

УДК 547.853.3+547.779.1+ 547.789.13 + 547.792.1 + 547.792.6

Лендел В.Г., д.х.н., проф.; Онисько М.Ю., к.х.н., доц.; Сливка М.В., к.х.н., доц.;  
 Балог І.М., к.х.н., доц.; Король Н.І., асп.; Кривов'яз А.О., к.х.н., доц.;  
 Кут М.М., асп.; Луцьо С.А., викл.; Русин І.Ф., к.х.н., доц.;  
 Фаринюк Ю.І., к.х.н., доц.; Фізер М.М., к.х.н., викл.; Хрипак Н.П., к.х.н., доц.

## НАУКОВА ШКОЛА КАФЕДРИ ОРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ. ЕЛЕКТРОФІЛЬНА ГЕТЕРОЦИКЛІЗАЦІЯ ЯК УНІВЕРСАЛЬНИЙ МЕТОД СТВОРЕННЯ ГЕТЕРОЦИКЛІЧНИХ СИСТЕМ

ДВНЗ «Ужгородський національний університет», 88000, м.Ужгород, вул.Підгірна, 46;  
 e-mail: mvslivka@email.ua

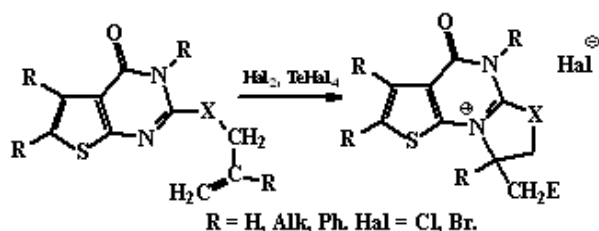
Відомо, що процес створення та анелювання гетероциклічного фрагменту широко використовується як універсальний метод в сучасній органічній хімії [1-3]. Так, цей метод з успіхом використаний при створенні таких гетероциклів як фуран [4], пірол [5], селенофен [6], піразол [7], піперазин [8], індол [9], хінолін [10, 11], імідазотіазол [12], імідазотриазин [13], тіазоло(оксазоло-)тієнопіримідин [14, 15].

Слід відзначити, що метод електрофільної гетероциклізації є базовим методом досліджень, які проводяться вченими кафедри органічної хімії ДВНЗ «Ужгородський національний університет». Наукову школу започатковано на кафедрі органічної хімії ще на початку 70 років минулого століття роботами Смоланки І.В. та Хрипака С.М. [16-18]. Першими об'єктами дослідження були функціонально заміщені алкени й алкіни, а згодом ненасичений фрагмент ввели як замісник в гетероцикл, чим було відкрито нові можливості методу електрофільної гетероциклізації, а саме – синтез поліконденсованих гетероциклів [19-40].

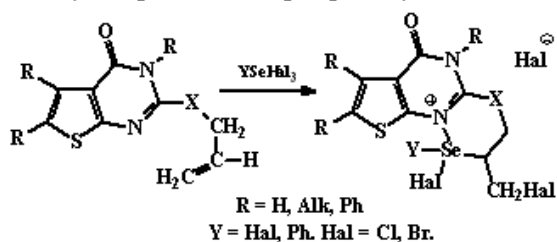
На сучасному етапі вченими кафедри активно розробляються умови проведення електрофільної гетероциклізації з одночасним варіюванням модельних гетероциклів та електрофільних реагентів. Результати досліджень запатентовані та публікуються в престижних фахових наукових виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз даних – це свідчить про визнання міжнародною науковою спільнотою результатів наукової діяльності вчених кафедри органічної хімії.

Так, слід відзначити, що однією з достатньо вивчених модельних систем є ненасичені похідні тієно[2,3-*d*]піримідину, відомості про дослідження яких було узагальнено у виданій вченими кафедри органічної хімії монографії [41].

Серед вагомих результатів досліджень похідних тієно[2,3-*d*]піримідину слід відзначити, що було досліджено дію таких класичних електрофільних реагентів як галогени та тетрагалогеніди селену й телуру на ненасичені етери й тіоетери. Показано, що циклізація алільних й металільних похідних регіоселективно призводить до анелювання тіазолонового чи оксазолонового циклу [37, 42-48] у випадку дії галогенів й тетрагалогеніду телуру:



У випадку ж дії [48-52] тетрагалогеніду селену чи фенілселентриброміду відмічено

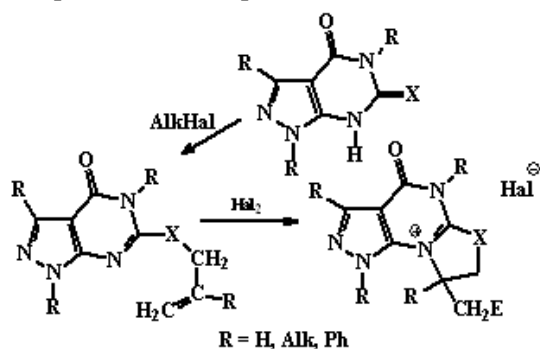


регіоселективне анелювання 6-членного кільця. В ряді робіт досліджено реакційну здатність цих конденсованих солей – в

результаті чого показано нові можливості функціоналізації гетероциклів [47, 53-55].

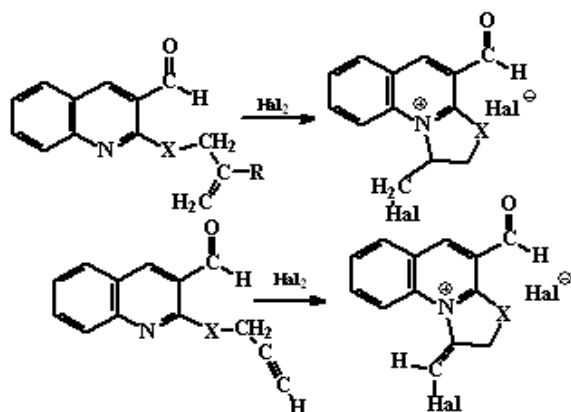
Аналогічну регіоселективність анелювання 5-членного циклу відмічено при дії галогенів на пропаргільні аналоги тієно[2,3-*d*]піримідину [56].

Широкий спектр досліджень по використанню електрофільної гетероциклізації також виконано для піразоло[3,4-*d*]піримідиновій системи – проведені дослідження як по синтезу модельних ненасичених субстратів [57-59], так і по їх гетероциклізації при дії галогенів [58-61].



Відмічено аналогічні до тієнопіримідинів закономірності в регіоселективності галогенування. Також в окремих роботах детально досліджено структуру отриманих поліконденсованих систем як класичним методом хімічного перетворення [61], так і комплексом сучасних спектральних методів аналізу [62].

Як модельний гетероцикл також використовували хіноліни. Так при галогенуванні ненасичених тієтерів й етерів 3-карбальдегідохінолінів спостерігали регіоселективне анелювання 5-членного циклу [63, 64]:

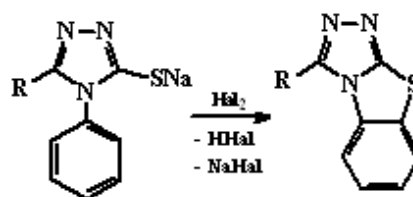


Причому, у випадку електрофільної гетероциклізації пропаргільного фрагменту –

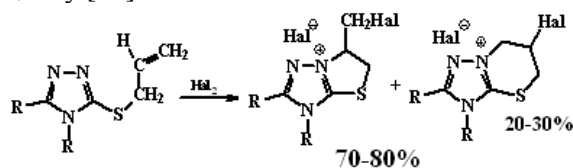
було відмічено стереоселективне утворення Е-ізомеру [63, 64].

Аналогічну регіоселективність анелювання 5-членного циклу відмічено при дії галогенів на ненасичені аналоги хіназолону [65-69].

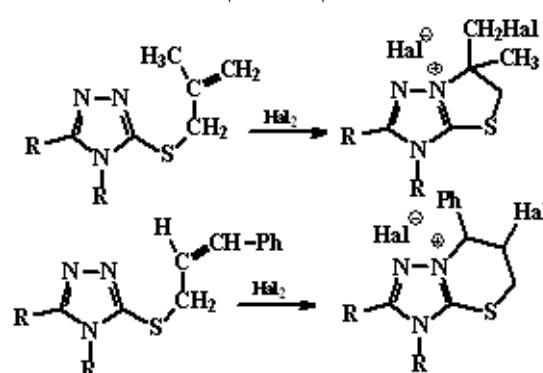
Система симетричного триазолу є також об'єктом досліджень, які проводяться вченими кафедри органічної хімії. Причому, слід зазначити, що окрім класичної електрофільної гетероциклізації, вченими кафедри органічної хімії для синтезу поліядерних гетероциклів також використовується модифікація методу, а саме, окислювальна гетероциклізація [70, 71].



В продовження робіт, які раніше проводились на кафедрі органічної хімії було детально досліджено специфіку електрофільної гетероциклізації 3-алкенілтіо-1,2,4-триазолів. Так, за допомогою сучасних методів спектрального аналізу вдалось встановити, що галогенування алільного тієтеру реалізується із 70-80% регіоселективністю анелювання 5-членного циклу [72].



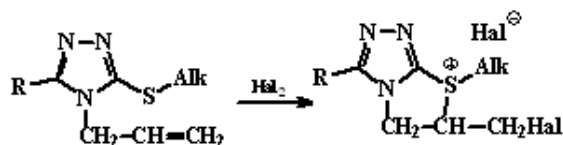
Натомість циклізація металільних та



циннималільних аналогів регіоспецифічно призводить до утворення тіазолінотриазолів

та тіазинотриазолів, залежно від природи алкенильного фрагменту [73].

Раніше на кафедрі органічної хімії детально було вивчено електрофільну циклізацію 4-алільного замісника на екзоциклічний атом Сульфуру. В продовження цих досліджень було «закрито» атом Сульфуру алкільним замісником і проведено галогенування утворених тіоетерів – в результаті вдалось отримати гетероциклічні солі сульфону, а також вивчити їх хімічні властивості [74, 75].



Цікава серія робіт виконана вченими кафедри органічної хімії в результаті введення в класичну модель 4-аліл-3-тіо-1,2,4-триазолу додаткового нуклеофільного центру – а саме, екзоциклічного атому нітрогену в 5 положення. В результаті вдалось дослідити й знайти оптимальні умови електрофільної гетероциклізації для досягнення максимальної регіоселективності і як наслідок розробити препаративні методики синтезу конденсованих піримідинотриазолів, тіазолінотриазолів та раніше неописаної в літературі системи тіазолінотриазолопіримідинію [76-81].

**Висновки:** оглядове дослідження наукових результатів вчених кафедри органічної хімії за останні 20 років розкриває нові можливості й перспективи наукової школи, яка зародилась 50 років тому. Дослідженнями науковців кафедри органічної хімії показано, що метод електрофільної гетероциклізації може бути використаний як універсальний в якості потужного інструменту для створення поліконденсованих гетероциклів, на базі модельних гетероциклічних сполук, які містять ненасичений фрагмент.

#### Список використаних джерел

1. Godoi B., Schumacher R.F., Zeni G. Synthesis of Heterocycles via Electrophilic Cyclization of Alkynes Containing Heteroatom. *Chem. Rev.* 2011, 111, 2937–2980.

2. Геваза Ю.И., Станинец В.И., Зефиоров Н.С. Электрофильная внутримолекулярная циклизация олефинов. К.: *Наукова думка*, 1990. С. 156.

3. Геваза Ю.И., Станинец В.И. Реакции электрофильной внутримолекулярной циклизации алкенил- и алкинилзамещённых гетероциклов, протекающие с участием их нуклеофильных центров. *Укр. хим. журн.* 2002, 68(12), 67–76.

4. Raffa G., Balme G., Monterio N. Direct Access to Fully Substituted 3-Formyl-4-iodofurans through Iodocyclization of  $\alpha$ -Alkynyl  $\beta$ -Alkoxy Enones. *Eur. J. Org. Chem.* 2013, 105–110.

5. Spina R., Colacino E., Gabriele B., Salerno G., Martinez J., Lamaty F. Preparation of enantio-enriched iodinated pyrrolinones by iodocyclization of  $\alpha$ -amino-ynones. *Org. Biomol. Chem.* 2012, 10, 9085–9089.

6. Gai R.M., Schumacher R.F., Back D.F., Zeni G. Regioselective Formation of Tetrahydroselenophenes via 5-exo-dig-Cyclization of 1-Butylseleno-4-alkynes. *Org. Lett.* 2012, 14, 6072–6075.

7. Zora M., Kivrak A., Yazici C. Synthesis of Pyrazoles via Electrophilic Cyclization. *J. Org. Chem.* 2011, 76, 6726–6742.

8. Gulevskaya A.V., Lazarevich R.Yu., Pozharskii A.F. Electrophilic cyclizations of 2,3-dialkynylquinoxalines and 1,2-dialkynylbenzenes: a comparative study. *Tetrahedron.* 2013, 69, 910–917.

9. Yue D., Larock R.C. Synthesis of 3-Iodoindoles by Electrophilic Cyclization of *N,N*-Dialkyl-2-(1-alkynyl)anilines. *Org. Lett.* 2004, 6, 1037–1040.

10. Huo Z., Gridnev I.D., Yamamoto Y. A Method for the Synthesis of Substituted Quinolines via Electrophilic Cyclization of 1-Azido-2-(2-propynyl)benzene. *J. Org. Chem.* 2010, 75, 1266–1270.

11. Zhang X., Yao T., Campo M.A., Larock R.C. Synthesis of substituted quinolines by the electrophilic cyclization of *n*-(2-alkynyl)anilines. *Tetrahedron.* 2010, 66, 1177–1187.

12. Jasiński M., Mlostoń G., Heimgartner H. Synthesis of 2,3-dihydroimidazo[2,1-*b*]thiazole derivatives via cyclization of *N*-allylimidazole-2-thiones. *J. Heterocyclic Chem.* 2010, 47, 1287–1293.

13. Krasnova L.B., Hein J.E., Fokin V.V. Synthesis of 7-Aza-5-deazapurine Analogues via Copper(I)-Catalyzed Hydroamination of Alkynes and 1-Iodoalkynes. *J. Org. Chem.* 2010, 75, 8662–8665.

14. Nesterenko A.M., Vas'kevich R.I., Zborovskii Yu.L., Staninets V.I. Reactions of 3-allyl-4-oxothieno[2,3-*d*]pyrimidin-2-yl disulfides with iodine. *Russian Chemical Bulletin.* 2005, 54, 2582–2585.

15. Wippich P., Gutschow M., Leistner S. Regioselective Preparation of 1-(Bromomethyl)-5*H*-thiazolo[3,2-*a*]quinazolin-5-ones and Analogous 5*H*-Thieno[3,2-*e*]thiazolo[3,2-*a*]pyrimidin-5-ones from Fused 2-(Alkenylthio)pyrimidin-4-ones. *Synthesis.* 2000, 714–720.

16. Смоланка И.В., Добош А.А., Хрипак С.М. 3-Аллил-4,5,6,7Н-бензо[b]-тиофено[3,2-е]-3,4Н-пиримидинон-4-тиол-2 и производные. *Химия гетероцикл. соед.* 1973, 4, 402–403.
17. Хрипак С.М., Добош А.А., Смоланка И.В. Синтез циклогексано[1,2:2,3]тиено[4,5-е]-1,3Н-пиримидинон-4-тиона-2 и некоторых его производных. *Там само.* 1973, 4, 567–568.
18. Смоланка И.В., Хрипак С.М., Зейкань А.А., Добош А.А. Синтез производных 2-селен-тиено[2,3-d]пиримидина. *Там само.* 1972, 6, 753–754.
19. Лендел В.Г., Пак Б.Й., Мигалина Ю.В., Кучи П., Дзурилла М., Кристиан П. Электрофильные реакции галогенидов элементов шестой группы. Присоединение тетрабром(хлор)селена к ацетилену и его производным. *Журн. орган. химии.* 1990, 26(9), 1849–1853.
20. Лендел В.Г., Пак Б.Й., Петрус В.В., Кияк М.Ю., Мигалина Ю.В. Препаративный синтез производных бензо[b]тио(селено, теллура)фенов. *Химия гетероцикл. соед.* 1990, 10, 1331–1334.
21. Лендел В.Г., Пак Б.Й., Балог И.М., Кияк М.Ю., Мигалина Ю.В. Электрофильные реакции галогенидов элементов шестой группы. Синтез конденсированной системы селен(теллура)азино-[2,3-g,h]карбазола. *Там само.* 1990, 1, 126–128.
22. Мигалина Ю.В., Сани А.Ю., Балог И.М., Петрус В.В., Ершова И.И., Лендел В.Г. Реакции N-замещённых амидов аллилуксусной кислоты с тетрагалогенидами селена и теллура. *Там само.* 1989, 6, 743–745.
23. Лендел В.Г., Сани А.Ю., Мигалина Ю.В., Пак Б.Й., Балог И.М. Синтез пергидроселен(телур)азинов, содержащих сульфамидную группу. *Там само.* 1989, 4, 564–567.
24. Хрипак С.М., Якубец В.И., Мигалина Ю.В., Козьмин А.С., Зефирова Н.С. Тиазоло(оксазоло)тиено[b]пиримидины; получение из 2-аллилтио(окси)тиено[2,3-d]пиримидинов и гидролиз. *Там само.* 1989, 3, 413–418.
25. Хрипак С.М., Якубец В.И., Добош А.А. Ацилирование и бромирование некоторых 2-меркаптотиено[2,3-d]пиримидинов, синтез их 2-производных. *Там само.* 1985, 10, 1333–1336.
26. Хрипак С.М., Крека М.И., Добош А.А., Якубец В.И. Ацилирование и йодирование 5-п-Р-фенил-1,2,4-триазолтионов-3. *Там само.* 1984, 6, 843–846.
27. Мигалина Ю.В., Станинец В.И., Лендел В.Г., Козьмин А.С., Зефирова Н.С. Синтез галоген-производных 2-селенадамантана. *Там само.* 1977, 12, 1633–1635.
28. Лендел В.Г., Мигалина Ю.В., Галла С.В., Козьмин А.С., Зефирова Н.С. Органические соединения селена и теллура. Синтез производных бензо[b]селенофена реакцией дибензаль- и бензальацетона с тетрабромселеном. *Там само.* 1977, 10, 1340–1342.
29. Мигалина Ю.В., Станинец В.И., Лендел В.Г., Балог И.М., Полюлин В.А., Козьмин А.С., Зефирова Н.С. Органические соединения селена и теллура. Реакции тетрагалогенидов селена с 1,5 и 1,6-диолефинами и их производными. *Там само.* 1977, 1, 58–62.
30. Хрипак С.М., Цицика М.М., Смоланка И.В. Аминометилирование 4,5-замещённых-1,2,4-триазолтионов-3. *Там само.* 1975, 7, 1000–1002.
31. Хрипак С.М., Цицика М.М., Смоланка И.В. Превращение замещённых 5-бензил-1,2,4-триазолтионов-3. *Там само.* 1975, 6, 844–846.
32. Цицика М.М., Хрипак С.М., Смоланка И.В. Превращение некоторых замещённых 1,2,4-триазолтионов-3. *Там само.* 1974, 10, 1425–1427.
33. Цицика М.М., Хрипак С.М., Смоланка И.В. Ацилирование некоторых замещённых 1,2,4-триазолтионов-3. *Там само.* 1974, 6, 851–853.
34. Добош А.А., Хрипак С.М., Смоланка И.В. Циклизация некоторых замещённых 2-(N-ацилтиоуреидо)-3-карбэтокси-тиофенов. *Там само.* 1974, 4, 486–488.
35. Лендел В.Г., Мигалина Ю.В., Козьмин А.С., Зефирова Н.С. Синтез новой гетероциклической системы – селенадамантана. *Там само.* 1978, 5, 708.
36. Онисько М.Ю., Лендел В.Г., Станинец В.И. Взаимодействие тетрагалогенидов селена и теллура с бис(фенилэтинил)диметилсиланом. *Укр. хим. журн.* 1999, 65(8), 136–138.
37. Хрипак С.М., Якубец В.И., Лендел В.Г., Васькевич Р.И., Станинец В.И. Циклизация 2-аллилтиотиено[2,3-d]пиримидинов тетрагалогенидами селена и теллура. *Там само.* 1998, 64(12), 128–132.
38. Мигалина Ю.В., Лендел В.Г., Балог И.М., Станинец В.И. Реакции тетрабромселена(теллура) с бицикло[2,2,1]-2,5-гептадиеном. *Там само.* 1981, 47(12), 1293–1295.
39. Смоланка И.В., Хрипак С.М., Фролова М.П., Добош А.А. Алкилирование 2-тиоуреидных производных 3-карбэтокситиофенов. *Там само.* 1979, 45(9), 871.
40. Цицика М.М., Хрипак С.М., Смоланка И.В. Бром- и йодциклизация некоторых 4-аллил-1,2,4-триазолтионов-3. *Там само.* 1976, 42(8), 841.
41. Хрипак С.М., Сливка М.В., Лендел В.Г. Синтез та властивості тіено[2,3-d]піримідинів: Монографія. Ужгород: ВАТ «Патент», 2009. С. 132.
42. Васькевич Р.И., Хрипак С.М., Станинец В.И., Зборовский Ю.Л., Чернега А.Н. Синтез конденсированных тиазолотиенопиримидинов. *Журн. орган. химии.* 2000, 36(7), 1091–1096.
43. Хрипак С.М., Васькевич Р.И., Зборовский Ю.Л., Станинец В.И. Синтез конденсированных

- производных триазолотиенопиримидина. *Там само.* 2000, 36(3), 448–449.
44. Васькевич Р.И., Хрипак С.М., Станинец В.И., Зборовский Ю.Л., Нестеренко А.М., Пирожено В.В. Синтез производных тиазинотиенопиримидина и их перегруппировка в триазолотиенопиримидины. *Укр. хим. журн.* 2000, 66(11), 47–52.
45. Хрипак С.М., Васькевич Р.И., Зборовский Ю.Л., Станинец В.И. Синтез 2-ацетиламино-4(Н)тиено[2,3-д][1,3]тиазин-4-онов. *Там само.* 1999, 65(11/12), 54–58.
46. Kchripak S.M., Plesha M.V., Slivka M.V., Yakubets V.I., Krivovjaz A.O. Synthesis and Reactivity of 1-Bromomethyl-5-Oxo-4-Phenyl-1,2,4,5,6,7,8,9-octahydrobenzo[4,5]thieno[3,2-e]-[1,3]oxazolo[3,2-a]pyrimidin-11-ium Bromides. *Russian Journal of Organic Chemistry.* 2004, 40(11), 1749–1750.
47. Kchripak S.M., Rusin I.F., Slivka M.V., Lendel V.G. Interaction of Tellurium-Containing Thieno[3,2-e][1,3]-Thiazolo[3,2-a]Pyrimidin-11-ium Halogenides with O-Nucleophiles. *Ukr. Khim. Zh.* 2007, 73(3), 39–43.
48. Онисько М.Ю., Лендел В.Г., Станинец В.И. Взаимодействие 2-пропаргилтио-3-фенил-4-оксо-5,6,7,8-тетрагидробензо[б]тиено[2,3-д]пиримидина с тетрагалогенидами селена и теллура. *Укр. хим. журн.* 1999, 65(4), 116–118.
49. Лендел В.Г., Кривовяз А.А., Зборовский Ю.Л., Станинец В.И., Туров А.В. О характере связи Se-Br в продуктах взаимодействия фенилселентрибромидов с производными 2-аллил- и 2-пропаргилтиотиено[2,3-д]пиримидин-4-(3Н)-онами. *Там само.* 2003, 69(2), 110–112.
50. Лендел В.Г., Кривовяз А.А., Зборовский Ю.Л., Станинец В.И., Туров А.В. Взаимодействие 2-аллил-(2-пропаргил)-тио-5-Р-1,2,4-оксодиазолов с фенилселентригалогенидами. *Там само.* 2002, 68(11), 47–52.
51. Лендел В.Г., Кривовяз А.А., Зборовский Ю.Л., Станинец В.И. Взаимодействие производных 2-пропаргилтиотиено[2,3-д]пиримидин-4-онов с фенилселентригалогенидами. *Там само.* 2002, 68(9), 43–46.
52. Лендел В.Г., Кривовяз А.А., Зборовский Ю.Л., Станинец В.И., Гетероциклизация 2-аллилтиотиотиено[2,3-д]пиримидин-4-онов под действием фенилселентригалогенидов. *Там само.* 2002, 68(3-4), 114–117.
53. Kchripak S.M., Slivka M.V., Slivka Mar.V., Lendel V.G. Thienooxazolopyrimidinium Salts. Reaction of 1-Bromomethyl-5-oxo-4-phenyl-1,2,4,5,6,7,8,9-octahydro[1]-benzothieno[3,2-e][1,3]-oxazolo[3,2-a]pyrimidin-11-ium Bromide with Oxygen-Centered Nucleophiles. *Russian Journal of Organic Chemistry.* 2007, 43(3), 439–442.
54. Devinyak O., Slivka M., Slivka Mar., Vais V., Lendel V. Quantitative structure-activity relationship study and directed synthesis of thieno[2,3-d]pyrimidine-2,4-diones as monocarboxylate transporter 1 inhibitors. *Med. Chem. Res.* 2012, 21(9), 2263–2272.
55. UA Patent № 89.300 C2, Slivka M.V., Slivka Mar.V., Usenko R.M., Lendel V.G. Technique of receiving of N-vinyl functional derivatives of 5,6-member Nitrogen-containing heterocycles. January 11, 2010, Bull. № 17, 14 p.
56. Marina Slivka, Andrej Krivovjaz, Mikhailo Slivka, Vasil Lendel. Stereoselective Synthesis of (E)-Halomethylidene[1,3]Thiazolo[3,2-a]Thieno[3,2-e]Pyrimidinium and Analogous [1,3]Oxazolo[3,2-a]Thieno[3,2-e]Pyrimidinium Halides Starting from 3-N-Substituted 2-Propargylthio(oxy)-Thieno[2,3-d]pyrimidin-4-ones. *Heterocycl. Commun.* 2013, 19(3), 189–193.
57. Onisko M.Yu., Svalyavin O.V., Lendel V.G. Synthesis and halogenation of allylthioethers of pyrazolo[3,4-d]pyrimidine. *Chemistry of Heterocyclic Compounds.* 2007, 4, 602–605.
58. Onisko M.Yu., Svalyavin O.V., Turov A.V., Lendel V.G. Synthesis and halogenation of propargyl pyrazolo-[3,4-d]pyrimidine thioether. *Chemistry of Heterocyclic Compounds.* 2008, 7, 1085–1089.
59. Svalyavin O.V., Onisko M.Yu., Turov A.V., Vlasenko Uy.G., Lendel V.G. Peculiar electrophilic heterocyclization of 5-allyl-6-thioxopyrazolo[3,4-d]pyrimidin-4-one. *Chemistry of Heterocyclic Compounds.* 2013, 3, 526–531.
60. Свалявин О.В., Онисько М.Ю., Туров А.В., Лендел В.Г. Синтез и исследование некоторых химических свойств 8-бромметил-8-метил-4-оксо-5-фенил-4,5,7,8-тетрагидро-2h-пиразоло[4,3-е]-[1,3]тиазоло[3,2-а]пиримидиний трибромидов. *Укр. хим. журн.* 2013, 78(3), 18–21.
61. Onisko M.Yu., Svalyavin O.V., Lendel V.G. Synthesis of alkyl thioethers of pyrazolo[3,4-d]pyrimidine. *Chemistry of Heterocyclic Compounds.* 2009, 7, 1044–1046.
62. Свалявин О.В., Свалявин Н.И., Баля А.Г., Онисько М.Ю., Туров А.В., Лендел В.Г. Синтез тригалогенидных солей тиазолинийпиразоло[4,3-д]пиримидина и особенности их спектров ЯМР. *Доповіди НАН України.* 2014, 1, 136–141.
63. Onisko M.Yu., Lendel V.G. Haloheterocyclization of 2-allyl(propargyl)oxy-quinoline-3-carbaldehydes. *Chem. Heterocycl. Comp.* 2007, 8, 1204–1208.
64. Onisko M.Yu., Lendel V.G. Haloheterocyclization of 2-methallyl(propargyl)-thioquinoline-3-carbaldehydes. *Chemistry of Heterocyclic Compounds.* 2009, 7, 1072–1075.
65. Зборовский Ю.Л., Орыськ В.В., Добош А.А., Станинец В.И., Пирожено В.В., Чернега А.Н. Реакции гетероциклизации производных 2-(2-пропинилтио)-4(1Н)-хиназолинона. *Хімія гетероцикл. соед.* 2003, 8, 1255–1262.

66. Орысык В.В., Зборовский Ю.Л., Станинец В.И., Добош А.А., Хрипак С.М. Синтез тиазино- и тиазолохиназолинонов циклизацией S-(2-пропенильных) производных 2-тиоксо-2,3-дигидро-4(1H)-хиназолинона. *Там само.* 2003, 5, 739–744.
67. Зборовский Ю.Л., Орысык В.В., Добош А.А., Хрипак С.М., Несторенко А.М., Станинец В.И. Синтез производных тиазоло- и тиазтно[3,2-а]хиназолинонов. *Укр. хим. журн.* 2002, 68(12), 95–99.
68. Орысык В.В., Зборовський Ю.Л., Добош А.А., Станинець В.І., Хрипак С.М. Галогенциклізація 2-(2-пропенілтіо)-4(1H)-хіназолинонів. *Там само.* 2002, 68(5), 36–40.
69. Орысык В.В., Добош А.А., Зборовский Ю.Л., Станинец В.И., Хрипак С.М. Галогенциклізація 2-(2-пропенілтіо)-4(1H)-хіназолинона под действием электрофильных агентов. *Там само.* 2001, 67(9), 46–48.
70. UA Patent № 88251 C2, Slivka M.V., Rusin I.F., Lendel V.G. Technique of receiving of 1,1-dibromo-5-aryl-1,2,4-triazolo[4,3-c]benzo[e]-tellurothiazines. December 29, 2009, Bull. № 18, 6 p.
71. Kchripak S.M., Staninetc V.I., Slivka M.V., Zborovskii Yu.L. The Oxidative Heterocyclization of 3-Mercapto-4-Phenyl-3H-1,2,4-Triazole's Sodium Salt's Derivatives. *Ukr. Khim. Zh.* 2001, 67(4), 110–113.
72. Usenko R.M., Slivka M.V., Lendel V.G. Electrophilic Haloheterocyclization of Allylthioether 4,5-Disubstituted 1,2,4-Triazol-5-Thiole. *Chem. Heterocycl. Comp.* 2011. № 8. P. 1029–1036.
73. Mikhailo Slivka, Nataliya Korol, Ivan Rusyn, Vasyi Lendel. Synthesis of [1,3]thiazolo[3,2-b][1,2,4]triazol-7-ium and [1,2,4]triazolo[5,1-b][1,3]thiazin-4-ium salts via regioselective electrophilic cyclization of 3-S-alkenylthio-4H-1,2,4-triazoles. *Heterocycl. Commun.* 2015, 21(6), 397–401.
74. Slivka M.V., Kchripak S.M., Britcun V.M., Staninetc V.I. Synthesis of 3-substituted 1,2,4-triazolo[3,4-b]thiazolium halides. *Russian Journal of Organic Chemistry.* 2000, 36(7), 1064–1069.
75. Kchripak S.M., Slivka M.V., Zborovskii Yu.L., Staninetc V.I. The Interaction of Derivatives of 3-S-Substituted 4-Bromomethyl-7-p-Nitrophenyl-4,5H-1,2,4-Triazolo[3,4-b]Thiazol-3-ium Bromide with Secondary Amines. *Ukr. Khim. Zh.* 2001, 67(5), 40–43.
76. Maksym Fizer, Mikhailo Slivka, Vjacheslav Baumer, Vasil Lendel. Synthesis of 3-alkyl-5-allylamino-2-benzoylimino-1,3,4-thiadiazoles via Dimroth rearrangement. *Heterocycl. Commun.* 2016, 22(2), 79–83.
77. Maksym Fizer, Mikhailo Slivka. Synthesis of [1,2,4]triazolo[1,5-a]pyrimidine (microreview). *Chemistry Heterocyclic Compounds.* 2016, 52(3), 155–157.
78. Mikhailo Slivka, Maksym Fizer; Sergij Sukharev, Ruslan Mariychuk, Vasil Lendel. Preparation of Bisthiourea and 5-Amino-4-benzoyl-1,2,4-triazol-3-thione Complexes of Copper (II), Nickel and Zinc and its biological evolution. *Journal of Organometallic Chemistry.* 2016, 804(15), 6–12.
79. Fizer M.M., Slivka M.V., Lendel V.G. Novel Method of Synthesis of 3,5,6,7-Tetrahydro-[1,2,4]-Triazolo[1,5-a]Pyrimidin-2(1H)-Thione. *Chem. Heterocycl. Comp.* 2013, 8, 1243–1245.
80. Maksym Fizer, Mikhailo Slivka, Eduard Rusanov, Alexandr Turov and Vasil Lendel. [1,3]Thiazolo[2',3':3,4][1,2,4]triazolo[1,5-a]pyrimidines – a New Heterocyclic System Accessed via Bromocyclization. *Journal of Heterocyclic Chemistry.* 2015, 52(3), 949–952.
81. Kchripak S.M., Slivka M.V., Vilkov R.V., Usenko R.M., Lendel V.G. Regioselectivity of the Monohalogenation of 4-Allyl-3-Allylamino-1,2,4-Triazole-5-thione. *Chem. Heterocycl. Comp.* 2007, 6, 781–785.

Стаття надійшла до редакції: 16.09.2016.

## SCIENTIFIC SCHOOL AT THE DEPARTMENT OF ORGANIC CHEMISTRY. ELECTROPHILIC HETEROCYCLIZATION AS A UNIVERSAL METHOD FOR CREATING OF HETEROCYCLIC SYSTEMS

**Lendel V.G., Onysko M.Yu., Slivka M.V., Balog I.M., Korol N.I., Krivoviaz A.O.,  
Kut M.M., Lucio C.A., Rusin I.F., Farinuk Yu.I., Fizer M.M., Khripak N.P.**

This review deals with scientific results of research of scientists of the Organic Chemistry department during the last 20 years and opens new possibilities and perspectives of development of the scientific school, which was born 50 years ago. Investigation of the scientists of Organic Chemistry department shows that the method electrophilic heterocyclization can be used as universal as a powerful tool for creating poly-condensed heterocycles based on the model of heterocyclic compounds containing unsaturated moiety.