markovska, N. A., Kormosh, N. N. (2019). Potentiometric Sensor for Benzylpenicillin Determination. *Pharmaceutical Chemistry Journal*, Vol. 53, 577–579. URL: <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. *Pharmaceutical Chemistry Journal*, Vol. 55, 1, 97–99. URL: <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 Mephenamin- and Phenylanthranilate- Selective Membrane Sensor. *Analytical and Bioanalytical Electrochemistry*, Vol. 14, 1, 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. (2022). Potentiometric sensor for ketoprofen determination. *Pharmaceutical Chemistry Journal*, Vol. 55, 12, 1412–1415. DOI: 10.1007/s11094-022-02590-6.
12. Shou-Zhuo Yao. (1987). Dibazol ion-selective electrodes. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, Vol. 5, 4, 325–331. URL: [https://doi.org/10.1016/0731-7085\(87\)80038-9](https://doi.org/10.1016/0731-7085(87)80038-9).