

СОЛЬВАТОХРОМНІ ВЛАСТИВОСТІ ДЕЯКИХ ПОХІДНИХ ПЕРХЛОРАТУ 6,7-ДИГІДРОКСИБЕНЗОПІРИЛІЮ

О. М. Жуковецька, О. М. Гузенко, Т. М. Щербакова, Д. В. Снігур

*Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,
вул. Дворянська, 2, Одеса 65082, Україна;
e-mail: 270892denis@gmail.com*

Цю роботу присвячено вивченню сольватохромних властивостей низки похідних перхлорату 6,7-дигідроксибензопірилію: 6,7-дигідрокси-2,4-диметилбензопірилію, 6,7-дигідрокси-2-феніл-4-метилбензопірилію та 6,7-дигідрокси-2,4-дифенілбензопірилію. Вплив природи органічних розчинників досліджено на прикладі метанолу, етанолу, н-пропанолу, ізо-пропанолу, н-бутанолу, ізо-бутанолу, н-пентанолу, ізо-пентанолу, н-гексанолу, н-гептанолу, н-нонанолу, деканолу, диметилформаміду, диметилсульфоксиду, тетрагідрофурану, ацетонітрилу, бутилацетату, толуену та хлороформу. Показано, що при заміні полярного розчинника менш полярним спостерігається батохромний зсув максимуму смуги поглинання похідних 6,7-дигідроксибензопірилію, що відповідає $n \rightarrow \pi^*$ електронному переходу. Відзначено, що спостерігається задовільна кореляція ($R = 0.795-0.993$) між положенням максимуму поглинання барвника і величинами параметра Хансена, Камлета – Тафта, донорним та акцепторним числом за Гутманом.

Ключові слова: спектрофотометрія, сольватохромія, похідні 6,7-дигідроксибензопірилію, параметр Хансена, параметр Камлета – Тафта, донорні та акцепторні числа за Гутманом.

ВСТУП. Винятково важлива роль у хімічному аналізі належить органічним реагентам, оскільки вони мають широкий спектр можливостей, завдяки чому їх застосовують для визначення аналітів як неорганічної, так і органічної природи, а також для їхнього концентрування або розділення [1]. Особливе місце органічні реагенти займають у методах молекулярної спектроскопії при створенні прямих

та комбінованих методик визначення слідових кількостей аналітів після їхнього попереднього концентрування [2]. Пошук нових реагентів, моделювання їхніх властивостей та цілеспрямований синтез із можливою подальшою модифікацією залишається важливим завданням. Важливим аспектом дослідження органічних реагентів є вивчення їхніх фізико-хімічних, кислотно-основних властивостей та

спектральних характеристик [3]. Серед переліченого особливе місце займають саме спектральні властивості: спектрофотометричні, люмінесцентні та сольватахромні. Останні пов'язані зі взаємодією молекул розчинника, які відрізняються дипольним моментом із хромоформними групами розчиненої речовини [4]. До того ж у розчинниках різної природи, що відрізняються своїми фізико-хімічними властивостями, можливі зміни спектрофотометричних характеристик рівноважних форм барвника, спричинені не тільки сольватахромією, а й таутомерією [5, 6].

Своєю чергою, значний інтерес викликають похідні оксигеновмісних гетероциклічних сполук – солі бензопірилію. На увагу заслуговують 2,4-заміщені похідні 7,8- та 6,7-дигідроксибензопірилію. Описані похідні 6,7-дигідроксибензопірилію з алкільними (метильними) та арильними (феніл, гідроксифеніл) замісниками в положеннях 2 і 4, а також із карбоксигрупою в положенні 4, які запропоновано для спектрофотометричного, екстракційно-і сорбційно-спектрофотометричного визначення низки іонів металів (Ga(III), In(III), Bi(III), Mo(VI), W(VI)) [7–9]. Цікавим є створення нових реагентів на основі похідних бензопірилію з покращеними хіміко-аналітичними характеристиками, оскільки їхній препаративний синтез є відносно простим і полягає у конденсації триатомних фенолів із β -дикарбонільними сполуками. Загалом похідні бензопірилію є реакційноздатними сполуками, які можуть вступати в окислювально-відновлювальні реакції, утворювати комплекси з полівалентними і легкогідролізуючими іонами металів, а також є схильними до кислотно-основних перетво-

рень у розчинах. Окремо слід зазначити, що гідроксипохідні бензопірилію при комплексоутворенні можуть переходити в ангідрооснови з хіноїдною структурою, що, своєю чергою, призводить до суттєвого батохромного зсуву смуги поглинання та збільшення контрастності аналітичних реакцій [9]. Роботи з вивчення зазначених сполук є нечисленними й присвячені переважно їхнім кислотно-основним властивостям [10, 11] чи особливостям синтезу [12–15].

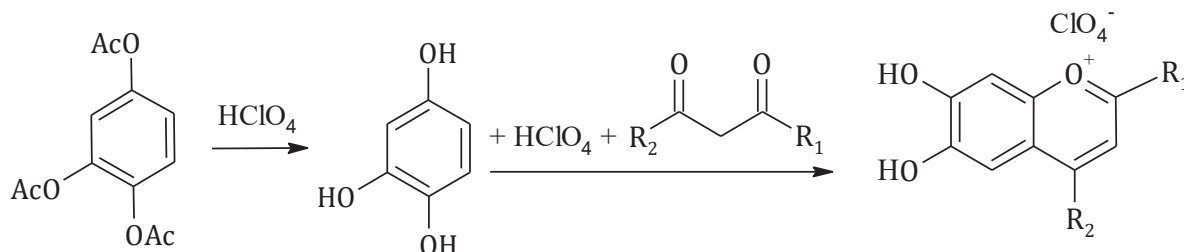
Отже, мета цієї роботи полягає у вивченні впливу природи розчинників на спектрофотометричні характеристики низки перхлоратів 6,7-дигідроксибензопірилію.

ЕКСПЕРИМЕНТ ТА ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ. Спектри світлопоглинання в інтервалі довжин хвиль 300–600 нм реєстрували за допомогою спектрофотометра Ultrospec 3100 pro (Amersham Biosciences, USA) в кварцових кюветах із товщиною поглинаючого шару 1 см. ІЧ-спектри записували за допомогою спектрометра FT-IR Frontier Spectrometer (Perkin-Elmer, USA) в таблетках з KBr, у діапазоні 4000–400 см^{-1} . Мас-спектри реєстрували методом FAB на мас-спектрометрі VG 70-70EQ із використанням пучка атомів Хе з енергією 8 кВ і застосуванням нітробензилового спирту як матриці. Спектри ЯМР ^1H та ^{13}C одержано з використанням ЯМР-спектрометрів Varian Gemini 300NMR (300 МГц) та Bruker AVANCE DRX 500 (500 МГц).

Досліджені у роботі реагенти перхлорати 6,7-дигідрокси-2,4-диметилбензопірилію (ДМДОХ), 6,7-дигідрокси-2-феніл-4-метилбензопірилію (МФДОХ) та 6,7-дигідрокси-2,4-дифенілбензопірилію (ДФДОХ) синтезували аналогічно до інших похідних [14, 15] шляхом конденсації еквімолярних кіль-

костей пірогалолу А і відповідної β-дикарбонільної сполуки (пентан-2,4-діон (ацетилацетон); 1-фенілбутан-1,3-діон (бензоіл-

ацетон); 1,3-дифенілпропан-1,3-діон (дибензоїлметан)) в оцтовокислому середовищі за присутності хлорної кислоти:



$R_1 = R_2 = \text{CH}_3$ (ДМДОХ); $R_1 = \text{C}_6\text{H}_5$, $R_2 = \text{CH}_3$ (МФДОХ); $R_1 = R_2 = \text{C}_6\text{H}_5$ (ДФДОХ).

Для синтезу барвників наважки, які відповідають 0,01 моль пірогалолу А та 0,01 моль 1,3-дикарбонільної сполуки (ацетилацетону, бензоїлацетону або дибензоїлметану) розчиняють у 15–20 мл льодяної оцтової кислоти, вводять 3–5 мл хлорної кислоти та кип'ятять зі зворотнім холодильником впродовж 30–40 хв. Реакційну масу виливають в охолоджений до 0–5 °С 10 %-й розчин хлорної кислоти, відфільтровують одержаний осад і промивають трьома порціями по 5 мл 10%-ого розчину хлорної кислоти. Визначення чистоти продуктів проводили методом вискоєфективної рідинної хроматографії на хроматографі Infinity 1260 із діодноматричним УФ-детектором. Колонка з нержавіючої сталі розміром 10 см × 4,6 мм, заповнена октадецилсилільним силікагелем для хроматографії з розміром частинок 3,5 мкм; рухома фаза: ацетонітрил – 0,01% водний розчин мурашиної кислоти 50:50; швидкість елюювання 0.5 мл/хв; температура термостата колонки 35 °С; об'єм інжекції 1 мкл; час проведення аналізу 10 хв; детектування: УФ-детектування при $\lambda = 260$ нм. Чистота синтезованих продуктів за внутрішнім нормуванням не менше 99,0%. Будову синтезованих спо-

лук підтверджували методами ІЧ-, ЯМР- та мас-спектрометрії.

ДМДОХ: ІЧ-спектр, cm^{-1} : 3410, 3073, 1632 (ν СОС, Нт), 1607 (ν СС, Нт), 1550, 1539, 1507, 1458, 1431, 1338, 1263, 1199, 1177, 1152, 877, 854, 656, 623, 518. Спектр ЯМР ^1H (ДМСО- d_6), δ , м.д.: 7,74 с(1Н, Нт), 7,49 с(1Н, Аr), 7,38 с(1Н, Аr), 4,13 (ОН); 2,86 с(3Н, CH_3); 2,85 с(3Н, CH_3). ЯМР ^{13}C (ДМСО- d_6) δ , м.д.: 173,96; 166,21; 161,21; 154,98; 149,89; 119,89; 118,48; 107,49; 102,78; 21,82(CH_3); 20,51(CH_3). Мас-спектр (FAB), m/z : 191 (M^+).

МФДОХ: ІЧ-спектр, cm^{-1} : 3427 (ν ОН), 3070 (ν СН. Аr), 1626 (ν СО, Нт), 1602 (ν СС, Нт), 1052 (ν ClO , ClO_4), 998 (СС, Ph). КР-спектр, cm^{-1} : 1626 (ν СО, Нт), 1597 (ν СС, Нт), 1532, 1509, 1466, 1426, 1380, 1343, 1241, 1195, 1169, 1002 (СС, Ph), 898, 526. Спектр ЯМР ^1H (ДМСО- d_6), δ , м.д.: 8,47 с(1Н, Нт), 8,39 д($J = 7,43$ Гц, 2Н, Нт), 7,79 – 7,70 м(3Н, Аr), 7,49 д($J = 4,64$ Гц, 2Н, Аr), 5,5 – 4,5 (ОН), 2,91 с(3Н, Аr- CH_3). ЯМР ^{13}C (ДМСО- d_6) δ , м.д.: 165,38, 164,48, 162,43, 154,65, 150,53, 134,84, 130,26, 129,88, 128,53, 120,82, 114,71, 107,11, 103,18, 20,72 (CH_3). Мас-спектр (FAB), m/z : 253 (M^+).

ДФДОХ: ІЧ-спектр, cm^{-1} : 3564, 3233, 3065, 2766, 1625(ν СО, Нт), 1597(ν СС, Нт), 1525,

1505, 1488, 1409, 1356, 1303, 1268, 1209, 1191, 998, 925, 875, 834, 700, 677, 617, 603. КР-спектр, cm^{-1} : 1641(ν СОС, Нt), 1600(ν СС, Нt), 1573, 1537, 1502, 1482, 1426, 1392, 1280, 1253, 1202, 1183, 999, 560, 455, 419, 311. Спектр ЯМР ^1H (ДМСО- d_6), δ , м.д.: 8,17 д (7,68 Гц, 4Н, Ar); 7,67-7,64 м(3Н, Ar); 7,58-7,55 м(4Н, Ar); 7,34 с(1Н, Ar); 3,79(ОН). ЯМР ^{13}C (ДМСО- d_6) δ , м.д.: 185,24; 136,16; 134,50; 132,94; 129,48; 128,76; 127,33; 102,74; 93,17. Мас-спектр (FAB), m/z : 298 (M^+).

Вихідні розчини ДМДОХ, МФДОХ та ДФДОХ із концентрацією $1 \cdot 10^{-3}$ моль/дм³ готували шляхом розчинення точних наважок барвників у метанолі. У роботі застосовували органічні розчинники: метанол, етанол, н-пропанол, ізо-пропанол, н-бутанол, ізо-бутанол, н-пентанол, ізо-пентанол, н-гексанол, н-гептанол, н-нонанол, деканол, диметилформамід, диметилсульфоксид, тетрагідрофуран, ацетонітрил, бутилацетат, толуен та хлороформ, які за необхідності додатково очищували перегонном.

При дослідженні сольваохромії в градуйовані пробірки з притертими пробками вносили по 0,2 см³ (200 мкл) $1 \cdot 10^{-3}$ моль/дм³ метанольного розчину барвника, 5 см³ органічного розчинника, перемішували і реєстрували спектри поглинання отриманих розчинів із концентрацією барвника $3,85 \cdot 10^{-5}$ моль/дм³ в кварцових кюветах ($l = 1$ см) на спектрофотометрі Ultrospec 3100 pro із кроком 1 нм.

Особливості синтезу та кислотно-основні властивості цих барвників та низки структуроподібних реагентів вивчено детально раніше [14, 15], проте їхнім спектральним характеристикам приділяли значно менше уваги. Зміни, які спостерігаємо у спектрах поглинання досліджуваних барвників, за-

галом є подібними, тому як приклад на рис. 1 наведено результати впливу природи розчинника на положення основної смуги поглинання у видимій області для ДМДОХ:

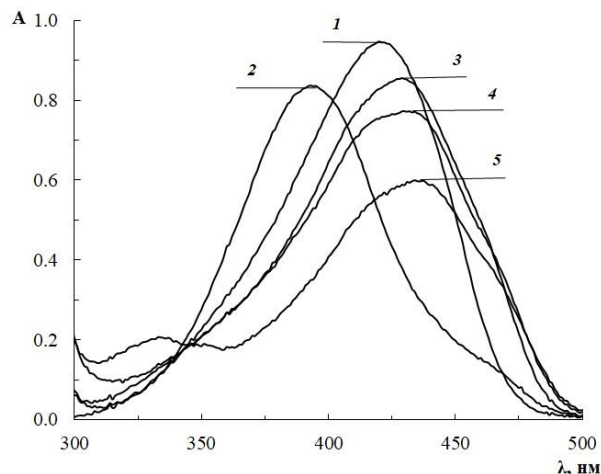


Рис. 1. Спектри світлопоглинання реагенту ДМДОХ у різних розчинниках: 1 – хлороформ, 2 – вода, 3 – ацетонітрил, 4 – бутилацетат, 5 – ДМСО; $C_{\text{ДМДОХ}} = 3,85 \cdot 10^{-5}$ моль/дм³, $l = 1$ см

Fig. 1. Light absorption spectra of DMDON reagent in different solvents: 1 – chloroform, 2 – water, 3 – acetonitrile, 4 – butyl acetate, 5 – DMSO; $C_{\text{DMDON}} = 3.85 \cdot 10^{-5}$ mol/dm³, $l = 1$ cm.

Як видно з рис. 1, за зміни розчинника спостерігаємо зсуви смуги поглинання. Так, при заміні води (крива 2) на хлороформ (крива 1) спостерігається батохромний зсув на 25–30 нм та гіперхромний ефект. Своєю чергою, перехід від хлороформного середовища (крива 1) до ацетонітрильного (крива 3), бутилацетатного (крива 4) або диметилсульфоксидного (крива 5) розчинів призводить до незначних батохромних зсувів та гіпохромних ефектів. Визначені положення смуг поглинання та молярні коефіцієнти світлопоглинання похідних 6,7-дигідроксибензопірилію (ДМДОХ, МФДОХ, ДФДОХ) у різних розчинниках узагальнено в табл. 1.

Таблиця 1

Спектрофотометричні характеристики перхлоратів 6,7-дигідроксибензопірилію у розчинниках різної природи

Table 1.

Spectrophotometric characteristics of 6,7-dihydroxybenzopyrylium perchlorates in solvents of different nature.

Розчинник	ДМДОХ		МФДОХ		ДФДОХ	
	$\lambda_{\text{макс}}, \text{нм}$	$\epsilon_{\lambda} \cdot 10^{-4}$	$\lambda_{\text{макс}}, \text{нм}$	$\epsilon_{\lambda} \cdot 10^{-4}$	$\lambda_{\text{макс}}, \text{нм}$	$\epsilon_{\lambda} \cdot 10^{-4}$
Метанол	415	1,7	461	1,9	481	2,1
Етанол	427	2,1	466	1,6	483	2,0
н-Пропанол	428	2,2	469	2,1	483	1,8
ізо-Пропанол	406	1,8	455	2,0	483	2,0
н-Бутанол	426	1,8	469	2,1	485	2,0
ізо-Бутанол	430	2,1	469	2,2	483	1,9
н-Пентанол	431	1,8	473	2,1	486	1,9
н-Гексанол	437	2,3	481	2,3	491	2,2
н-Гептанол	432	2,3	473	2,0	489	1,9
н-Нонанол	432	2,3	476	2,0	489	1,9
ізо-Пентанол	432	2,2	472	2,2	484	1,9
н-Деканол	435	1,9	475	2,1	489	2,1
Вода	393	1,5	454	1,7	475	1,5
Диметилформамід	448	1,7	477	2,5	489	1,8
Диметилсульфоксид	443	1,6	480	2,6	495	2,0
Тетрагідрофуран	389	2,2	483	2,2	486	2,0
Ацетонітрил	429	2,2	476	2,8	481	2,0
Бутилацетат	432	1,5	488	2,6	486	1,8
Толуен	396	2,1	484	2,1	489	1,8
Хлороформ	420	2,2	477	2,4	486	2,0

Загалом, виходячи з даних, наведених в табл. 1, можна зазначити, що при заміні полярного розчинника менш полярним спостерігаємо батохромний зсув максимуму смуги поглинання похідних 6,7-дигідроксибензопірилію, що відповідає $n \rightarrow \pi^*$ електронному переходу. Додатковим підтвердженням цьому може бути зникнення довгохвильової смуги барвника, що є особливо характерним для ДМДОХ у сильно-

кислому середовищі внаслідок повного протонування барвника [10–12].

Зазначимо, що для спектрофотометричних характеристик досліджених похідних 6,7-дигідроксибензопірилію в спиртах спостерігаємо кореляції положення смуги поглинання з величинами [16, 17] параметрів Хансена та Камлета – Тафта (рис. 2), а також із донорним (DN) і акцепторним (AN) числами розчинників за Гутманом (рис. 3).

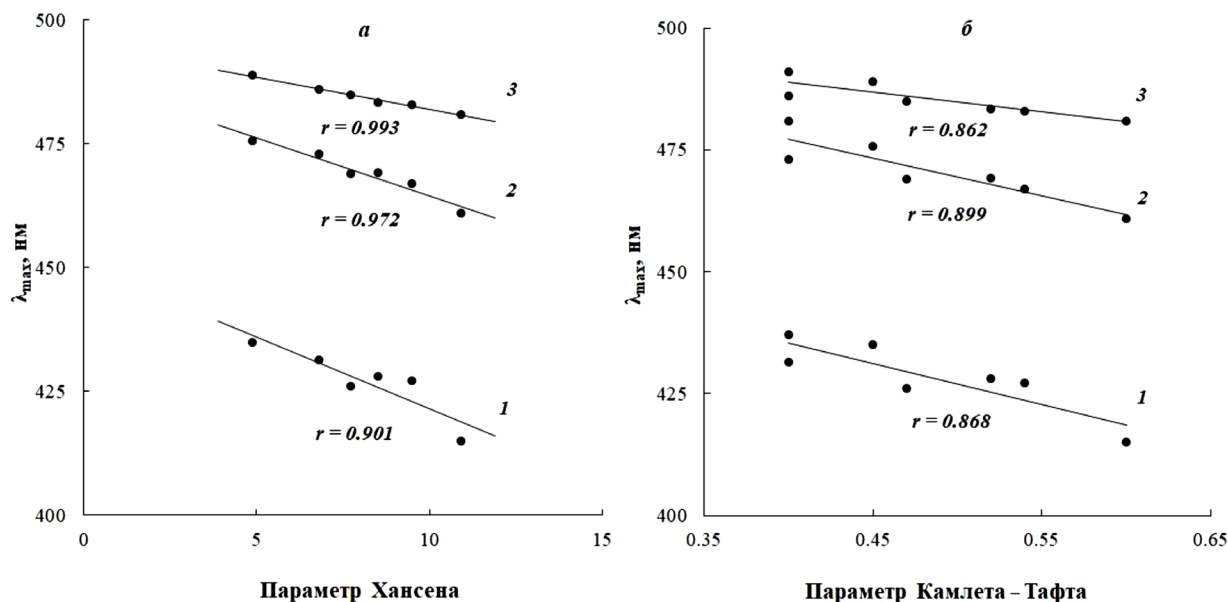


Рис. 2. Залежність положення максимуму світлопоглинання: 1 – ДМДОХ; 2 – МФДОХ; 3 – ДФДОХ від значення параметра Хансена (а) та параметра Камлета – Тафта (б)

Fig. 2. Dependence of the position of the light absorption maximum: 1 – DMDOH; 2 – MFDOH; 3 – DFDOH on the value of the Hansen parameter (a) and the Kamlet – Taft parameter (b).

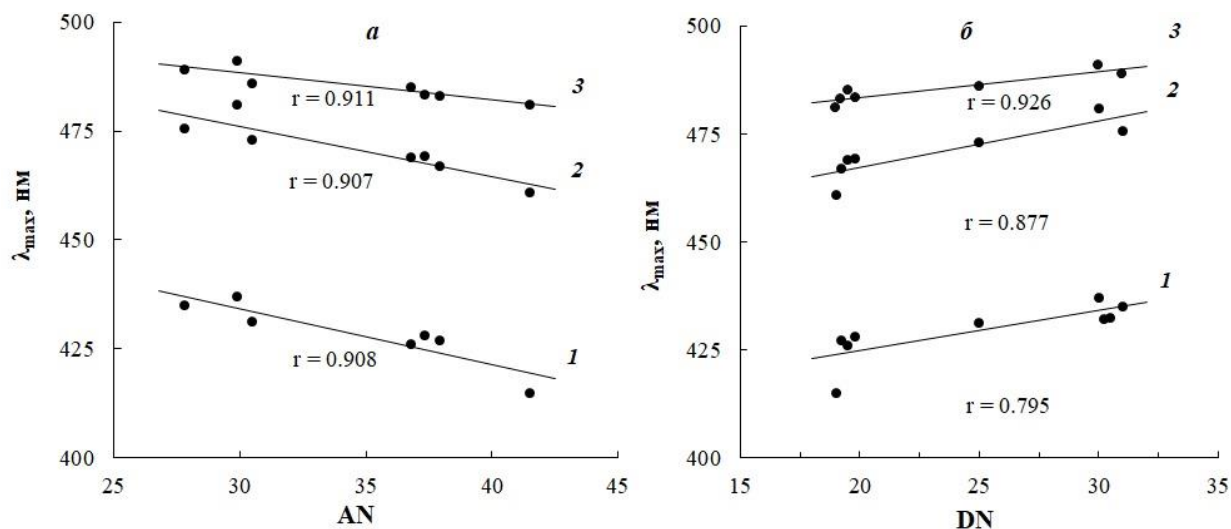


Рис. 3. Залежність положення максимуму світлопоглинання: 1 – ДМДОХ; 2 – МФДОХ; 3 – ДФДОХ від значення акцепторного (а) та донорного (б) числа за Гутманом

Fig. 3. Dependence of the position of the light absorption maximum: 1 – DMDOH; 2 – MFDOH; 3 – DFDOH on the value of the acceptor (a) and donor (b) number according to Gutman.

Аналіз графічних залежностей, наведених на рис. 2 та рис. 3, дозволяє стверджувати подібність їхньої сольватації відповідними спиртами, а вплив природи замісників у положеннях 2 та 4 є менш значущим, ніж природа розчинника.

ВИСНОВКИ. У зазначеній роботі досліджено сольватохромні властивостей низки похідних перхлорату 6,7-дигідроксибензопірилію. Показано, що при заміні полярного розчинника менш полярним спостерігається батохромний зсув максимуму смуги поглинання похідних 6,7-дигідроксибензопірилію, що відповідає $n \rightarrow \pi^*$ електронному

переходу. Відзначено, що спостерігаються кореляції між положенням максимуму поглинання барвника і величинами параметрів Хансена й Камлета – Тафта, а також із донорними та акцепторними числами за Гутманом.



Роботу виконано в межах науково-дослідної теми «Розроблення та удосконалення комбінованих методів контролю якості фармацевтичних препаратів, продуктів харчування та об'єктів навколишнього середовища», державний реєстраційний номер: 0122U002302.

SOLVATOCHROMIC PROPERTIES OF SOME 6,7-DIHYDROXYBENZOPYRYLLIUM PERCHLORATE DERIVATIVES.

**O. M. Zhukovetska, O. M. Guzenko,
T. M. Scherbakova, D. V. Snigur**

*Odesa I.I. Mechnikov National University,
2 St. Dvoryanska, 65082 Odesa, Ukraine;
email: 270892denis@gmail.com*

The creation of new reagents based on benzopyrylium derivatives with improved chemical-analytical characteristics is of interest because their preparative synthesis is relatively simple and consists in the condensation of triatomic phenols with β -dicarbonyl compounds. Benzopyrylium derivatives are reactive compounds and are able to redox reactions, complexes formation with polyvalent metal ions, and are also prone to acid-base transformations in solutions. It should be noted separate-

ly that hydroxyderivatives of benzopyrylium during complex formation can turn into anhydro bases with a quinoid structure, which leads to a significant bathochromic shift of the absorption band and an increase in the contrast of analytical reactions. The current work is devoted to the study of solvatochromic properties of a number of 6,7-dihydroxybenzopyrylium perchlorate derivatives: 6,7-dihydroxy-2,4-dimethylbenzopyrylium, 6,7-dihydroxy-2-phenyl-4-methylbenzopyrylium and 6,7-dihydroxy-2,4-diphenylbenzopyrylium. The presented work is a continuation of research on synthesis, acid-base and complexation of 6,7-dihydroxybenzopyrylium derivatives. The influence of the nature of organic solvents was studied using the example of methanol, ethanol, n-propanol, iso-propanol, n-butanol, iso-butanol, n-pentanol, iso-pentanol, n-hexanol, n-heptanol, n-nonanol, decanol, dimethylformamide, dimethyl sulfoxide, tetrahydrofuran, acetonitrile, butyl acetate, toluene, and chloroform. It is shown that when a polar solvent is

replaced by a less polar one, a bathochromic shift of the maximum of the absorption band of 6,7-dihydroxybenzopyrylium derivatives is observed, which corresponds to the $n \rightarrow \pi^*$ electronic transition. It was noted that there is a satisfactory correlation ($R = 0.795-0.993$) between the position of the maximum absorption of the dye and the values of the Hansen parameter, Kamlet – Taft, donor and acceptor number according to Gutman.

Key words: spectrophotometry, solvatochromism, 6,7-dihydroxybenzopyrylium derivatives, Hansen parameter, Kamlet-Taft parameter, Gutman's donor and acceptor numbers.

ЛІТЕРАТУРА

1. Savvin S.B., Shtykov S.N., Mikhailova A.V. Organic reagents in spectrophotometric methods of analysis. *Russ. Chem. Rev.*, 2006. **75**(4). P. 341–349. <https://doi.org/10.1070/RC2006v075n04ABEH001189>
2. Марченко З., Бальдежак М. *Методы спектрофотометрии в УФ и видимой области в неорганическом анализе*. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2007. 711 с.
3. Tarafder P.K., Mondal R.K. A review on the complex forming ability of O-O' type ligands with transition metals: Introducing 2,3-dihydroxynaphthalene as a potential analytical reagent. *Rev. Anal. Chem.*, 2011. **30**(2) P. 73–81. <https://doi.org/10.1515/REVAC.2011.016>
4. Фиалков Ю. А. *Растворитель как средство управления химическим процессом*. Л.: Химия, 1990. 240 с.
5. Саввин С. Б., Кузин Э. Л. *Электронные спектры и структура органических реагентов*. М: Наука. 1974. 277 с.
6. Sabnis R. W. *Handbook of acid-base indicators*. Boca Raton: CRC Press. 2008. 416 p.
7. Snigur D., Barbalat D., Chebotarev A., Synievyd A., Bevziuk K. A rapid cloud point extraction of Molybdenum(VI) with 6,7-dihydroxy-2,4-diphenylbenzopyrylium perchlorate prior to its spectrophotometric determination. *Chem. Papers*, 2021. **75**: P. 1823–1830. <https://doi.org/10.1007/s11696-020-0143-6-3>.
8. Zhukovetska O.M., Guzenko E.M., Chebotarev A.N., Snigur D.V. Solid-phase spectrophotometric determination of Mo(VI) using organopolymeric cation exchange resin KU-2-8 modified by 6,7-dihydroxy-2-phenyl-4-methylbenzopyrylium chloride. *Methods Objects Chem. Anal.*, 2022. **17**: P. 10–16. <https://doi.org/10.17721/moca.2022.10-16>
9. Чеботарьов О. М., Топоров С. В., Снігур Д. В., Барбалат Д. О. Похідні 6,7- та 7,8-дигідроксисбензопірілію: синтез, властивості та аналітичне застосування (огляд). *Вісник ОНУ. Хімія*, 2021. **26**(2). С. 73–88. [https://doi.org/10.18524/2304-0947.2021.2\(78\).233829](https://doi.org/10.18524/2304-0947.2021.2(78).233829)
10. Оленович Н. Л., Базилевич А. А., Назаренко В. А., Танцюра Г. Ф. Спектрофотометрические характеристики и константы ионизации некоторых о-диоксихроменолов. *Журн. аналит. химии*, 1975. **30**(8). С. 1611–1614.
11. Оленович Н. Л., Галанець З. Г., Танцюра Г. Ф., Меншикова О. П. Визначення спектрофотометричних характеристик і констант іонізації деяких похідних о-діоксихроменолів. *Укр. хім. журн.*, 1977. **43**(12). С. 1327–1329.
12. Танцюра Г. Ф., Оленович Н. Л., Галанець З. Г., Гаврильченко А. І. Синтез і властивості деяких о-діоксихроменолів. *Укр. хім. журн.*, 1977. **43**(8). С. 883–884.
13. Танцюра Г. Ф., Плавецкая Т. Г. Использование в спектрофотометрии, синтез и свойства некоторых производных о-диок-

- схроменолов. *Журн. аналит. химии*, 1985. **40**(2). С. 228–231.
14. Снігур Д. В., Чеботарьов О. М., Барбалат Д. О., Щербакова Т. М. Синтез і хіміко-аналітичні характеристики фторовмісних похідних хлориду 6,7-дигідроксибензопірілію. *Укр. хім. журн.*, 2018. **84**(5). С. 50–55.
15. Snigur D., Barbalat D., Fizer M., Chebotarev A., Shishkina S. Synthesis and properties of 6,7-dihydroxybenzopyrylium perchlorate halogen derivatives: X-ray, spectroscopic and theoretical studies. *Tetrahedron*, 2020. **76**: 131514. <https://doi.org/10.1016/j.tet.2020.131514>
16. Reichardt C. *Solvents and solvent effects in organic chemistry*. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. 2003. 646 p.
17. Hansen C.M. *Solubility Parameters: a user's handbook*. CRC Press Taylor & Francis Group, 2007. 521 p.
6. Sabnis R. W. *Handbook of acid-base indicators*. Boca Raton: CRC Press, 2008, 416.
7. Snigur D., Barbalat D., Chebotarev A., Synievyyd A., Bevziuk K. A rapid cloud point extraction of Molybdenum(VI) with 6,7-dihydroxy-2,4-diphenylbenzopyrylium perchlorate prior to its spectrophotometric determination. *Chem. Papers*. 2021. **75**: 1823–1830. doi:10.1007/s11696-020-01436-3.
8. Zhukovetska O.M., Guzenko E.M., Chebotarev A.N., Snigur D.V. Solid-phase spectrophotometric determination of Mo(VI) using organopolymeric cation exchange resin KU-2-8 modified by 6,7-dihydroxy-2-phenyl-4-methylbenzopyrylium chloride. *Methods Objects Chem. Anal.* 2022. **17**: 10–16. doi: 10.17721/moca.2022.10-16.
9. Chebotaryov O.M., Toporov S.V., Snigur D.V., Barbalat D.O. 6,7- and 7,8-dihydroxybenzopyrylium derivatives: synthesis, properties and analytical applications (review). *Visn. Odes. nac. univ., Him.* 2021. **26**(2): 73–88. doi: 10.18524/2304-0947.2021.2(78).233829. (in Ukrainian).
10. Olenovich N.L., Bazilevich A.A., Nazarenko V.A., Tantsyura G.F. Spectrophotometric characteristics and ionization constants of some o-dioxychromenols. *J. Anal. Chem.* 1975. **30**(8): 1611–1614. (in Russian).
11. Olenovich N.L., Galanets Z.G., Tansyura G.F., Menshikova O.P. Determination of spectrophotometric characteristics and ionization constants of some o-dioxychrominol derivatives. *Ukr. Chem. J.* 1977. **43**(12): 1327–1329. (in Ukrainian).
12. Tansyura G.F., Olenovich N.L., Galanets Z.G., Gavrilchenko A.I. Synthesis and properties of some o-dioxychromenols. *Ukr. Chem. J.* 1977. **43**(8): 883–884. (in Ukrainian).
13. Tantsyura G.F., Plavetskaya T.G. Use in spectrophotometry, synthesis and properties of some o-dioxychromenols derivatives. *J. Anal.*

REFERENCES

1. Savvin S.B., Shtykov S.N., Mikhailova A.V. Organic reagents in spectrophotometric methods of analysis. *Russ. Chem. Rev.* 2006. **75**(4): 341–349. doi:10.1070/RC2006v075n04ABEH001189.
2. Marchenko Z., Balcezhak M. Methods of spectrophotometry in the UV and visible region in inorganic analysis. M.: BINOM. Laboratoriya znaniy. 2007. 711. (in Russian).
3. Tarafder P.K., Mondal R.K. A review on the complex forming ability of O-O' type ligands with transition metals: Introducing 2,3-dihydroxynaphthalene as a potential analytical reagent. *Rev. Anal. Chem.* 2011. **30**(2): 73–81. doi: 10.1515/REVAC.2011.016.
4. Fialkov Yu.A. Solvent as a means of controlling a chemical process. L.: Khimia, 1990. 240. (in Russian)
5. Savvin S.B., Kuzin E.L. Electronic spectra and structure of organic reagents. M: Nauka. 1974. 277. (in Russian).

- Chem.* 1985; 40(2): 228–231. (in Russian).
14. Snigur D.V., Chebotaryov O.M., Barbalat D.O., Shcherbakova T.M. Synthesis and chemical-analytical characteristics of fluorine-containing derivatives of 6,7-dihydroxybenzopyrylium chloride. *Ukr. Chem. J.* 2018. 84(5): 50–55. (in Ukrainian).
 15. Snigur D., Barbalat D., Fizer M., Chebotarev A., Shishkina S. Synthesis and properties of 6,7-dihydroxybenzopyrylium perchlorate halogen derivatives: X-ray, spectroscopic and theoretical studies. *Tetrahedron.* 2020. 76: 131514.
doi:10.1016/j.tet.2020.131514.
 16. Reichardt C. Solvents and solvent effects in organic chemistry. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. 2003. 646.
 17. Hansen C.M. Solubility Parameters: a user's handbook. CRC Press Taylor & Francis Group, 2007. 521.

Стаття надійшла 15.08.2023.