

doi: <https://doi.org/10.15407/dopovidi2017.03.056>

УДК 541.49+546.791.6-381+547.792.4

**О.В. Ващенко, Д.М. Хоменко,  
Р.О. Дорошук, І.В. Распертова, Р.Д. Лампека**

Київський національний університет ім. Тараса Шевченка

E-mail: alexvashchenko@ukr.net

## **Дослідження взаємодії естерів 5-(2-гідроксифеніл)-1,2,4-політриазолілоцтових кислот з ураніл-іоном**

*Представлено членом-кореспондентом НАН України В.І. Пехнем*

*Вперше синтезовано три нові ліганди — похідні 5-(2-гідроксифеніл)-1,2,4-політриазолілоцтових кислот та отримано комплекси уранілу на їх основі. Синтезовані сполуки досліджено шляхом ІЧ та ЯМР спектроскопії. Встановлено, що естери  $H_3L^1$  та  $H_4L^2$ , взаємодіючи з ураніл-іоном, утворюють комплекси відповідних карбонових кислот. Ліганд  $H_5L^3$ , взаємодіючи з ураніл-іоном, не гідролізує, естерна група в комплексі не координується.*

**Ключові слова:** ураніл-іон, 1,2,4-триазол, гідроліз, ЯМР спектроскопія.

Використання органічних лігандів, що міцно зв'язуватимуть іони актиноїдів, уможливило розробку нових методів вилучення радіоактивних  $f$ -елементів з відходів ядерного виробництва [1]. Уран, хімічні властивості якого добре вивчені і який є одним із найпоширеніших  $f$ -елементів, якнайкраще підходить як модельний іон для пошуку лігандів, селективних до іонів  $AmO_2^{2+}$  та  $NpO_2^{2+}$ . Результати численних досліджень комплексів уранілу з  $O_xN_y$ -донорними лігандами, наприклад основами Шиффа [2, 3] або гідроксамовими кислотами [4], вказують на високу стійкість хелатних комплексів уранілу з такими лігандами. Раніше нами вже повідомлялося про комплекси уранілу з 2-гідроксифеніл-1,2,4-триазолами [5] та похідними триазолілоцтових кислот [6], які є стійкими навіть у розчинах ДМСО.

У даній роботі нами повідомляється про синтез трьох нових лігандів на основі похідних 5-(2-гідроксифеніл)-1,2,4-триазолілоцтових кислот та результати дослідження їх взаємодії з ураніл-іоном.

**Вихідні речовини та методи дослідження.** Як вихідні сполуки використовували комерційно доступні гідразин гідрат (х.ч.) та ацетат уранілу (ч.д.а). Гідразид 5-(2-гідроксифеніл)-1,2,4-триазол оцтової кислоти і моноімідоестер маленової кислоти отримували за раніше описаними методиками [5, 7]. Використані розчинники висушені та очищені за відомими підходами [8]. ЯМР спектри отриманих сполук записували на приладі “Mercury 400” фір-

© О.В. Ващенко, Д.М. Хоменко, Р.О. Дорошук, І.В. Распертова, Р.Д. Лампека, 2017

ми “Varian” при кімнатній температурі. Як розчинник використовували DMSO- $d_6$ . Як вторинний еталон було використано залишкові сигнали протонів DMSO- $d_6$  ( $\delta = 2,503$ ) [9]. ІЧ спектри синтезованих сполук в області 400–4000  $\text{cm}^{-1}$  записували на приладі “Spektrum BX Perkin Elmer” (таблетки KBr). Дані елементного аналізу отримували за допомогою C,H,N-аналізатора фірми “Perkin-Elmer”.

*Гідрази́ди 5-(2-гідроксифеніл)-триазоліоцтових кислот (загальна методика).* Етиловий естер триазоліоцтової кислоти (0,1 моль) змішували з 6,5 мл (0,125 моль) гідрозин гідрату в 100 мл метанолу, утворену суміш кип'ятили протягом 24 год. Утворений осад гідрозиду відфільтровували, промивали трьома порціями метанолу (по 5 мл) і висушували на повітрі.

*Гідразид {5-[5-(2-гідроксифеніл)-2H-1,2,4-триазол-3-ілметил]-1H-1,2,4-триазол-3-іл}-оцтової кислоти.* Вихід 11,4 г (91%). Спектр  $^1\text{H}$  ЯМР, в DMSO- $d_6$ ,  $\delta$ , м.д. ( $J$ , Гц.): 3,47 (2H, с,  $\text{CH}_2$ ); 4,18 (2H, с,  $\text{CH}_2$ ); 4,24 (2H, с,  $\text{NH}_2$ ); 6,94 (1H, т,  $J = 7,6$ ,  $\text{H}^3$  Ph); 6,96 (1H, д,  $J = 8,4$ ,  $\text{H}^1$  Ph); 7,31 (1H, т.,  $J = 8,4$ ,  $\text{H}^2$  Ph); (1H, т.,  $J = 7,6$ ,  $\text{H}^4$  Ph); 9,24 (1H, с., NH); 11,34 (1H, уш.с., OH); 13,56 (2H, уш.с., NH). Основні смуги ІЧ спектра,  $\text{cm}^{-1}$ : 3292, 3197, 3037, 2928, 1689, 1631, 1551, 1508, 1428, 1261, 1136, 758. Розраховано для  $\text{C}_{13}\text{H}_{14}\text{N}_8\text{O}_2$ , %: С, 49,68; Н, 4,49; N, 35,65. Знайдено, %: С, 49,68; Н, 4,49; N, 35,65.

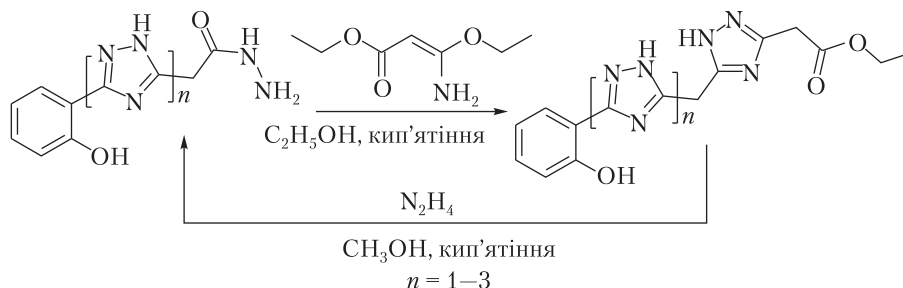
*Гідразид 2-{3-[(5-{3-(2-гідроксифеніл)-1H-1,2,4-триазол-5-іл}метил)-1H-1,2,4-триазол-3-іл]метил}-1H-1,2,4-триазол-5-іл}оцтової кислоти.* Вихід 13,2 г (94%). Спектр  $^1\text{H}$  ЯМР, в DMSO- $d_6$ ,  $\delta$ , м.д. ( $J$ , Гц.): 3,48 (2H, уш.с,  $\text{CH}_2$ ); 4,04 (2H, уш. с,  $\text{CH}_2$ ); 4,10 (2H, уш. с,  $\text{CH}_2$ ); 4,24 (2H, уш. с,  $\text{NH}_2$ ); 6,94 (1H, т.,  $J = 7,6$ ,  $\text{H}^3$  Ph); 6,96 (1H, д.,  $J = 8,4$ ,  $\text{H}^1$  Ph); 7,31 (1H, т,  $J = 8,4$ ,  $\text{H}^2$  Ph); 7,91 (1H, т,  $J = 7,6$ ,  $\text{H}^4$  Ph); 9,26 (1H, уш.с., NH); 11,19 (1H, уш.с., OH); 13,60 (2H, уш.с., NH); 14,22 (2H, уш.с., NH). Основні смуги ІЧ спектра,  $\text{cm}^{-1}$ : 3284, 3051, 1654, 1544, 1399, 1261, 1122, 991, 751. Розраховано для  $\text{C}_{16}\text{H}_{17}\text{N}_{11}\text{O}_2$ , %: С, 48,61; Н, 4,33; N, 38,97. Знайдено, %: С, 48,61; Н, 4,33; N, 38,97.

*Етилові естери 5-(2-гідроксифеніл)-триазоліоцтових кислот (загальна методика).* До розчину 0,125 моль моноіміноестеру маленової кислоти в 100 мл абсолютного етанолу присипали 0,1 моль подрібненого гідрозиду і суміш кип'ятили протягом 20 год. Утворений осад естеру відфільтровували, промивали етанолом (5 мл) і висушували на повітрі. Дані  $^1\text{H}$  ЯМР спектрів отриманих естерів наведені в таблиці.

*Етиловий естер {5-[5-(2-гідроксифеніл)-2H-1,2,4-триазол-3-ілметил]-1H-1,2,4-триазол-3-іл}-оцтової кислоти ( $\text{H}_3\text{L}^1$ ).* Вихід 6,1 г (85 %). Основні смуги ІЧ спектра,  $\text{cm}^{-1}$ : 3262, 3132, 2986, 2862, 2760, 1740, 1617, 1551, 1493, 1449, 1384, 1267, 1216, 1100, 1056, 751. Розраховано для  $\text{C}_{15}\text{H}_{16}\text{N}_6\text{O}_3$ , %: С, 54,87; Н, 4,91; N, 25,60. Знайдено, %: С, 54,87; Н, 4,91; N, 25,60.

*Етиловий естер (5-{5-[5-(2-гідроксифеніл)-2H-1,2,4-триазол-3-ілметил]-1H-1,2,4-триазол-3-ілметил}-1H-1,2,4-триазол-3-іл)-оцтової кислоти ( $\text{H}_4\text{L}^2$ ).* Вихід 5,7 г (71%). Основні смуги ІЧ спектра,  $\text{cm}^{-1}$ : 3277, 3139, 2986, 2855, 2753, 1733, 1617, 1551, 1486, 1449, 1398, 1260, 1195, 1107, 1063, 758. Розраховано для  $\text{C}_{18}\text{H}_{19}\text{N}_9\text{O}_3$ , %: С, 52,81; Н, 4,68; N, 30,79. Знайдено, %: С, 52,81; Н, 4,68; N, 30,79.

*Етиловий естер [5-(5-[5-[5-(2-гідроксифеніл)-2H-1,2,4-триазол-3-ілметил]-1H-1,2,4-триазол-3-ілметил]-1H-1,2,4-триазол-3-ілметил)-2H-1,2,4-триазол-3-іл]-оцтової кислоти ( $\text{H}_5\text{L}^3$ ).* Вихід 0,6 г (51 %). Основні смуги ІЧ спектра,  $\text{cm}^{-1}$ : 3153, 3008, 2862, 2753, 1740, 1551, 1500, 1435, 1384, 1253, 1136, 1056, 751. Розраховано для  $\text{C}_{21}\text{H}_{22}\text{N}_{12}\text{O}_3$ , %: С, 51,43, Н, 4,52; N, 34,27. Знайдено, %: С, 51,43, Н, 4,52; N, 34,27.



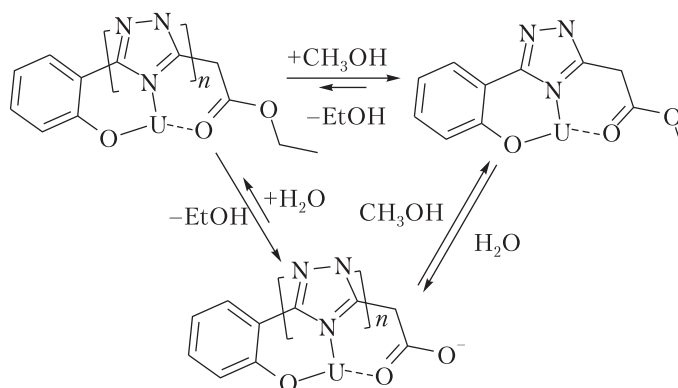
**Рис. 1.** Схема синтезу етилових естерів 5-(2-гідроксифеніл)-1,2,4-триазолілоцтових кислот

**Дані  $^1\text{H}$  ЯМР спектрів естерів 5-(2-гідроксифеніл)-1,2,4-політриазолілоцтових кислот та отриманих на їх основі комплексів уранілу,  $\delta$ , м.д. ( $J$ , Гц)**

Сполука	$-\text{CH}_2\text{CH}_3^*$	$-\text{C}_6\text{H}_4\text{OH}$					$-\text{CH}_2-$	$\text{N}-\text{H}$ (уш. с.)
		$\text{H}^1$ (1H, д.)	$\text{H}^2$ (1H, т.)	$\text{H}^3$ (1H, т.)	$\text{H}^4$ (1H, д.)	$-\text{OH}$ (1H, уш. с.)		
$\text{H}_3\text{L}^1$	1,18 (3H, т., $J = 5,4$ ) 4,10 (2H, к., $J = 5,4$ )	6,97 ( $J = 6,0$ )	7,31 ( $J = 6,0$ )	6,95 ( $J = 6,0$ )	7,92 ( $J = 6,0$ )	11,21	3,75 (2H, с.) 4,23 (2H, с.)	13,65 (1H) 14,15 (1H)
$\text{H}_4\text{L}^2$	1,17 (3H, т., $J = 5,1$ ) 4,08 (2H, к., $J = 5,1$ )	6,97 ( $J = 5,4$ )	7,31 ( $J = 5,4$ )	6,94 ( $J = 5,4$ )	7,91 ( $J = 5,4$ )	11,23	3,72 (2H, уш. с.) 4,08 (2H, уш. с.) 4,21 (2H, уш. с.)	13,67 (2H) 14,21 (1H)
$\text{H}_5\text{L}^3$	1,17 (3H, т., $J = 5,1$ ) 4,08 (2H, к., $J = 5,1$ )	6,98 ( $J = 5,4$ )	7,32 ( $J = 5,4$ )	6,95 ( $J = 5,4$ )	7,91 ( $J = 5,4$ )	11,23	3,62 (2H, уш. с.) 3,73 (2H, уш. с.) 4,06 (2H, уш. с.) 4,20 (2H, уш. с.)	13,67 (3H) 14,20 (1H)
$[\text{UO}_2(\text{H}_2\text{L}^1)$ ( $\text{CH}_3\text{OH}$ )]	—	7,07 ( $J = 6,0$ )	7,52 ( $J = 6,0$ )	6,73 ( $J = 6,0$ )	7,90 ( $J = 6,0$ )	—	4,12 (2H, с.) 4,41 (2H, с.)	14,83 (1H) 15,00 (1H)
$[\text{UO}_2(\text{H}_3\text{L}^2)]$	—	7,06 ( $J = 5,7$ )	7,56 ( $J = 5,7$ )	6,75 ( $J = 5,7$ )	7,93 ( $J = 5,7$ )	—	3,99 (2H, с.) 4,47 (2H, с.) 4,51 (2H, с.)	15,12 (3H)
$[\text{UO}_2(\text{H}_4\text{L}^3)]$	3,64 (3H, с.)	7,17 ( $J = 5,7$ )	7,56 ( $J = 5,7$ )	6,77 ( $J = 5,7$ )	8,03 ( $J = 5,7$ )	—	4,03 (2H, уш. с.) 4,37 (4H, уш. с.) 4,45 (2H, уш. с.)	—

Примітка. с. — синглет; уш. с. — уширений синглет; д. — дублет; т. — триплет; к. — кватрет. \*  $-\text{CH}_3$  для  $[\text{UO}_2(\text{H}_4\text{L}^3)]$ .

*Комплекси уранілу з 5-(2-гідроксифеніл)-триазолілоцтовими кислотами.* До розчину 212 мг (0,5 ммоль) ацетату уранілу в 5 мл метанолу приливали суспензію 0,5 ммоль ліганду. Утворену суміш кип'ятили до повного розчинення ліганду. При відстоюванні протягом двох діб випадали червоні кристали, які відфільтровували, промивали метанолом (2 мл) і висушували до постійної маси. Дані  $^1\text{H}$  ЯМР спектрів отриманих комплексів наведені в таблиці.



**Рис. 2.** Схематичне зображення процесів комплексоутворення  $H_3L^1$ ,  $H_4L^2$  та  $H_5L^3$  з ураніл-іоном

$[UO_2(H_2L^1)(CH_3OH)]$ . Вихід 0,150 г (80 %). Основні смуги ІЧ спектра,  $cm^{-1}$ : 3270, 3059, 2920, 1596, 1479, 1377, 1297, 1260, 1144, 1078, 917, 860, 765. Розраховано для  $C_{15}H_{18}N_6O_5U$ , %: С, 30,01; Н, 3,02; N, 14,00. Знайдено, %: С, 30,01; Н, 3,02; N, 14,00

$[UO_2(H_3L^2)] \cdot H_2O$ . Вихід 0,150 г (80 %). Основні смуги ІЧ спектра,  $cm^{-1}$ : 3416, 3190, 3066, 2913, 1602, 1559, 1464, 1333, 1253, 1078, 904, 758. Розраховано для  $C_{16}H_{16}N_9O_5U$ , %: С, 29,46; Н, 2,47; N, 19,32. Знайдено, %: С, 29,46; Н, 2,47; N, 19,32.

$[UO_2(H_4L^3)] \cdot 2CH_3OH$ . Вихід 0,150 г (80 %). Основні смуги ІЧ спектра,  $cm^{-1}$ : 3364, 6183, 3059, 2913, 1595, 1479, 1413, 1297, 1078, 926, 751. Розраховано для  $C_{20}H_{23}N_{12}O_5U$ , %: С, 32,05; Н, 3,09; N, 22,43. Знайдено, %: С, 32,05; Н, 3,09; N, 22,43.

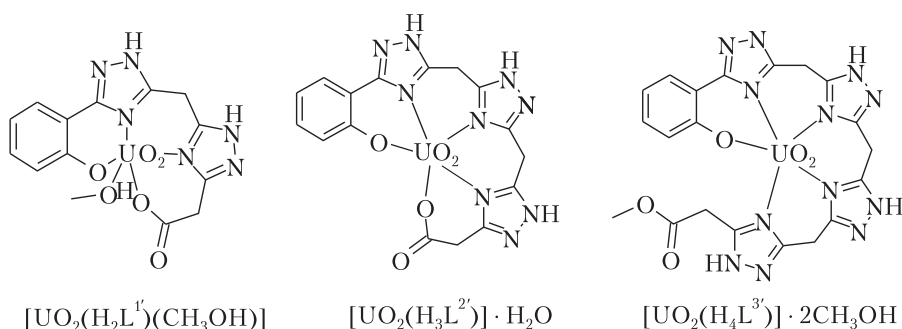
**Результати та їх обговорення.** Досліджувані ліганди були отримані шляхом взаємодії гідразидів триазололіоцтових кислот з моноімідоестером малонової кислоти (рис. 1), що є поширеним та зручним методом синтезу похідних 1,2,4-триазолу [10]. Взаємодія отриманих естерів триазололіоцтових кислот з гідразин гідратом дає можливість синтезувати гідразиди, що також здатні взаємодіяти з імідоестерами. Застосовуючи такий підхід, ми отримали три нові 1,2,4-триазольні ліганди з кількістю триазольних циклів від 2 до 4. У цих сполуках триазольні гетероцикли в молекулі поєднані метиленовими групами, що забезпечує конформаційну гнучкість ліганду.

Етилові естери  $H_3L^1$  та  $H_4L^2$ , взаємодіючи з ураніл-іоном, за наявності води піддаються гідролізу, утворюючи комплекси відповідних кислот, аналогічно монотриазольному похідному [6]. При цьому про перебіг процесу гідролізу свідчить відсутність сигналів  $C_2H_5$  естерних груп у  $^1H$  ЯМР спектрах комплексів  $[UO_2(H_2L^1)(CH_3OH)]$  та  $[UO_2(H_3L^2)]$  (див. таблицю) і наявність інтенсивних смуг поглинання карбоксильної групи при 1602–1610  $cm^{-1}$  в ІЧ спектрах.

Цікавою є взаємодія естеру  $H_5L^3$  з ураніл-іоном, який, по аналогії з ди- та тритриазольними похідними, має гідролізувати і виступати як шестидентатний ліганд. Проте  $H_5L^3$  при взаємодії з ураніл-іоном не гідролізує, естерна група не координується і  $H_5L^3$  виступає як п'ятидентатний ліганд. Це підтверджується наявністю в спектрі  $^1H$  ЯМР  $[UO_2(H_4L^3)]$  сигналу трьох протонів при 3,64 м.д, що відповідає метилу естерної групи [11]. Також не знають сильного зміщення і смуги поглинання карбонільної групи в ІЧ спектрах  $H_5L^3$  та  $[UO_2(H_4L^3)]$ .

Ймовірно, у процесі комплексоутворення під впливом ураніл-іона — жорсткої кислоти Льюїса — відбувається активація зв'язку С=О (рис. 2). У випадку  $H_3L^1$  та  $H_4L^2$  згадана активація сприяє нуклеофільній атаці атома карбону наявною в розчині водою (за вихідну речовину для синтезу комплексів брали гідратований уранілнітрат), з подальшим утворенням координованої карбоксильної групи, що дає можливість отримати семикоординований іон уранілу за участю всіх донорних груп ліганду. Утворення карбоксилатного комплексу ліганду  $H_5L^3$  з ураніл-іоном неможливе внаслідок стеричних ускладнень при координації утвореної карбоксильної групи, тому рівновага зміщується в бік утворення метилового естеру (відбувається переестерифікація, оскільки метанол використовується як розчинник, а розчинність використаних естерів у метанолі є вищою, ніж в етанолі).

На основі аналізу отриманих нами експериментальних даних ми запропонували таку будову для синтезованих комплексів:



Таким чином, нами синтезовано три нові ліганди на основі похідних 2-гідроксифеніл-триазолілоцтових кислот та отримано на їх основі три нові координаційні сполуки уранілу. Встановлено, що у разі взаємодії естерів  $H_3L^1$  та  $H_4L^2$  з ураніл-іоном утворюються комплекси уранілу з відповідними карбоновими кислотами. Чотиритриазольний ліганд  $H_5L^3$  з ураніл-іоном утворює комплекс метилового естеру ліганду — переестерифікація ліганду проходить під впливом ураніл-іона.

#### ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА

- Hudson M.J., Boucher C.E., Braekers D., Desreux J.F., Drew M.G.B., Foreman M.R.St J., Harwood L.M., Hill C., Madic C., Markend F., Youngsa T.G.A. New bis(triazinyl) pyridines for selective extraction of americium(III). *New J. Chem.* 2006. **30**. P. 1171–1183.
- Bharara M.S., Heflin K., Tonks S., Strawbridge K.L., Gorden A.E.V. Hydroxy- and alkoxy-bridged dinuclear uranyl-Schiff base complexes: hydrolysis, transamination and extraction studies. *Dalton Trans.* 2008. **22**. P. 2966–2973.
- Azam M., Al-Resayes S.I., Velmurugan G., Venuvanalngam P., Wagler J., Krokec E. Novel uranyl(VI) complexes incorporating propylene-bridged salen-type  $N_2O_2$ -ligands: a structural and computational approach. *Dalton Trans.* 2015. **44**. P. 568–577.
- Kilic A., Tas E. The Synthesis, Characterization, Spectroscopic Studies and Catalyst Properties of Some New Dinuclear Uranyl (VI) Metal Complexes Bearing Different vic Dioxime Groups. *Synth. React. Inorg. Met.-Org. Chem.* 2007. **37**, № 8. P. 583–590.
- Ващенко А.В., Хоменко Д.Н., Дорощук Р.А., Севериновская О.В., Старова В.С., Трачевский В.В., Лампека Р.Д. Структура и люминесцентные свойства комплексов уранил-иона с производными 3-(2-гидроксифенил)-5-(2-пиридил)-1,2,4-триазола. *Теорет. и эксперим. химия.* 2016. **52**, № 1. С. 34–39.
- Хоменко Д.М., Дорощук Р.О., Ващенко О.В., Лампека Р.Д. Синтез и исследование 5-(2-гидроксифенил)-1,2,4-триазолилацетата уранила. *Укр. хим. журн.* 2014. **80**, №12. С. 83–86.

7. Беккер Х., Домшке Г., Фангхенель Э. Органикум. Т. 2. Москва: Мир, 1992. С. 474.
8. Титце Л., Айхер Т. Препаративная органическая химия. Реакции и синтезы в практикуме органической химии и научно-исследовательской лаборатории. Москва: Мир, 1999. С. 649–653.
9. Gottlieb H.E., Kotlyar V., Nudelman A.J. NMR Chemical Shifts of Common Laboratory Solvents as Trace Impurities. *J. Org. Chem.* 1997. **62**, Iss. 21. P. 7512–7515.
10. Kiselyov A. S., Piatnitski Chekler E. L. Design and chemical synthesis of [1, 2, 4]triazol[1,5-c]pyrimidin-5-yl amines, a novel class of VEGFR-2 kinase inhibitors. *Tetrahedron Lett.* 2009. **50**. P. 3809–3812.
11. Babij N. R., McCusker E. O., Whiteker G. T., Canturk B., Choy N., Creemer L. C., De Amicis C. V., Hewlett N.M., Johnson P.L., Knobelsdorf J.A., Li F., Lorsbach B.A., Nugent B.M., Ryan S.J., Smith M.R., Yang Q. NMR Chemical Shifts of Trace Impurities: Industrially Preferred Solvents Used in Process and Green Chemistry. *Org. Process Res. Dev.* 2016. **20**, Iss. 3. P. 661–667.

Надійшло до редакції 15.07.2016

## REFERENCES

1. Hudson, M. J., Boucher, C. E., Braekers, D., Destreux, J. F., Drew, M. G. B., Foreman, M. R. St J., Harwood, L. M., Hill, C., Madic, C., Markend, F. & Yougsa, T. G. A. (2006). New bis(triazinyl) pyridines for selective extraction of americium (III). *New J. Chem.*, 30, pp. 1171-1183.
2. Bharara, M. S., Heflin, K., Tonks, S., Strawbridgw, K. L. & Gorden, A. E. V. (2008). Hydroxy- and alkoxy-bridged dinuclear uranyl-Schiff base complexes: hydrolysis, transamination and extraction studies. *Dalton Trans.*, 22, pp. 2966-2973. doi: <https://doi.org/10.1039/B800469B>
3. Azam, M., Al-Resayes, S. I., Velmurugan, G., Venuvanalingam, P., Waglerc, J. & Krokec, E. (2015). Novel uranyl(VI) complexes incorporating propylene-bridged salen-type N<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-ligands: a structural and computational approach, 44, pp. 568-577. doi: <https://doi.org/10.1039/C4DT02112F>
4. Kilic, A. & Tas, E. (2007). The Synthesis, Characterization, Spectroscopic Studies and Catalys Properties of Some New Dinuclear Uranyl (VI) Metal Complexes Bearing Different vic Dioxime Groups. *Synth. React. Inorg. Met.-Org. Chem.*, 37, No. 8, pp. 583-590.
5. Vashchenko, O. V., Khomenko, D. M., Doroshchuk, R. O., Severynovska, O. V., Starova, V. S., Trachevsky, V. V. & Lampeka, R. D. (2016). Structure and Fluorescence Properties of Uranyl Ion Complexes with 3-(2-Hydroxyphenyl)-5-(2-Pyridyl)-1,2,4-Triazole Derivatives. *Teoret. i eksperim. khimii*, 52, No. 1, pp. 34-39 (in Russian).
6. Khomenko, D. M., Doroshchuk, R. O., Vashchenko, O. V. & Lampeka, R. D. (2014). Synthesis and study of 5-(2-Hydroxyphenyl)-1,2,4-Thiazoleacetate Uranyl. *Ukr. khim. zhurn.*, 80, No. 12, pp. 83-86 (in Russian).
7. Becker, H., Berger, W. & Domschre, G. (1973). *Organicum: Practical Handbook of Organic Chemistry*. Reading, MA: Addison-Wesley.
8. Tietze, L. F., & Eicher Th. (1991). *Reaktionen und Synthesen*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
9. Gottlieb, H. E., Kotlyar, V., & Nudelman, A. J. (1997) NMR Chemical Shifts of Common Laboratory Solvents as Trace Impurities. *J. Org. Chem.*, 62, Iss. 21, pp. 7512-7515.
10. Kiselov, A. S. & Piatnitski Chekler, E. L. (2009). Design and chemical synthesis of [1, 2, 4] triazol[1, 5-c]pyrimidin-5-yl amines, a novel class of VEGFR-2 kinase inhibitors. *Tetrahedron Lett.*, 50, pp. 3809-3812.
11. Babij, N. R., McCusker, E. O., Whiteker, G. T., Canturk, B., Choy, N., Creemer, L. C., De Amicis, C. V., Hewlett, N. M., Johnson, P. L., Knobelsdorf, J. A., Li, F., Lorsbach, B. A., Nugent, B. M., Ryan, S. J., Smith, M. R. & Yang, Q. (2016). NMR Chemical Shifts of Trace Impurities: Industrially Preferred Solvents Used in Process and Green Chemistry. *Org. Process Res. Dev.*, 20, Iss. 3, pp. 661-667.

Received 15.07.2016



А.В. Ващенко, Д.Н. Хоменко,  
Р.А. Дорощук, І.В. Распертова, Р.Д. Лампека

Киевский национальный университет им. Тараса Шевченко  
E-mail: alexvashchenko@ukr.net

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭФИРОВ  
5-(2-ГИДРОКСИФЕНИЛ)-1,2,4-ПОЛИТРИАЗОЛИЛУКСУСНЫХ  
КИСЛОТ С УРАНИЛ-ИОНОМ

Впервые синтезированы три новых лиганда — производные 5-(2-гидроксифенил)-1,2,4-политриазолил-уксусных кислот и получены комплексы уранила на их основе. Синтезированные соединения исследованы с помощью ИК и ЯМР спектроскопии. Установлено, что эфиры  $H_3L^1$  и  $H_4L^2$  при взаимодействии с уранил-ионом образуют комплексы соответствующих карбоновых кислот. Лиганд  $H_5L^3$  при взаимодействии с уранил-ионом не гидролизует, сложноэфирная группа в комплексе не координируется.

**Ключевые слова:** уранил-ион, 1,2,4-триазол, гидролиз, ЯМР спектроскопия.

O.V. Vashchenko, D.M. Khomenko,  
R.O. Doroschuk, I.V. Raspertova, R.D. Lampeka

Taras Shevchenko National University of Kiev  
E-mail: alexvashchenko@ukr.net

THE STUDY OF THE INTERACTION OF  
5-(2-HYDROXYPHENYL)-1,2,4-POLYTRIAZOLYLACETIC  
ACID ESTERS WITH URANYL IONS

For the first time, three new ligands — derivatives of 5-(2-hydroxyphenyl)-1,2,4-polytriazolylacetic acids — and the coordination compounds of uranyl ions on their basis have been synthesized. The obtained compounds are studied by means of IR and NMR spectroscopies. It is established that ethyl esters  $H_3L^1$  and  $H_4L^2$  interacting with uranyl ions form complexes of the corresponding carboxylic acids. The ester group of ligand  $H_5L^3$  does not hydrolyze under the same condition, and the ester group does not form coordination bonds with an uranyl ion.

**Keywords:** uranyl ion, 1,2,4-triazole, hydrolysis, NMR spectroscopy.