

Міністерство освіти і науки України
Уманський державний педагогічний університет
імені Павла Тичини

Валюк В.Ф., Пивоваренко В.Г.

**СИНТЕЗ І СПЕКТРАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ
ГЕКСАГІДРОДИЦИКЛОПЕНТАНО[*b,e*]ПРИДИНІВ, ЇХ СОЛЕЙ ТА
ДИГІДРОПОХІДНИХ**

Монографія

Умань 2016

УДК 547;542.06;541.65./654
ББК 24.2-5

Рецензенти:

Кобаса І. М. – доктор хімічних наук, професор, завідувач кафедри аналітичної хімії Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича.

Колендо О. Ю. – доктор хімічних наук, професор, завідувач кафедри хімії високомолекулярних сполук Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

Жиляк І. Д. – кандидат хімічних наук, доцент, завідувач кафедри хімії Уманського національного університету садівництва

*Рекомендовано до друку Вченою радою
Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини
Протокол № 5 від 22 грудня 2015 р.*

Валюк В.Ф. Синтез і спектральні властивості гексагідродигідродипентано[*b,e*]піридинів, їх солей та дигідропохідних: [монографія] / В.Ф. Валюк, В.Г. Пивоваренко. – Умань: Візаві, 2016. – 191 с.

У монографії наведена класифікація, фізичні і хімічні властивості та методи синтезу 8-арил-3,5-ді[(Е)-1-ариліден]-1,2,3,5,6,7-гексагідродигідродипентано[*b,e*]піридинів, їх гексаамінометильних, алкіл- та ацилпобідних, N-арил та N-алкілпіридинієвих солей, а також октагідродигідродипентано[*b,e*]піридинів.

Особлива увага приділена особливостям встановлення закономірностей між будовою синтезованих сполук та їх спектрально-флуоресцентними властивостями.

Представлені оригінальні результати нових досліджень перспективності використання отриманих люмінофорів як флуоресцентних зондів для моніторингу фізико-хімічних параметрів рідинних середовищ.

Робота складається з передмови, чотирьох розділів, висновків та містить інформацію, яка може зацікавити спеціалістів, інженерів та науковців, як довідник в області синтезу та використання гетероциклічних сполук, а також студентів вищих навчальних закладів – як підручник із курсу хімії гетероциклічних сполук.

V.F. Valyuk Synthesis and fluorescent properties of hexahydrodicyclopenta[*b,e*]-pyridines, their salts and dihydroderivatives: monograph / V.F .Valyuk. - Uman: Visavi, 2016 – P 191.

The book shows the classification, physical and chemical properties and synthesis methods of 8-aryl -3,5-d[(E)-1-arylidene]-1,2,3,5,6,7- hexahydrodicyclopenta[*b,e*]-pyridines, their hexaaminometyl, alkyl and acyl derivatives, N-aryl and N-alkylpyridin salts and oktahydrodytsyklopentano[*b, e*]pyridines.

Special attention is paid to the peculiarities of laws establishment between the structure of synthesized compounds and their spectral fluorescent properties.

Original results of new researches of the availability of using of gotten phosphors as fluorescent probes for monitoring of physical and chemical parameters of liquid environment are presented.

The work consists of a preface, four chapters, conclusions and contains information that can be interested for experts, engineers and scientists as a guide in the brunch of synthesis and use of heterocyclic compounds, as well as for university students - as a textbook for the course of chemistry of heterocyclic compounds.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	6
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1.	10
МЕТОДИ СИНТЕЗУ ДИЦИКЛОПЕНТАНОПІРИДИНІВ ТА ЇХ АНАЛОГІВ	
1.1. Конденсація альдегідів та кетонів з аміаком та амінами	10
1.1.1. Піридиновий синтез Чичибабіна	10
1.1.2. Синтез 8-арил-диариліден-1,2,3,5,6,7-гексагідродициклопентано[<i>b,e</i>]піридинів	11
1.1.3. Синтез бісгуанідинових сенсорів на основі гексагідродициклопентано[<i>b,e</i>]піридину	14
1.1.4. Високотемпературні реакції циклопентанону та його похідних з амінами	16
1.2 Використання 1,5-дикетонів в побудові дициклопентано-піридинової системи	20
1.2.1. Синтез дициклопентано-2,3,5,6-піридинів за допомогою диоксимів, дисемикарбазонів та δ -дикетонів	20
1.2.2. Конденсація 1,5-дикетонів з альдегідами та первинними амінами з утворенням N-заміщених продуктів: 1,2,3,4,5,6,7,8-октагідродициклопентано[<i>b,e</i>]піридинів та солей 1,2,3,5,6,7-гексагідродициклопентано[<i>b,e</i>]піридинію	21
1.2.3. Синтез штучних ферментів на основі дициклопентано-піридинової системи	30
1.2.4. Синтез 3-циклопентиліден-5-[(<i>E</i>)-1-арилметиліден]-1,2,3,5,6,7-гексагідродициклопентано[<i>b,e</i>]піридинів та їх похідних	33
1.2.5. Методи синтезу та спектральні характеристики 6-феніл-5,7-дигідроіндено[1,2- <i>b</i> :2,1- <i>e</i>]піридин-5,7-діонів	35
1.2.6. Біологічна активність окремих представників дигідропіридинів	39

РОЗДІЛ 2 .	40
СИНТЕЗ І ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОХІДНИХ ГЕКСАГІДРОДИЦИКЛОПЕНТАНО[<i>b,e</i>]ПІРИДИНІВ	
2.1. Синтез ариліденових похідних гексагідроциклопентано[<i>b,e</i>]піридинів	40
2.1.1. Використання альдоксимів у синтезі дициклопентано- [<i>b,e</i>]піридинів	42
2.1.2. Просторова будова гексагідроциклопентано- [<i>b,e</i>]піридинів	43
2.1.3. Диариліденциклопентанони – побічні продукти у синтезі гексагідроциклопентано[<i>b,e</i>]піридинів	48
2.1.4. Хроматомас-спектрометричний аналіз продуктів реакції трикомпонентної конденсації	50
2.1.5. Молекулярна геометрія та електронна будова 8-арил-3,5-ді[(<i>E</i>)-1-ариліден]-1,2,3,5,6,7-гексагідро- дициклопентано[<i>b,e</i>]піридинів	62
2.2 Модифікація структури гексагідроциклопентано- [<i>b,e</i>]піридинів	68
2.2.1. Амінометильні похідні дициклопентанопіридинів	71
2.2.2. Алкіл- та ацилпохідні дициклопентанопіридинів	62
2.2.3. Синтез полікарбоксільних похідних гексагідроцикло- пентано[<i>b,e</i>]піридинів	75
2.3 Синтез октагідроциклопентано[<i>b,e</i>]піридинів	77
2.3.1. Синтез N-арил- та N-алкілпіридинієвих солей	85
РОЗДІЛ 3	92
СПЕКТРАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ БАРВНИКІВ НА ОСНОВІ ДИЦИКЛОПЕНТАНО[<i>b,e</i>]ПІРИДИНУ	
3.1 Спектральні властивості похідних диариліденцикло- пентано[<i>b,e</i>]піридинів	92
3.1.1. Конформаційні ефекти в електронних спектрах гексагідро-	103

дициклопентано[<i>b,e</i>]піридинів	
3.2 Гексагідродициклопентано[<i>b,e</i>]піридини - нова група флуоресцентних рН-сенсорів	105
3.2.1. Спектрофотометричне і флуориметричне дослідження кислотно-основних властивостей дициклопентано[<i>b,e</i>]піридинів	105
3.2.2. Спектри поглинання та флуоресценції вільних і протонованих форм дициклопентано[<i>b,e</i>]піридинів	108
3.2.3. Протоноакцепторні властивості дициклопентанопіридинів	113
3.2.4. Фотоізомеризація дициклопентано[<i>b,e</i>]піридинів	119
3.3. Спектральні властивості октагідродициклопентанопіридинів	121
3.3.1. Фотоокиснення дигідропіридинів	128
РОЗДІЛ 4.	138
ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИКИ СИНТЕЗУ ГЕКСАГІДРОДИЦИКЛОПЕНТАНО[<i>b,e</i>]ПІРИДИНІВ, ЇХ СОЛЕЙ ТА ДИГІДРОПОХІДНИХ	
4.1. Вимірювання спектрів поглинання та флуоресценції	138
4.2. Хроматомас-спектрометричний аналіз реакційної суміші при отриманні дициклопентанопіридинів	139
4.3. Загальна методика синтезу 8-арил-3,5-ді[(<i>E</i>)-1-ариліден]-1,2,3,5,6,7-гексагідродициклопентано[<i>b,e</i>]піридинів	140
4.4. Загальна методика синтезу амінометильних похідних	149
4.5. Загальна методика синтезу ацильних похідних дициклопентано[<i>b,e</i>]піридинів	150
4.6. Загальна методика синтезу алкілпохідних дициклопентано[<i>b,e</i>]піридинів	154
4.7. Загальна методика синтезу 4-R-1,2,3,4,5,6,7,8-октагідродициклопентано[<i>b,e</i>]піридинів	160
4.8. Загальна методика синтезу N-метилпіридинієвих солей	165
4.9. Загальна методика синтезу diarиліденциклопентанонів	171
ВИСНОВКИ	173
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	175

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ДМФА	- диметилформаїід
ДМСО (DMSO)	- диметилсульфоксид
год	- година
хв.	- хвилина
^1H -ЯМР	- протонний магнітний резонанс
J, КССВ	- константа спін-спінової взаємодії
м. ч.	- мільйонна частка
ε	- молярний коефіцієнт екстинції
λ_{max}	- довжина хвилі в максимумі інтенсивності смуги
$\Delta\lambda_{\text{max}}$	- величина зміщення максимуму
ν	- хвильове число (частота)
δ	- хімічний зсув
$\Delta\nu$	- стоксів зсув смуги флуоресценції
ϕ	- квантовий вихід флуоресценції
τ	- час життя збудженого стану
K_f	- константа швидкості випромінювальної дезактивації
K_d	- константа швидкості безвипромінювальної дезактивації

ВСТУП

Люмінофори органічної природи знаходять широке застосування як сенсibilізатори, активні середовища рідинних лазерів, флуоресцентні мітки і зонди у медико-біологічних дослідженнях, де за їх допомогою вирішують цілий ряд прикладних та наукових задач.

Одним з важливих напрямків використання органічних люмінофорів є створення на їх основі флуоресцентних зондів для вивчення рідинних систем у тому числі - клітин і клітинних складових. Для цієї мети перспективними є ті люмінофори, спектральні характеристики яких чутливі до зміни фізико-хімічних параметрів середовища.

Одним з перспективних класів таких флуоресцентних барвників є гексагідродициклопентано[*b,e*]піридини. Дициклопентанопіридини є сполуками з крос-кон'югованою системою кратних зв'язків, де піридинове ядро виступає π -акцептором електронної густини. Їх електронна будова вказує на те, що вони можуть мати помітні сольватофлуорохромні властивості, оскільки перехід до збудженого стану має приводити до істотного перерозподілу електронної густини в молекулі, до збільшення її полярності. Враховуючи високу механічну жорсткість молекули, для них слід чекати достатньо високих квантових виходів флуоресценції у розчинах. Відносно простий шлях синтезу дає можливість легко модифікувати структуру дициклопентанопіридинів у потрібному напрямку. Наприклад, використовуючи альдегід на основі багатоядерної ароматичної системи, можна синтезувати барвник з великою довжиною кон'югованих зв'язків. Аналогічне похідне на основі ароматичного альдегіду, що містить хелатор іонів, може бути використане як флуоресцентний іонний індикатор. Протонування атома азоту піридинового ядра має привести до значної зміни положення смуг поглинання та емісії, що надасть барвнику рН-сенсорних властивостей.

Отже, похідні гексагідродициклопентано[*b,e*]піридину мають значні перспективи в дизайні флуоресцентних сенсорів різного призначення. В

представленій роботі стисло, але на сучасному рівні викладені методики синтезу і властивості 8-арил-3,5-ді[(*E*)-1-ариліден]-1,2,3,5,6,7-гексагідродициклопентано[*b,e*]піридинів, їх амінометильних, алкіл- та ацилпохідних, *N*-арил- та *N*-алкілпіридинієвих солей, а також октагідродициклопентано[*b,e*]піридинів; закономірності між будовою синтезованих сполук та їх спектрально-флуоресцентними властивостями; перспективності використання отриманих люмінофорів як флуоресцентних зондів для моніторингу фізико-хімічних параметрів рідинних середовищ. Визначенно конформації синтезованих сполук у розчинах шляхом порівняння хімічних сигналів у спектрах ¹H-ЯМР.

Встановлено, що найбільш планарну конформацію мають сполуки з п'ятичленними гетероароматичними замісниками. Якщо замісники є шестичленними ароматичними циклами, вони виходять із площини молекули на кут, при якому зберігається кон'югація між окремими частинами молекули. Знайдено і пояснено залежність положення смуги емісії та величини квантового виходу флуоресценції від хімічної будови, від конформації молекули у розчині, а також від природи розчинника. Показано, що обидві форми похідних дициклопентано[*b,e*]піридину – вільна і протонувана, здатні до флуоресценції і мають високі квантові виходи. Положення максимумів поглинання та емісії вільної і протонуваної форм цих сполук можна змінювати, вводячи електродонорні або електроакцепторні замісники в бічні ароматичні кільця. Таким же чином точку кислотно-основного переходу (pK_a) цих індикаторів можна регулювати в межах від 2 до 12 як у спектрофотометричних, так і спектрофлуориметричних дослідженнях. Встановлено, що завдяки значному розділенню смуг нейтральної і протонуваної форм у спектрах поглинання та флуоресценції, дициклопентано[*b,e*]піридини можуть бути успішно використані в пристроях для виміру кислотності середовища з раціометричним принципом реєстрації сигналу.

ВИСНОВКИ

Похідні піридину конденсованої будови відіграють помітну роль у життєдіяльності організмів, і цим викликають інтерес у науковців, які зайняті пошуком нових біологічно активних сполук.

Беручи до уваги широкий спектр застосування сполук класу дициклопентанопіридинів, було синтезовано ряди 8-арил-3,5-ді[(E)-1-ариліден]-1,2,3,5,6,7-гексагідродициклопентано[b,e]піридинів із замісниками різної геометрії та електронної природи в положеннях 3-, 5- та 8, модифіковано їх структуру шляхом синтезу три- та гексаамінометильних, алкіл- та ацилпохідних. Розроблено зручний і ефективний метод синтезу октагідродициклопентано[b,e]піридинів та зручний двоколбовий варіант синтезу відповідних піридинієвих солей. На основі результатів хроматомас-спектрометричного аналізу реакційної суміші вдосконалено методику синтезу гексагідродициклопентано[b,e]піридинів.

Симетрія молекули дициклопентанопіридинів призводить до того, що сигнали протонів двох ариліденових залишків у їх спектрах ^1H -ЯМР попарно співпадають. Внаслідок цього вони відрізняються за інтенсивністю від сигналів протонів арильного залишку. Завдяки такій унікальній особливості в будові знайдено можливість визначення конформації 8-арил-3,5-ді[(E)-1-ариліден]-1,2,3,5,6,7-гексагідродициклопентано[b,e]піридинів у розчинах шляхом порівняння хімічних зсувів сигналів у їх спектрах ^1H -ЯМР.

Спектроскопічні дані свідчать, що найбільш планарну конформацію мають сполуки з п'ятичленими гетероароматичними замісниками. Якщо замісники є шестичленими ароматичними циклами, вони виходять із площини молекули на кут, при якому зберігається кон'югація між окремими частинами молекули. У разі виникнення додаткових стеричних утруднень (*орто* – замісник у бічних кільцях) планарність стирильних фрагментів і особливо – кон'югація піридинового ядра з циклом у положенні 8 помітно зменшується.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Lakowicz J.R. Topics in Fluorescence Spectroscopy / J.R. Lakowicz. – Plenum Press, New York, 1994. – 520 p.
2. Valeur B. Molecular fluorescence / B. Valeur. – Wiley VCH, Weinheim, 2002. – 408 p.
3. Добрецов Г.Е. Флуоресцентные зонды в исследовании биологических мембран / Г.Е. Добрецов. – М.: Наука, 1989. – 278 с.
4. Silva A.P. Signaling recognition events with fluorescent sensors and switches / A.P. Silva, H.N. Gunaratne, T. Gunnlaugsson, A.M. Huxley, C.P. McCoy, J.T. Rademacher // Chem Rev. – 1997. – №97. – P. 1515–1566.
5. Valeur B. Design principles of fluorescent molecular sensors for cation recognition / B. Valeur, I. Leray // Coordination Chem. Rev. – 2000. – №205. – P. 3–40.
6. Krasovitskii B.M. Organic Luminescent Materials / B.M. Krasovitskii, B.M. Bolotin. – VCH GmbH, Weinheim, Germany, 1988. – 393 p.
7. Barnabas M.V. Solvent effects on the photochemistry of a ketocyanine dye and its functional analogue, Michler's ketone / M.V. Barnabas, A. Liu, A.D. Trifunac, V.V. Krongauz, C.T. Chang // J. Phys. Chem. – 1992. – №96. – P. 212–217.
8. Haugland R.P. Handbook of Fluorescent Probes and Research Products / R.P. Haugland. – Eighth Edition, Molecular Probes, Inc., 1998. – 876 p.
9. Doroshenko A.O. Bis-Azacrown Derivative of Di-Benzylidene-Cyclopentanone as Alkali Earth Ion Chelating Probe: Spectroscopic Properties, Proton Accepting ability and Complex Formation with Mg²⁺ and Ba²⁺ Ions / A.O. Doroshenko, A.V. Grigorovich, E.A. Posokhov, V.G. Pivovarenko, A.P. Demchenko // Molecular Engineering. – 1999. – Vol. 8. – P. 199–215.
10. Doroshenko A.O. Complex formation between azacrown derivatives of dibenzylidenecyclopentanone and alkali–earth metal ions / A.O. Doroshenko, A.V.

Grigorovich, E.A. Posokhov, V.G. Pivovarenko, A.P. Demchenko // Russ Chem. Bull., Intl. Edition. – 2001. – Vol. 50, № 3. – P. 404–412.

11. Pivovarenko V.G. Bands separation in fluorescence spectra of ketocyanine dyes: evidence for their complex formation with monohydric alcohols / V.G. Pivovarenko, A.V. Klueva, A.O. Doroshenko, A.P. Demchenko // Chem. Phys. Lett. – 2000. – Vol. 325. – P. 389–398.

12. Чичибабин А.Е. Конденсация уксусного альдегида с аммиаком в присутствии окиси алюминия / А.Е. Чичибабин, П.А. Мошкин, Л.С. Тяжелова // ЖРХО. – 1920. – №54. – С. 413–526.

13. Чичибабин А.Е. Конденсация альдегидов и циклических кетонов с аммиаком / А.Е. Чичибабин, Д.И. Орочко // ЖРХО. – 1930. – №62. – С. 1201–1223.

14. Tchitchibabine A.E. Us syntheses dans la serie de la pyridine / A.E. Tchitchibabine // Bull. soc. chim., France – 1936. – Vol. 5, №3. – P. 762–782.

15. Tchitchibabine A.E. Sur les reactions de condensation des aldehydes et cetonnes avec l'ammoniaque en bases pyridiques. Condensation des aldehydes acetique et crotonique / A.E. Tchitchibabine // Bull. soc. chim. France. – 1937. – Vol. 5, №4. – P. 1826–1838.

16. Tchitchibabine A.E. Sur les reactions de condensation des aldehydes et cetonnes avec l'ammoniaque en bases pyridiques. Condensation avec les cetonnes cycliques / A.E. Tchitchibabine // Bull. soc. chim., France. – 1939. – Vol.5, №6. – P. 522–532.

17. Baliah V. Synthesis of some 3-azabicyclo[3.3.1]nonanes / V. Baliah, R. Jeyaraman // Indian J. Chem. – 1971. – Vol. 9. – P.1020–21.

18. Baliah V. Synthesis of some azabicyclic ketones / V. Baliah, R. Jeyaraman, R. Usha // Indian J. Chem. – 1977. – Vol. 15B. – P.90–98.

19. Baliah V. Synthesis of some azabicyclooctene derivatives through a selective Hofmann degradation of 2,4-diphenyl-3-azabicyclo[3.3.1]nonan-5-one / V. Baliah, R. Jeyaraman // Indian J. Chem. – 1977. – Vol. 15B. – P. 791–797.

20. Baliah V. 8-Aryl-3,5-diarylidene-1,2,6,7-tetrahydro-dicyclopenta[*b,e*]pyridines by the Condensation of Cyclopentanone with Substituted Benzaldehydes in the Presence of Ammonium Acetate / V. Baliah, R. Jeyaraman // Indian J. Chem. – 1977. – Vol. 15B. – P.797–799.
21. Allinger N.L. Conformational analysis – an improved force field for the calculation of the structures and energies of carbonyl compounds / N.L. Allinger, M.T. Tribble, M.A. Miller // Tetrahedron. – 1972. – Vol. 28. – P. 1173–1191.
22. Ganapathy K. Mass Spectral Studies of 8-Aryl-3,5-diarylidene-1,2,6,7-tetrahydro-dicyclopenta[*b,e*]pyridines / K. Ganapathy R. Jeyaraman // Indian J. Chem. – 1979. – Vol. 17B. – P.389–390.
23. Kneeland D.M. Bis(alkylguanidinium) receptors for phosphodiester: effect of counterions, solvent mixtures, and cavity flexibility on complexation / D.M. Kneeland, K. Ariga, V.M. Lynch // J. Am. Chem. Soc. – 1993. – Vol. 115, №22. – P. 10042–10055.
24. Perreault D.M. Using guanidinium groups for the recognition of RNA and as catalysts for the hydrolysis of RNA / D.M. Perreault, L.A. Cabell, E.V. Anslyn // Bioorganic & Medicinal Chemistry. – 1997. – Vol.5, №6. – P. 1209–1220.
25. Epszajn J. Cycloalkenes fused with heterocyclic rings. Part XXX. Basicity of cycloalkeno[*b*] – and cycloalkeno[*c*]pyridines / J. Epszajn, R. Marcinkowski // Polish Journal of Chemistry. – 1979. – Vol. 53, № 3. – P. 601–609.
26. Papageorgiou G. Reactions of acenaphthylene-1,2-quinone monoxime with some phosphorus ylides. Synthesis of acenaphtho[1,2-*x*]fused compounds / G. Papageorgiou, D. Nicolaides // Liebigs Annalen der Chemie. – 1989. – Vol. 4. – P. 397–399.
27. Edgar O.B. High-temperature(300–350 °C) reactions of cyclopentanone and some of its derivatives with ammonia and aliphatic amines / O.B. Edgar, D.H. Johnson // J. Chem. Soc. – 1958. – Vol. 2. – P. 3925–3939.
28. Bis(cycloalkeno)pyridines /Gold D., Scheideanstalt S., Roessler F. / Eur. Pat.(Belg.), (AN 1978:563427), Appl. BE 19776046133, 1978, 11 pp. – Цит. по: Chem. Abstr. – 1978. – Vol. 131. – 858391.

29. Thummel R.P. Preparation and Properties of Annelated Pyridines / R.P. Thummel, D.K. Kohli // *J. Org. Chem.* – 1977. – Vol. 42, № 16. – P. 2742–2747.
30. 2,3-Cycloalkano-4-amino-6,7-dihydro-5H-1-pyridines having neurotropic activity / Upadysheva A.V., Grigor'eva N.D., Znamenskaya A.P., Lavretskaya E.F., Saratkov A.S., Sarkisyan D.A., Gorshkova V.K. / SU USSR. (C 07 D 221/16, [19752146400]), 30 March 1977, 6 pp. – Цит. по: *Chem. Abstr.* – 1977. – Vol. 110. – 552328
31. Гончаренко С.Б. Константы ионизации лекарственных препаратов амиридина и акридина и их аналогов / С.Б. Гончаренко, М.М. Каганский, Ю.Н. Портнов, В.Г. Граник // *Химико-Фармацевтический Журнал.* – 1992. – Т. – 26, № 9–10. С. 83–85.
32. Streitwiser A., Ziegler G.R., Mowery P.C., Lewis A., Lamber R.G. The crystal and molecular structure of the 1:1 adduct of antimany (V) fluoride and sulfur dioxide / A. Streitwiser, G.R. Ziegler, P.C. Mowery, A. Lewis, R.G. Lamber // *J. Amer. Chem. Soc.* – 1968. – Vol. 90. – P. 1357–1358.
33. Carboxylic acid salts of tetrahydroquinolines and pyridine derivatives / Charles A., Curran A., Ward C. / U.S. 3963722 (CI C 07 D 215/48 [19750638739]), Appl. 19751208, 08 March 1977, 6 pp. – Цит. по: *Chem. Abstr.* – 1977. – Vol. 118. – 4011228.
34. Magnesium halide derivatives of tetrahydroquinolines / Charles A., Curran A., Ward C. / U.S. 3,963,722 (CI C 07 D 215/16 [19741122]), Appl. 19740526, 15 June 1976, 6 pp. – Цит. по: *Chem. Abstr.* – 1994. – Vol. 121. – 3963722.
35. Tabyaoui B. Synthesis and thermolysis of cycloalkenyl azides and iminophosphorane aldehydes. A new pathway to bisannulated pyridines / B. Tabyaoui, T. Aubert, M. Farnie, R. Guillard // *Synthetic Communications.* – 1988. – Vol. 18, № 13. – P. 1475–1482.
36. Colonge J. Etude sur les δ -dicetones bicycliques. Passage aux composés pyridiniques / J. Colonge, J. Dreux, H. Delplace // *Bull. Soc. Chim. Fr.* – 1957. – Vol. 8. – P. 447–449.

37. Кривенько А.П. Насыщенные азотсодержащие гетероциклы. Синтез и пространственное строение N-R- дициклопентано[b,e]пиперидинов / А.П. Кривенько, О.В. Федотова, Т.Г. Николаева, Н.Т. Комягин // ХГС. – 1988. – №8. – С. 1094–1099.
38. Каминский В.А. О взаимодействии 2,2¹- метиленициклопентанона с анилином / В.А. Каминский, М.Н. Тиличенко // ЖОХ. – 1969. – Т. 5, № 1–2. – С. 186–187.
39. Саверченко А.Н. Реакция 1,5-дикетонов. Взаимодействие алициклических 1,5-дикетонов с первичными алифатическими аминами / А.Н. Саверченко, З.Р. Беккерова, В.А. Каминский, М.Н. Тиличенко // ХГС. – 1974. – № 2. – С. 243–246.
40. Саверченко А.Н. Реакции 1,5-дикетонов. Взаимодействие 2,3-тетраметилен-4-R-бицикло[3,3,1]нонанон-9-олов-2 с анилином / А.Н. Саверченко, В.А. Каминский, М.Н. Тиличенко // ХГС. – 1973. – №3. – С. 384–386.
41. Lucas A. A new synthetic approach to N-substituted 1,4-dihydropyridines / A. Lucas, J. Fernández-Gadea, N. Martín, C. Seoane // Tetrahedron. – 2001. – Vol. 57, № 26. – P. 5591–5595.
42. Каминский В.А. Взаимодействие 2,2¹ – метиленициклогексанона с первичными аминами в присутствии CCl₄ / В.А. Каминский, А.Н. Саверченко, М.Н. Тиличенко // ЖОХ. – 1970. – Т. 6, №2. – С. 404–405.
43. Каминский В.А. Гидроакридины и родственные соединения. N-замещенные 2,3,5,6-бистриметиленпиперидины и 2,3-триметиленридроксинолины / В.А. Каминский, А.Н. Саверченко, М.Н. Тиличенко // ХГС. – 1979. – № 9. – С. 1251–1254.
44. Высоцкий В.И. Реакция метиленициклогексанона и трициклогексанона с ацетатом аммония в уксусной кислоте / В.И. Высоцкий, М.Н. Тиличенко // ХГС. – 1969. – №6. – С. 751–752.

45. Каминский В.А. Диспропорционирование N–R–дегидроакридинов и N–R–додегидроакридинов / В.А. Каминский, А.Н. Саверченко, М.Н. Тиличенко // ХГС. – 1970. – №11. – С. 1538–1541.
46. Тиличенко М.Н. Конденсация бис(2–оксоциклогексил)метана и 2–окситрицикло[7.3.1.0^{2,3}]тридекан–13–она с ароматическими альдегидами / М.Н. Тиличенко, Н.Н. Минаева // ЖОХ. – 1983. – №19. – С. 25616–2523.
47. Marimuthu A.D. A novel application of the oxidizing properties of urea nitrate and peroxydisulfate–cobalt(II): aromatization of NAD(P)H model Hantzsch 1,4–dihydropyridines / A.D. Marimuthu, T.A. Muralidharan, T.P. Paramasivan // Tetrahedron. – 2002. – Vol. 58, № 25. – P. 5069–5073.
48. Харченко В.Г. 1,5–Дикетоны / В.Г. Харченко, С.И. Чалая. – М.: Саратов, 1977. – 50 с.
49. Маслов К.В. Окислительно–восстановительные превращения производных 1,4–дигидропиридина и 4Н–пирана при взаимодействии алициклических 1,5–дикетонов с 4–аминобензолом / К.В. Маслов, Т.И. Акимова, В.А. Каминский // ХГС. – 2002. – № 4. – С. 482–486.
50. Маслов К.В. Окислительно–восстановительные превращения производных 1,4–дигидропиридина при взаимодействии алициклических 1,5–дикетонов с нитроанилинами / К.В. Маслов, А.Г. Егоров, Т.И. Акимова, В.А. Каминский // ХГС. – 2002. – № 5. – С. 642–646.
51. Thummel R.P. Polyaza Cavity Shaped Molecules. Annelated Derivatives of 2,2:6,2– Terpyridine / R.P. Thummel, J. Yurngdong // J. Org. Chem. – 1985. – Vol. 50, №.14. – P. 2407–2412.
52. Hegde V. Design of receptors for Urea Derivatives Based on the Pyrido[3,2–g]indole Subunit / V. Hegde, C.Y. Hung, P. Madhukar R. Cunningham, T. Hopfner, R. P. Thummel // J. Am. Chem. Soc. – 1993. – Vol. 115. – P. 872–878.
53. Sobolev A. Candida antarctica lipase–catalyzed hydrolysis of 4–substituted bis(ethoxycarbonylmethyl) 1,4–dihydropyridine–3,5–dicarboxylates as the key step in the synthesis of optically active dihydropyridines / A. Sobolev, M.R.

Franssen, N. Makarova, A. Groot // *Tetrahedron: Asymmetry*. – 2000. – Vol. 11, № 22. – P. 4559–4569.

54. Keuper R. Facile synthesis of polycyclic pyridines, bipyridines, and oligopyridines / R. Keuper, N. Risch // *Liebigs Annalen*. – 1996. – Vol. 5. – P. 717–723.

55. Westerwelle U. N. β -Amino ketones as key intermediates in the synthesis of pyridines: a novel and efficient route to annelated bi- and terpyridines / U. Westerwelle, A. Esser, N. Risch // *Chemische Berichte*. – 1991. – Vol. 124, № 3. – P. 571–576.

56. Тиличенко М.Н. Реакции 1,5-дикетонов. Щелочная конденсация бис(2-оксоциклопентил)метана с ароматическими альдегидами / М.Н. Тиличенко, Т.И. Акимова // *ЖОрХ*. – 1986. – Т.22, №9. – С. 1921–1922.

57. Катрицкий А.Р. Физические методы в химии гетероциклических соединений / А.Р. Катрицкий. – Л.: Химия, 1966. – 783 с.

58. Тиличенко М.Н. Конденсация бис(2-оксоциклогексил)метана с ароматическими альдегидами и свойства полученных бис(3-арилиден-2-оксоциклогексил)метанов / М.Н. Тиличенко, Н.Н. Минаева // *ЖОрХ*. – 1983. – Т.19, №12. – С. 2516–2523.

59. Минаева Н.Н. Щелочная конденсация метил(фенил)-бис(2-оксоциклогексил)метанов с ароматическими альдегидами и свойства полученных 4а-окси-5-арилиден-9-метил(фенил)-1,2,3,4,4а,5,6,7,8,9а-декагидроксантенов / Н.Н. Минаева, М.Н. Тиличенко // *ЖОрХ*. – 1986. – Т.22, №9. – С. 1915–1920.

60. Тиличенко М.Н. Конденсация альдегидов и кетонов. Синтез и некоторые реакции 1,5-дикетонов, полученных на основе 2-(1-циклогексинил)циклогексанона и 2-циклопентилиденциклопентанона / М.Н. Тиличенко, Т.И. Акимова // *ЖОрХ*. – 1990. – Т.26, №6. – С. 1249–1257.

61. Gill N.S. Acylethylation with ketonic Mannich bases. The synthesis of some diketones, ketonic sulfides, mitroketones and pyridines / N.S. Gill, K.B.

James, F. Lions, K.T. Potts // *J. Am. Chem. Soc.* – 1952. – Vol.74. – P. 4923–4927.

62. Павелъ Г.В. Реакции 1,5–дикетонов. 1,5–Дикетоны инданового ряда и их переход в инданопиридины / Г.В. Павелъ, М.Н. Тиличенко, Л.Б. Смелик, Г.А. Рогачева // *ЖОрХ.* – 1985. – Т.21, №4. – С. 882–886.

63. Risch N. New method for preparing condensed pyridines / N. Risch, R. Esser // *Synthesis.* – 1988. – Vol. 4. – P. 337–339.

64. Afsah E.M. A study on the Mannich reaction with 1,3–indandione / E.M. Afsah, M.N. Hammouda, M.M. Khalifa // *Chemical Sciences.* – 1990. – Vol. 45, № 7. – P. 1055–1058.

65. Ванаг Г.Я. Имины и поликетоны. Бензоиндандион / Г.Я. Ванаг, Е.И. Станкевич, Е.Я. Грен // *ЖОХ.* – 1957. – №27. – С. 2733–2736.

66. Джета Л. Циклизация дииндандионилметана / Л. Джета, Г. Ванаг // *ЖОХ.* – 1957. – №27. – С. 977–980.

67. Ванаг Г.Я. Полициклические гетероциклические соединения. 4–Фенилдибензолиденпиридин / Г.Я. Ванаг, Е.И. Станкевич, Е.Я. Грен // *Изв. ВШ. Хим. и химич. технолог.* – 1959. – №2. – С. 210–214.

68. Дубур Г. Полициклические гетероциклические соединения. XV. 4–Фенил–2,3(СО)–6,5(СО)–дибензоилен–1,4–дигидропиридины и их окисление в серебряные соли / Г. Дубур, Г. Ванаг // *Изв. АН Латв.ССР. Сер. хим.* – 1962. – № 2. – С. 287–294.

69. Джета Л. Циклизация дииндандионилалканов / Л. Джета, Г. Ванаг // *Изв. АН ЛатвССР. Сер. хим.* – 1962. – № 1. – С. 235–238.

70. Дубур Г. Некоторые производные дибензоиленизоникотиновой кислоты и дибензоиленпиридина / Г. Дубур, Г. Ванаг // *Изв. АН ЛатвССР. Сер. хим.* – 1962. – № 1. – С. 125–129.

71. Дубур Г. Дибензоилендигидроизоникотиновая и дибензоиленизоникотиновая кислоты / Г. Дубур, Г. Ванаг // *Изв. АН ЛатвССР. Сер. хим.* – 1962. – № 1. – С. 119–124.

72. Дубур Г. Внутримолекулярная обратимая циклизация амидов *o*-[2,3(CO),6,5(CO)-дibenзоиленизоникотиноил]безойной кислоты / Г. Дубур, Г. Ванаг // Изв. АН ЛатвССР. Сер. хим. – 1961. – № 2. – С. 235–240.
73. Дубур Г. Внутримолекулярная обратимая циклизация амидов 8-[2,3-(CO)-6,5(CO)-дibenзоилен-4-пиридил]-1-нафтойной кислоты / Г. Дубур, Г. Ванаг // Доклады Академии Наук СССР. – 1960. – № 134. – С. 1356–1359.
74. Chatterjea J.N. Synthesis in the 4-azafluorene group / J.N. Chatterjea, S.C. Shaw, S.N. Singh // J. Ind. Chem. Soc. – 1978. – Vol. 55, № 2. – P. 149–153.
75. Borsche W. Polynuclear condensed systems with heterocyclic rings / W. Borsche, H. Hahn // Ann. – 1939. – Vol. 537. – P. 219–45.
76. Ванаг Г.Я. Многоядерные гетероциклические соединения. Структура и цветность некоторых производных 4-фенилдibenзоиленпиридина / Г.Я. Ванаг, Е.И. Станкевич, Е.Я. Грен // ЖОХ. – 1960. – №30. – С. 1620–1627.
77. Джета Л. 4-Арилдibenзоилен-1,4-дигидропиридины и их инфракрасные спектры / Л. Джета, Р. Гайле, Г. Ванаг // ХГС. – 1967. – № 1. – С. 327–332.
78. Киприанов А.И. К вопросу о влиянии растворителя на окраску органических красящих веществ / А.И. Киприанов, В. Е. Петрунькин // ЖОХ. – 1940. – №10. – С. 613–619.
79. Киприанов А.И. Влияние растворителя на окраску органических красящих веществ / А.И. Киприанов, Е.С. Тимошенко // ЖОХ. – 1947. – №17. – С. 1468.
80. Awad W.I. Synthetic studies of some substituted indeno- and diindeno-5-oxo[1,2-b]pyridines / W.I. Awad, S.A. El-Abbady, A.H. Moustafa // Egyptian Journal of Chemistry. – 1983. – Vol. 26, №1. – P. 91–96.
81. Джета Л. Конденсация 1,3-индандиона с фурфуролом и 5-нитрофурфуролом / Л. Джета, Г. Ванаг // Изв. АН ЛатвССР. Сер. хим. – 1960. – № 3. – С. 93–102.
82. Гудринице Э.Ю. Многоядерные гетероциклические системы на базе бис(2-оксиметил-1,3-индандион-2-ил)метана / Э.Ю. Гудринице, Я.Я.

Паулиньш, М.В. Петрова, А.Х. Карклия // Изв. АН ЛатвССР. Сер. хим. – 1987. – № 5. – С. 610–612.

83. Kandeel N. Synthesis of some new functionalized dihydropyridines, 5-oxoindeno[1,2-b]pyridines and related compounds of potential pharmaceutical interest / N. Kandeel, M. Ezeldin // Bulletin A. Chem. – 2000. – Vol. 2, № 27. – P. 35–49.

84. Desai B. Synthesis and QSAR Studies of 4-Substituted phenyl-2,6-dimethyl-3, 5-bis-N-(substituted phenyl)carbamoyl-1,4-dihydropyridines as potential antitubercular agents / B. Desai, D. Sureja, Y. Naliapara // Bioorganic & Medicinal Chemistry. – 2001. – Vol. 9, № 8. – P. 1993–1998.

85. Bossert F. 4-Aryldihydropyridines, a new class of highly-active calcium-antagonists / F. Bossert, H. Meyer, E. Wehinger // Angewandte Chemie International Edition in English. – 1981. – Vol. 20, №9. – P. 762–769.

86. Nayler W.G. Calcium Antagonists / W.G. Nayler. – London: Academic Press, 1988. – 589 p.

87. Parnes H. Synthesis of high specific activity tritiated dihydropyridines – nifedipine-H-3 / H. Parnes, G. Huang // Journal of Labelled compounds & Radiopharmaceuticals. – 1991. – Vol. 29, №1. – P. 87–93.

88. Velazquez C.D. Syntheses, calcium channel modulation effects, and nitric oxide release studies of O-2-alkyl-1-(pyrrolidin-1-yl)diazen-1-ium-1,2-diolate-4-aryl(heteroaryl)-1,4-dihydro-2,6-dimethyl-3-nitropyridine-5-carboxylates / C.D. Velazquez, E.E. Knaus // Drug Development Research. – 2003. – Vol. 6, №3. – P. 204–216.

89. Лавретская Э.Ф. Анальгетики и блокаторы кальциевых каналов / Э.Ф. Лавретская, С.Е. Меткалова // Известия Академии Наук СССР. – 1988. – Т. 3. – С. 368–373.

90. Лавретская Э.Ф. Нейростимуляторы и блокаторы кальциевых каналов / Э.Ф. Лавретская, П.М. Балабан, И.С. Захаров, В.П. Тимашов // Известия Академии Наук СССР. – 1988. – Т. 1. – С. 86–90.

91. Упадышева А.В. Синтез и нейрофармакологическая активность 2,3-замещенных 4-амино-6,7-дигидро-5Н-1-пиридинов / А.В. Упадышева, Н.Д. Григорьева, А.П. Знаменская, Д.А. Саркисян // Химико-Фармацевтический журнал. – 1977. – Т. 11, № 2. – С. 40–44.
92. Sotiropoulos J.E. Synthesis of derivatives of tetrahydroxanthone, tetrahydroacridone, tetrahydroacridine and octahydroacridine from (+)-camphor / J.E. Sotiropoulos, N.D. Batouti, A.M. Lamazouere // Journal of Heterocyclic Chemistry. – 1987. – Vol. 24, № 4. – P. 907–912.
93. Keuper R. A versatile domino synthesis affording novel S- and U-shaped terpyridines. Synthesis, properties, and crystal structure / R. Keuper, N. Risch, U. Floerke // Liebigs Annalen. – 1996. – Vol. 5. – P. 705–715.
94. Katano K. Synthesis and biological activity of (cyclopentenopyridinium)thiomethylcephalosporins / K. Katano, H. Ogino K. Iwamatsu, S. Nakabayashi // Journal of Antibiotics. 1990. – Vol. 43, № 9. – P. 1150–1159.
95. Kandeel E.M. Synthesis of some new functionalized pyridines, 5-oxoindeno[1,2-*b*]pyridines and related compounds of potential pharmaceutical interest / E.M. Kandeel // Science Bulletin. – 2000. – Vol. 27, № 2. – P. 35–49.
96. Bartocci G. Conformational equilibria and photophysical behavior of styrylpyridines – excitation–energy effects in fluid and rigid solutions / G. Bartocci, R. Mazzucato // Journal of Luminescence. – 1982. – Vol. 27, № 2. – P. 163–175.
97. Marconi G. Role of internal–conversion on the excited–state properties of trans–styrylpyridines / G. Marconi, G. Bartocci, U. Mazzucato // Chemical Physics. – 1995. – Vol. 196, № 1–2. P. 383–393.
98. Hsu M. Characterization of cured polystyrylpyridine by model compounds / M. Hsu, M. Rosenberg, J. Parker, A. Heimbuch // Journal of Applied Polymer Science. – 1981. – Vol. 26, № 6. – P. 1975–1987.

99. Giglio L. Photophysics and photochemistry of 2,6–distyrylpyridine and some heteroanalogues / L. Giglio, U. Mazzucato, G. Musumarra // *Physical Chemistry Chemical Physics*. – 2002. – Vol. 18. – P. 4005–4012.
100. Percino M.J. X–ray crystal structure of 2–styrylpyridine / M.J. Percino, V.M. Chapela, M. Salmon / M.J. Percino, A. Flores // *Journal of Chemical Crystallography*. – 1997. – Vol. 27, № 9. – P. 549–552.
101. Dewar M.S. AM1: A New General Purpose Quantum Mechanical Molecular Model / M.S. Dewar, E.G. Zoebich, E.F. Healy // *J. Amer. Chem. Soc.* – 1985. – Vol. 107. – P. 3902–3908.
102. Günther H. NMR Spectroscopy. An Introduction / H. Günther. – Wiley&sons. Chichester–NY–Brisbane–Toronto, 1984. – 388 p.
103. Pivovarenko V.G. Structurally rigid 2,6–distyrylpyridines – a new class of fluorescent dyes. 1. Synthesis, steric constitution and spectral properties / V.G. Pivovarenko, A.V. Grygorovych, V.F. Valuk, A.O. Doroshenko // *J. Fluorescence*. – 2003. – Vol. 13, № 6. – P. 479–487.
104. Валюк В.Ф. 3,5–Диарилідендициклопентано[*b,e*]піридини – новий клас флуоресцентних барвників. 2. Синтез і визначення конформації в розчинах. Триазакраун– та гексаамінометилзаміщені похідні / В.Ф. Валюк, О.В. Григорович, А.О. Дорошенко, В.Г. Пивоваренко // *Ukr. Bioorg. Acta*. – 2004. – Vol. 1. – P. 79–89.
105. Фрасинюк М.С. Химия гетероаналогов изофлавонов. Реакция Маниха в ряду бензимидазольных и бензтиазольных аналогов изофлавонов / М.С. Фрасинюк, А.В. Туров, В.П. Хиля // *ХГС*. – 1998. – №8. – P. 1078–1084.
106. Общая органическая химия / [Под. ред. Д. Бартона и У.Д. Оллиса. Т 8. Азотсодержащие гетероциклы]. – М.: Химия, 1985. – 752 с.
107. Титце Л. Препаративная органическая химия: Реакции и синтезы в практикуме органической химии и научно–исследовательской лаборатории / Л. Титце, Т. Айхер. – М.: Мир, 1999. – 704 с.

108. Иванский В.И. Химия гетероциклических соединений: Учеб. пособие для ун-тов. / В.И. Иванский – М.: Высш. школа, 1978. – 559 с.
109. Гордон А., Форд Р. Спутник химика / А. Гордон, Р. Форд. – М.: Мир, 1976. – 541 с.
110. Hantzsch A. Ueber die Condensation von Acetessigsäuremethyläther mit Aldehydammoniak / A. Hantzsch // Berichte – 1883. – Vol. 7. – P. 1946–1953.
111. Knyazhansky M.I. Adiabatic structural relaxation in heterocyclic nitrogen-containing cations The structure, absorption and fluorescence of the 2,4,6-triaryl-substituted pyridinium cations / M.I. Knyazhansky, V.A. Kharlanov, Y.R. Tymiansky // Journal of Photochemistry and Photobiology. – 1998. – Vol. 118, № 3. – P. 151–156.
112. Тымянский Я.Р. Молекулярно-структурные аспекты формирования свойств спектральной люминесценцией арилзамещенных катионов пиридиния / Я.Р. Тымянский, М.И. Княжанский // Журнал прикладной спектроскопии. – 1985. – Т. 42, № 4. – С. 574–579.
113. Харланов В.А. Проявление структурной релаксации арилзамещенных катионов пиридиния в спектрах флуоресценции / В.А. Харланов, Я.Р. Тымянский, М.И. Княжанский // Оптика и Спектроскопия. – 1985. – Т. 58, №5. – С. 1147–1149.
114. Katritzky A.R. Kinetics and mechanisms of nucleophilic displacements with heterocycles as leaving groups / A.R. Katritzky, W. Basinski // Journal of the Chemical Society. – 1982. – Vol 9. – P. 1972–1999.
115. Алдошин С.М. Спектрально-люминесцентные свойства и строение перхлоратов 1-оксифенил замещенных 2,4,6-трифенилпиридиния / С.М. Алдошин, Я.Р. Тымянский, О.А. Дяченко // Известия Академии Наук СССР. – 1981. – Т. 10. – С. 2270–2279.
116. Улдрикис Я.Р. Окисление 1,4-дигидропиридинов. Реакционная способность при окислении хлоранилом / Я.Р. Улдрикис, А.О. Кумерова, Г.Я. Дубур // ХГС. – 1973. – Т. 5. – С. 691–694.

117. Страдынь Я.П. Вольтамперонитрия производных 1,4-дигидропиридина. Потенциалы электрохимического окисления 3,5-диацил и 3,5-ди(алкилоксикарбонил)-1,4-дигидропиридинов в ацетонитриле / Я.П. Страдынь, Г.Я. Дубур, Ю.И. Бейлис, Я.Р. Уолдрикис // ХГС. – 1972. – Т. 1. – С. 84–87.
118. Simalty–Siemiatycki M. Pyrylium salts. Synthesis of pyrylium perchlorates by condensative dehydrogenation with the triphenylmethyl cation / M. Simalty–Siemiatycki // Bulletin de la Societe Chimique de France. – 1965. – Vol. 7. – P. 1944–1950.
119. Knyazhansky M.I. Adiabatic structural relaxation in heterocyclic nitrogen-containing cations The structure, absorption and fluorescence of the 2,4,6-triaryl-substituted pyridinium cations / M.I. Knyazhansky, V.A. Kharlanov, Y.R. Tymiansky // Journal of Photochemistry and Photobiology. – 1998. – Vol. 118, № 3. – P. 151–156.
120. Коноплева Н.Р. Электрохимическое окисление 1,4-дигидропиридинов на графитных электродах / Н.Р. Коноплева, Я.Р. Страдынь, Н.П. Скворцов // Изв. АН ЛатвССР. Сер. хим. – 1983. –Т. 6. – С. 678–82.
121. Катрицкий А.Р. Фотоциклизация 1,2-диарил-и фотобициклизация 1,2,6-триарилпиридиновых катионов / А.Р. Катрицкий, Б. Агха, Д.З. Вилле // ХГС. – 1984. – Т. 11. – С. 1509–1518.
122. Тымянский Я.Р. Люминесценция и фотоциклизация N-нафтилзамещенных катионов пиридиния / Я.Р. Тымянский, В.М. Фейгельман, М.И. Княжанский, Н.В. Холодова // ХГС. – 1984. – Т. 11. – С. 1528–1532.
123. Vollmer F. Photochemical Mechanisms Producing Large Fluorescence Stokes Shifts / F. Vollmer, W. Rettig, E. Birckner // J. Fluorescence. – 1994. – Vol. 4, №1. – P. 65–69.
124. Doroshenko A.O. Low temperature spectra of the ortho-POPOP molecule: additional arguments of its flattening in the excited state / A.O.

Doroshenko, A.V. Kyrychenko, J. Waluk // *J. Fluorescence*. – 2000. – Vol. 10, №1. – P. 41–48.

125. Doroshenko A.O. Molecular structure, fluorescent properties and dynamics of excited state structural relaxation of the oxadiazolis ortho-analog of POPOP with the additional sterical hindrance / A.O. Doroshenko, A.V. Kyrychenko // *J. Mol. Str.* – 2000. – Vol. 524. – P. 289–296.

126. Melhuish W.A. Quantum efficiencies of Fluorescence of Organic Substances Effect of Solvent and Concentration of the Fluorescent Solute / W.A. Melhuish // *J. Phys. Chem.* – 1961. – Vol. 65, №2. – P. 229–238.

127. Demas J.N. Measurement of photoluminescence quantum yields. Review / J.N. Demas, G.A. Crosby // *J. Phys. Chem.* – 1971. – № 75. – P. 991–1025.

128. Grabowski Z.R. Twisted intramolecular charge transfer states (TICT). A new class of excited states with a full charge separation / Z.R. Grabowski, K. Rotkiewicz, A. Semiarczuk // *Nouv. J. Chim.* – 1979. – Vol. 3, №7. – P. 443–453.

129. Lippert E. Photophysics of Internal Twisting / E. Lippert, W. Rettig, V. Bonacic-Koutecky, J.A. Heisel Mische // *Adv. in Chem. Phys.* – 1987. – №68. – P. 1–98.

130. Borowicz P. Radiative and nonradiative electron transfer in donor-acceptor phenoxazine and phenothiazine derivatives / P. Borowicz, J. Herbich, A. Kapturkiewicz // *Chem. Phys.* – 1999. – №249. – P. 49–62.

131. Feygelman V.M. Studies of sterically hindered oxadiazoles as potential fluorescent dopants for polymeric Scintillators / V.M. Feygelman, J.K. Walker, A.R. Katrizky, Z. Deda-Szafran // *Chemica Scripta*. – 1989. – №29. – P. 241–243.

132. Thomas J.A. Intracellular pH measurements in Ehrlich as cites tumor cells utilizing spectroscopic probes generated in situ / J.A. Thomas, R.N. Buchsbaum, A. Zimniak // *Biochemistry* – 1979. – №18. – P. 2210–2218.

133. Whitaker J.E. Spectral and photophysical studies of benzo[c]xanthene dyes: dual emission pH sensors / J.E. Whitaker, R.P. Haugland, F.G. Prendergast // *Anal Biochem.* – 1991. – №194. – P. 330–344.

134. Diwu Z. A novel acidotropic pH indicator and its potential application in labeling acidic organelles of live cells / Z. Diwu, C.S. Chen, C. Zhang, D.H. Klaubert // *Chem. Biol.* –1999. – №6. – P. 411–418.
135. Pivovarenko V.G. New Ratiometric pH Indicators with Highly Separated Bands Based on 2,6–Distyrylpyridines. In: VII Conference on Methods and Applications of Fluorescence Spectroscopy and Fluorescence Probes, Amsterdam, September / V.G. Pivovarenko, A.V. Grygorovych, A.O. Doroshenko // *Book of Abstracts.* – 2001. – Vol. 16, №19. – P. 153–154.
136. Armarego W.L. Quinazolines / W.L. Armarego // *Advances in heterocyclic chemistry.* – New–York, London: Academic Press, 1963. –Vol. 1. – P. 253–309.
137. Doroshenko A.O. Spectral properties and dynamics of the excited state structural relaxation of the ortho analogues of POPOP – effective abnormally large Stokes shift luminophores / A.O. Doroshenko, A.V. Kirichenko, V.G. Mitina, O.A. Ponomaryov // *J. Photochem. Photobiol., A: Chem.* – 1996. – №94. – P. 15–26.
138. Александров В.В. Кислотность неводных растворов / В.В. Александров. – Х.: Вища школа, 1981. – 238 с.
139. Lippert E. Transformation of electron excitation energy / E. Lippert, W. Lueder, F. Moll, W. Nagele // *Angew. Chem.* – 1961. – №73. – P. 695–706.
140. Lippert E. The fluorescence spectrum and Franck–Condon principle in solvents of aromatic compounds / E. Lippert, W. Lueder, H. Boos // *Proc. Intern. Meeting Molec. Spectr.* – 1959. – № 1. – P. 443–457.
141. Suppan P. Thermochromic shifts of the fluorescence spectra of 4–N,N–dimethylaminobenzonitrile in solution / P. Suppan // *J. Lumin.* – 1985. – Vol. 33, № 1. –P. 29–32.
142. Rotkiewicz K. Reinterpretation of the anomalous fluorescence of p–N,N–dimethylaminobenzonitrile / K. Rotkiewicz, K.L. Grellman, Z.R. Grabowski // *Chem. Phys. Lett.* – 1973. – Vol.19, № 3. – P. 315–318.
143. Grabowski Z.R. Twisted intramolecular charge transfer states (TICT). A

new class of excited states with a full charge separation / Z.R. Grabowski, K. Rotkiewicz, // *Nouv. J. Chim.* – 1979. – Vol. 3, № 7. – P. 443–453.

144. Subholt W. Ab initio study of amino group twisting and wagging reaction paths in the intramolecular charge transfer of 4-(N,N-dimethylamino)benzonitrile / W. Subholt, A.L. Sobolewski, W. Domcke // *Chem. Phys.* – 1999. – № 240. – P. 9–18.

145. Grabowski Z.R. Spectroscopy and kinetics of the twisted internal charge-transfer (TICT) excited state formation in p-substituted dialkylanilines / Z.R. Grabowski, K. Rotkiewicz, W. Rubaszewska // *Acta Phys. Polon.* – 1978. – Vol. 54, № 6. – P. 767–776.

146. Forster T. Electrolytische dissoziation angeregter Molecule / T. Forster // *Z. Electrochem.* – 1950. – Vol. 54, № 1. – P. 42–46.

147. Grabowski Z.R. Structural changes accompanying intramolecular electron transfer—focus on T.I.C.T. states and structures / Z.R. Grabowski, K. Rotkiewicz, W. Rettig // *Chem. Rev.* – 2003. – Vol. 103. – P. 3899–4031.

148. Doroshenko A.O. Fluorescence quenching of the ketocyanine dyes in polar solvents: anti TICT behavior / A.O. Doroshenko, V.G. Pivovarenko // *J. Photochem. Photobiol., A: Chem.* – 2003. – Vol. 156. – № 1–3. – P. 55–64.

149. Stewart J.P. MOPAC 6.0. / Stewart J.P. – University of Texas. – 1983. – 346p.

150. Dix J.P. Ionselective Farbstoffknonenether / J.P. Dix, F. Vögtle // *Chem. Ber.* – 1980. – Vol. 113. – P. 457–470.

Валюк В.Ф.

**СИНТЕЗ І СПЕКТРАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ
ГЕКСАГІДРОДИЦИКЛОПЕНТАНО[*b,e*]ПІРИДИНІВ,
ЇХ СОЛЕЙ ТА ДИГІДРОПОХІДНИХ**

Монографія