

УДК 547.32+547.556.7

## СИНТЕЗ АРИЛЗАМІЩЕНИХ БІС[2-АЗИДО(N,N-ДІЕТИЛДИТІОКАРБАМАТО(О-ЕТИЛДИТІОКАРБОНАТО)- (2-МЕТИЛ)ПРОПАНАМІДІВ]

Органічні азиди займають важливе місце в хімії енергоємних сполук. Азидогрупа істотно (на 250 - 330 кДж / моль) підвищує ентальпію утворення сполуки і вміст нітрогену, тому органічні азиди знаходять широке застосування як високоенергетичні добавки і компоненти, що підвищують швидкість горіння. Оскільки введення в структуру молекули азидогрупи істотно знижує температуру плавлення сполук, вони часто розглядаються як активні пластифікатори [1]. Різноманітні полімери, що містять азидогрупу, використовуються як активні сполучні компоненти для твердих ракетних палив. Органічні азиди представляють інтерес як проміжні продукти у синтезі гетероциклічних систем, важливе місце серед яких займають похідні 1,2,3-триазолу. Вони знаходять широке застосування при розробці лікарських препаратів, інсектицидів, фунгіцидів, інгібіторів корозії, оптичних відбілювачів і хемілюмінесцентних матеріалів.

Тривалий час азиди залишалися важкодоступним класом органічних сполук. За останні двадцять років становище кардинально змінилося в результаті впровадження в практику органічного синтезу біполярних апротонних розчинників і міжфазного каталізу [2]. На даний час первинні та вторинні азиди одержують за допомогою реакцій бімолекулярного нуклеофільного заміщення з участю азид-йона [2, 3]. Ароматичні азиди синтезують взаємодією солей діазонію з натрій азидом або за нітрузуванням арилгідразинів [4,5].

Важливе місце з-поміж органічних азидів займають азидокарбонільні похідні, інтерес до яких останнім часом суттєво зріс. Зокрема, ацилазиди широко використовуються для одержання ізоціанатів, оскільки в даному випадку не застосовують небезпечний фосген і реакція термічного перегрупування (реакція Курціуса) відбувається у м'яких умовах [6]. З'ясована можливість прямої лактимізації азидної та амідної груп в умовах відновної циклізації за типом реакції Штаудінгера, що дозволяє конструювати піролопіперазинові похідні, які використовуються для синтезу бромопірольних алкалоїдів [7]. Амідні в комбінації з азидами також були апробовані в синтезі циклічних іміносполук за допомогою внутрішньомолекулярної реакції *aza*-Віттіга [8]. Наведені приклади підтверджують актуальність використання азидоамідів як лабільних синтонів для одержання гетероциклічних сполук.

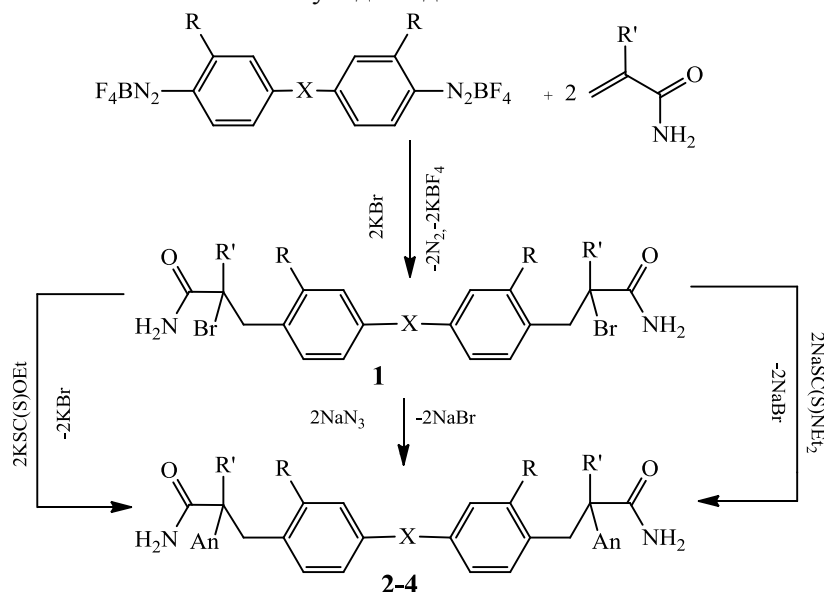
Нещодавно нами суттєво розширені синтетичні можливості реакцій Зандмейєра, Меєрвейна та аніонарилювання шляхом використання як арилюючих реагентів ароматичних солей бісдіазонію на основі діамінів бензидинового і феніленового ряду, що дозволило одержати нові важкодоступні функціоналізовані ариени [9-12]. Одержані сполуки виявились ефективними модифікаторами нанокompatитних захисних покриттів, які забезпечують підвищення стійкості до гідроабразивного впливу та корозійної тривкості матеріалів, що експлуатуються в умовах впливу агресивних середовищ при динамічних навантаженнях [13]. Тому, з метою цілеспрямованого синтезу нових похідних ненасичених та ароматичних сполук зі специфічними реакційноздатними функціональними групами, нами розроблені умови одержання продуктів азидо-, N,N-діетилдитіокарбамато- та О-етилдитіокарбонатоарилювання амідів ненасичених кислот.

Враховуючи нуклеофільні властивості азид-йона нами проведене безпосереднє азидоарилювання акриламідів і метакриламідів. Проте, очікуваних цільових продуктів – біс(2-азидо-(2-метил)пропанамідів) в результаті взаємодії тетрафлуороборатів бісдіазонію з ненасиченими амідними в присутності натрій азиду не було зафіксовано. У вказаних умовах, процес дедіазоніювання відбувався достатньо інтенсивно, про що свідчило енергійне виділення азоту, але конверсія солі бісдіазонію проходила в напрямку нуклеофільного заміщення діазогрупи на азидну з подальшими трансформаціями утворених арилазидів. Дані висновки підтверджуються ідентифікацією продуктів азосполучення (монозаміщених діазобензолів) і фенолів, а також смолоподібних полімерних речовин невстановленої будови в екстрактах з реакційних сумішей.

Біс[2-N,N-діетилдитіокарбамато(О-алкілдитіокарбонато)-(2-метил)пропанамідів] в умовах реакції аніонарилювання утворюються з низькими виходами (<15%), незважаючи на високу нуклеофільність використаних аніоноідних реагентів – N,N-діетилдитіокарбамат- та О-алкілдитіокарбонат-аніонів.

Зважаючи на це, нами розроблений метод двостадійної функціоналізації амідів ненасичених кислот шляхом введення за місцем розриву кратного карбон-карбонного зв'язку ароматичного фрагменту і азидо(N,N-діетилдитіокарбамато, О-алкілдитіокарбонато)груп.

На першій стадії були синтезовані продукти бромарилювання акриламиду і метакриламиду солями бісдіазонію на основі бензидину та його похідних – 3,3'-[(3,3'-дихлоро)-4,4'-дифеніл(метан, сульфон)біс(2-бromo-(2-метил)пропанаміди)] **1a-h** [48, 49], які надалі перетворені в біс(2-азидо-(2-метил)пропанаміди) **2a-h**, біс[2-(N,N-діетилдитіокарбамато)-(2-метил)пропанаміди] **3a, b** та біс[2-(O-етилдитіокарбонато)-(2-метил)пропанаміди] **4a, b** реакцією нуклеофільного заміщення під дією натрій азиду, натрій N,N-діетилдитіокарбамату або калій етилксантогенату відповідно.



**2-4:** An = N<sub>3</sub> (**2a-h**), SC(S)NEt<sub>2</sub> (**3a, b**), SC(S)OEt (**4a, b**); X = – (**1a, b, 2a, b, 3a, b**), CH<sub>2</sub> (**1c, d, g, h, 2c, d, g, h, 4a, b**), SO<sub>2</sub> (**1e, f, 2e, f**); R = H (**1a-f, 2a-f, 3a, b**), Cl (**1g, h, 2g, h, 4a, b**); R' = H (**a, c, e, g**), Me (**b, d, f, h**)

Нуклеофільне заміщення атома бром у сполуках **1a-h** на азид-, N,N-діетилдитіокарбамат- та O-етилдитіокарбонат-іони відбувається при 20<sup>0</sup>С у середовищі диметилформаміду. В цих умовах виходи 3,3'-[(3,3'-дихлоро)-4,4'-дифеніл(метан, сульфон)біс[2-азидо(N,N-діетилдитіокарбамато, O-етилдитіокарбонато)-(2-метил)пропанамідів]] **2-4** складають 80-92%.

Синтезовані азидо(N,N-діетилдитіокарбамато, O-етилдитіокарбонато)аміди **2-4** – кристалічні речовини з температурами плавлення 106-208<sup>0</sup>С, добре розчинні в спиртах, ацетоні, хлороформі. Виходи, константи, дані елементного аналізу та ЯМР <sup>1</sup>Н спектрів синтезованих речовин **2-4** наведені в табл. 1.

Слід зазначити, що наявність атома хлору в ароматичних ядрах 3,3'-[(3,3'-дихлоро)-4,4'-дифенілметанбіс(2-бromo-(2-метил)пропанамідів)] **1g, h** не забезпечує їх участь в реакції заміщення. Цю закономірність підтверджено даними елементного аналізу сполук **2g, h** та **4a, b**.

Будова одержаних сполук узгоджується з даними ЯМР <sup>1</sup>Н спектроскопії. Спектри ЯМР <sup>1</sup>Н азидо(N,N-діетилдитіокарбамато, O-етилдитіокарбонато)амідів **2-4** містять сигнали протонів ароматичних ядер: два дублети, синглети або мультиплет в ділянці 7.86-6.97 м.ч., та протонів амідної групи: два синглети в ділянках 7.95-7.40 і 7.67-7.22 м.ч. Протони CH<sub>2</sub>-груп, зв'язані з ароматичними ядрами, проявляються двома дублетами дублетів (похідні акриламиду) або двома дублетами (похідні метакриламиду) відповідно при 3.26-3.04 і 3.15-2.87 м.ч. Протони метинових груп, зв'язаних з азидо(N,N-діетилдитіокарбамато, O-етилдитіокарбонато)групою у випадку сполук **2a, 2c, 2e, 2g, 3a, 4a** характеризуються триплетами при 4.02-3.93 м.ч., а протони метильних груп метакриламідного фрагменту сполук **2a-ж** – синглетами при 1.74-1.44 м.ч. Спектри сполук **3a, b, 4a, b** додатково містять сигнали протонів етильних фрагментів діетилдитіокарбаматних та етилксантогенатних груп у вигляді мультиплетів (NCH<sub>2</sub>, OCH<sub>2</sub>) і триплетів (CH<sub>3</sub>) при 3.90-3.30 та 1.17-1.09 м.ч. відповідно.

Нами також проведено дослідження біс(2-хлоро-(2-метил)пропанамідів)] в умовах реакції нуклеофільного заміщення атомів хлору. Проте, які свідчать дані ЯМР <sup>1</sup>Н спектрів, цільові азидо(N,N-діетилдитіокарбамато, O-етилдитіокарбонато)аміди утворюються з незначними (до 30%) виходами, що зумовлене більшою енергією зв'язку C-Cl, порівняно з C-Br в молекулах хлорамідів.

Таким чином, реакції бромарилювання амідів ненасичених кислот, за умов використання як арилуючих реагентів бісдіазонієвих солей, дозволяють одержувати біс(2-бromo-(2-метил)пропанаміди), які є зручними синтонами для перетворень в плані синтезу різних функціоналізованих арилалкільних похідних. Перспективним напрямком таких перетворень є введення бромамідів в реакції нуклеофільного заміщення, що розширює синтетичні можливості одержання α-функціоналізованих амідів з високореакційноздатними групами, які безпосередньо не можуть бути отримані в умовах реакцій аніонарилювання.

Виходи, температури плавлення, дані елементного аналізу і ЯМР  $^1\text{H}$  спектрів 3,3'-[(3,3'-дихлоро)-4,4'-дифеніл(метан, сульфон)біс(2-азидо(N,N-діетилдитіокарбамато, О-етилдитіокарбонато)-(2-метил)пропанамідів)] (2-4)

Сполука	Вихід, %	Т пл. *, °C	Знайдено, %		Формула	Обчислено, %		Спектр ЯМР $^1\text{H}$ , $\delta$ , м.ч.
			N	S (Cl)		N	S (Cl)	
2a	90	148-150	29.81	–	$\text{C}_{18}\text{H}_{18}\text{N}_8\text{O}_2$	29.61	–	7.95 с, 7.67 с (4H, $\text{NH}_2$ ); 7.63 д, 7.36 д (8H, $-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}_6\text{H}_4-$ ); 4.02 т (2H, $\text{CHN}_3$ ); 3.12 дд, 2.97 дд (4H, $\text{CH}_2$ )
2b	92	153-154	27.32	–	$\text{C}_{20}\text{H}_{22}\text{N}_8\text{O}_2$	27.57	–	7.88 с, 7.64 с (4H, $\text{NH}_2$ ); 7.60 д, 7.38 д (8H, $-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}_6\text{H}_4-$ ); 3.15 д, 3.02 д (4H, $\text{CH}_2$ ); 1.66 с (6H, $\text{CH}_3$ )
2c	82	187-190	28.50	–	$\text{C}_{19}\text{H}_{20}\text{N}_8\text{O}_2$	28.55	–	7.65 с, 7.34 с (4H, $\text{NH}_2$ ); 7.18 с (8H, $-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_4-$ ); 3.93 т (2H, $\text{CHN}_3$ ); 3.89 с (2H, $-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_4-$ ); 3.04 дд, 2.87 дд (4H, $\text{CH}_2$ )
2d	84	191-193	26.77	–	$\text{C}_{21}\text{H}_{24}\text{N}_8\text{O}_2$	26.65	–	7.72 с, 7.40 с (4H, $\text{NH}_2$ ); 7.15 с (8H, $-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_4-$ ); 3.90 с (2H, $-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_4-$ ); 3.18 д, 3.00 д (4H, $\text{CH}_2$ ); 1.70 с (6H, $\text{CH}_3$ )
2e	89	200-202	25.41	7.30 (S)	$\text{C}_{18}\text{H}_{18}\text{N}_8\text{O}_4\text{S}$	25.33	7.25 (S)	7.82 с, 7.59 с (4H, $\text{NH}_2$ ); 7.86 д, 7.53 д (8H, $-\text{C}_6\text{H}_4-\text{SO}_2-\text{C}_6\text{H}_4-$ ); 4.00 т (2H, $\text{CHN}_3$ ); 3.22 дд, 3.10 дд (4H, $\text{CH}_2$ )
2f	90	205-208	23.71	7.00 (S)	$\text{C}_{20}\text{H}_{22}\text{N}_8\text{O}_4\text{S}$	23.80	6.82 (S)	7.89 с, 7.66 с (4H, $\text{NH}_2$ ); 7.80 д, 7.48 д (8H, $-\text{C}_6\text{H}_4-\text{SO}_2-\text{C}_6\text{H}_4-$ ); 3.21 д, 3.04 д (4H, $\text{CH}_2$ ); 1.72 с (6H, $\text{CH}_3$ )
2g	83	106-107	24.30	15.29 (Cl)	$\text{C}_{19}\text{H}_{18}\text{Cl}_2\text{N}_8\text{O}_2$	24.29	15.37 (Cl)	7.68 с, 7.44 с (4H, $\text{NH}_2$ ); 7.36 с, 7.29 д, 7.19 д (6H, $-\text{C}_6\text{H}_3-\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_3-$ ); 3.99 т (2H, $\text{CHN}_3$ ); 3.91 с (2H, $-\text{C}_6\text{H}_3-\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_3-$ ); 3.13 дд, 3.03 дд (4H, $\text{CH}_2$ )
2h	80	118-120	22.99	14.50 (Cl)	$\text{C}_{21}\text{H}_{22}\text{Cl}_2\text{N}_8\text{O}_2$	22.90	14.49 (Cl)	7.70 с, 7.53 с (4H, $\text{NH}_2$ ); 7.41 с, 7.28 д, 7.21 д (6H, $-\text{C}_6\text{H}_3-\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_3-$ ); 3.90 с (2H, $-\text{C}_6\text{H}_3-\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_3-$ ); 3.26 д, 3.14 д (4H, $\text{CH}_2$ ); 1.74 с (6H, $\text{CH}_3$ )
3a	87	194-195	10.54	21.48	$\text{C}_{28}\text{H}_{38}\text{N}_4\text{O}_2\text{S}_4$	9.48	21.71	7.53 с, 7.29 с (4H, $\text{NH}_2$ ); 7.45 д, 7.09 д (8H, $-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}_6\text{H}_4-$ ); 4.01 т (2H, $\text{CHSC(S)NEt}_2$ ); 3.81 -3.23 м (8H, $\text{CH}_2\text{CH}_3$ , 2H, $\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_4$ ); 3.06 дд (2H, $\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_4$ ), 1.14 т (12H, $\text{CH}_2\text{CH}_3$ )
3b	91	198-199	10.01	20.90	$\text{C}_{30}\text{H}_{42}\text{N}_4\text{O}_2\text{S}_4$	9.05	20.72	7.40 с, 7.22 с (4H, $\text{NH}_2$ ); 7.45 д, 7.09 д (8H, $-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}_6\text{H}_4-$ ); 3.90 -3.21 м (8H, $\text{CH}_2\text{CH}_3$ , 2H, $\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_4$ ); 3.15 дд (2H, $\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_4$ ), 1.44 с (6H, $\text{CH}_3$ ), 1.17 т (12H, $\text{CH}_2\text{CH}_3$ )
4a	84	168-169	4.95	21.00 (11.53)	$\text{C}_{24}\text{H}_{26}\text{Cl}_2\text{N}_2\text{O}_4\text{S}_4$	4.63	21.18 (11.71)	7.48 с, 7.36 с (4H, $\text{NH}_2$ ); 7.35 - 7.01 м (6H, $-\text{C}_6\text{H}_3-\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_3-$ ); 4.12 с (2H, $-\text{C}_6\text{H}_3-\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_3-$ ); 4.00 т (2H, $\text{CHSC(S)OEt}$ ); 3.81-3.19 м (4H, $\text{OCH}_2\text{CH}_3$ , 2H, $\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_3$ ); 3.01 дд (2H, $\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_3$ ), 1.09 т (6H, $\text{OCH}_2\text{CH}_3$ )
4b	86	173-174	4.72	19.75 (10.11)	$\text{C}_{27}\text{H}_{32}\text{Cl}_2\text{N}_2\text{O}_4\text{S}_4$	4.32	19.80 (10.95)	7.44 с, 7.38 с (4H, $\text{NH}_2$ ); 7.34 -6.97 м (6H, $-\text{C}_6\text{H}_3-\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_3-$ ); 4.14 с (2H, $-\text{C}_6\text{H}_3-\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_3-$ ); 3.77 -3.23 м (4H, $\text{OCH}_2\text{CH}_3$ , 2H, $\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_3$ ); 3.09 д (2H, $\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_3$ ), 1.48 с (6H, $\text{CH}_3$ ); 1.12 т (6H, $\text{OCH}_2\text{CH}_3$ )

Примітка: \* речовини перекристалізовані з метанолу.

## Експериментальна частина

Спектри ЯМР  $^1\text{H}$  сполук (**2-4**) зняті в  $\text{DMCO-D}_6$  на приладі Bruker Avance DRX-500, робоча частота 500 МГц, зовнішній стандарт – ТМС. Індивідуальність синтезованих сполук встановлювали методом тонкошарової хроматографії (ТШХ) на пластинках Silufol UV-254 (елюенти – бензол-метанол, 3:1; метанол-бензол-ацетон, 1:2:1).

**3,3'-[(3,3'-Дихлоро)-4,4'-дифеніл(метан, сульфон)біс(2-бромо- (2-метил)пропанаміди)] 1a-h** одержані за методиками, описаними в роботах [9, 48].

**3,3'-[(4,4'-дифенілбіс(2-азидопропанамід)] 1a**

До розчину 1.15 г (2,5 ммоль) 3,3'-[(4,4'-дифенілбіс(2-бромопропанамід)] (**1a**) в 75 мл безводного ДМФА додавали 1.0 г (15 ммоль)  $\text{NaN}_3$  і перемішували при кімнатній температурі впродовж 16 год. Реакційну масу виливали в 50 мл води, осад, що утворився, відфільтровували, сушили, після перекристалізації з метанолу одержали 0.86 г (90%) світло-сірих кристалів сполуки (**2a**) з т.пл. 148-150 $^{\circ}\text{C}$ .

Біс(азидоаміди) **2b-h** одержані аналогічно.

За цією ж методикою з бромамідів **1** і натрій N,N-діетилдитіокарбамату (калій етилксантогенату) синтезовані 3,3'-[(3,3'-дихлоро)-4,4'-дифеніл(метан, сульфон)біс[2-(N,N-діетилдитіокарбамато, О-етилдитіокарбонато)-(2-метил)пропанаміди)] **3-4a, b**.

**РЕЗЮМЕ**

Досліджені умови та запропонований метод двостадійного синтезу арилзаміщених біс[2-азидо(N,N-діетилдитіокарбамато, О-етилдитіокарбонато)-(2-метил)пропанамідів] на основі продуктів бромарилування амідів акрилової і метакрилової кислот.

**РЕЗЮМЕ**

Исследованы условия и предложен метод двухстадийного синтеза арилзамещенных бис[2-азидо(N,N-диэтилдитиокарбамато, О-этилдитиокарбонато)-(2-метил)пропанамидов] на основе продуктов бромарилуования амидов акриловой и метакриловой кислот.

**SUMMARY**

The conditions of synthesis of arylsubstituted bis[2-azido (N,N-diethyldithiocarbamate, O-ethyldithiocarbonato)-(2-methyl) propanamides] from bromarylation products of acrylamide and methacrylamide were studied and two-step method of synthesis was proposed.

**ЛІТЕРАТУРА**

1. Patai S. The Chemistry of the azido group / S/ Patai // N.-Y.: John Wiley & Sons, 1971. – 631 p.
2. Bräse S. Organic Azides - Syntheses and Applications / S. Bräse, K. Banert // Wiley, 2010. – 519 p.
3. Scriven E.F. V. Azides: Their preparation and synthetic uses / E.F. V. Scriven, K. Turnbull // Chemical Reviews. – 1988. – V. 88, №3. – P. 297–368.
4. Boyer J. H. Alkyl and Aryl Azides / J. H. Boyer, F. C. Canter // Chemical Reviews. – 1954. –V. 54, N. 1. – p. 1–57.
5. Clusius K. Reaktionen mit 15N.VI. Zur Struktur des Phenylazids / K. Clusius, H. R. Weisser // Helvetica Chimica Acta. – 1952. – V. 35, N. 5. – P. 1548–1559.
6. L'abbe G. Decomposition and addition reactions of organic azides / G. L'abbe // Chemical Reviews. – 1969. – V. 69, N. 3. – P. 345–363.
7. Heo I.-J. Direct Lactamization of Azido Amides via Staudinger-Type Reductive Cyclization / In-Jung Heo, Su-Jeong Lee, Chang-Woo Cho // Bull. Korean Chem. Soc. – 2012. – V. 33, N. 1. P. 333-336.
8. Vaultier M. Use of the Intramolecular Aza-Wittig Reaction for the Access to 2-Cyclopropyl Cyclic Imines Which are Key Intermediates in the Synthesis of Bicyclic Alkaloids / M. Vaultier, P. H. Lambert, R. Carrié // Bull. Soc. Chim. Belg. – 1985. – V. 94, N. 7. – P. 449-456.
9. Bisdiazonium tetrafluoroborates as arylating agents in anionarylation of acrylamides and methacrylamides / V.S. Baranovskii, V.N. Yatsyuk, B.D. Grishchuk // Russ. J. Gen. Chem. – 2013. – Vol. 83, N. 11: – P. 2040-2043.
10. Anionarylation of acrylic and methacrylic acids derivatives with p- and m-phenylenebisdiazonium tetrafluoroborates / V.S. Baranovskii, V.N. Yatsyuk, B.D. Grishchuk // Russ. J. Gen. Chem. – 2014. – Vol. 84, N. 8: – P. 1505-1509.
11. Reactions of bisdiazonium salts derived from monosubstituted m-phenylenediamines with amides and nitriles of unsaturated acids under anionarylation conditions / V.S. Baranovskii, V.N. Yatsyuk, A.N. Vasilenko, B.D. Grishchuk // Russ. J. Gen. Chem. – 2014. – Vol. 85, N. 8: – P. 1821-1825.
12. Яцюк, В. М. Дедіазоніювання ароматичних бісдіазонієвих солей в умовах реакцій Зандмейєра та аніонарилування : автореф. дис. ... канд. хім. наук : спец. 02.00.03 «Органічна хімія» / Яцюк Віталій Миколайович ; Національний університет «Львівська політехніка». – Львів, 2016. – 24 с.
13. Исследование влияния 1,4-бис(N,N-диметилдитиокарбамато)бензена на механические свойства эпоксидной матрицы / А. В. Букетов, А. А. Сапронов, В. М. Яцюк, Б. Д. Гришук, В. С. Барановский // Пластические массы. – 2014. – № 3-4. – С. 26–34.
14. Синтез та протимікробна активність бісгалогено(тіоціанато)амідів на основі бензидину та його похідних / В.М. Яцюк, В.С. Барановський, Г.М. Тулайдан, О.В. Покришко, С.І. Климнюк, Б.Д. Гришук / Вісник НУ «Львівська політехніка». Серія: «Хімія, технологія речовин та їх застосування». – № 761, 2013. – С.87-91.

Поступило до редакції 27.12.2016 р.