



УДК 547.831.88+547.869+547.38

Сабо Т.Ш., асп.  0009-0005-2505-3728;Онисько М.Ю., д.х.н., проф.  0000-0001-6121-828X.

ВЗАЄМОДІЯ 2-АЛІЛТІОХІНОЛІН-3-КАРБАЛЬДЕГІДУ З ФЕНІЛСЕЛЕНТРИБРОМІДОМ

*ДВНЗ «Ужгородський національний університет», м. Ужгород вул. Підгірна 46**e-mail: tiberii.sabo@uzhnu.edu.ua*

В даній роботі досліджено процес взаємодії 2-алілтїохінолін-3-карбальдегіду з фенілселентрибромідом в різних за полярністю розчинниках. Знайдено, що проведення реакції в хлороформі приводить до утворення суміші продуктів бромо- та селеноіндукованої циклізації – мажорного броміду 1-бромометил-4-форміл-1,2-дигідро[1,3]тіазоло[3,2-а]хінолінію та мінорного броміду 1-фенілселененілметил-4-форміл-1,2-дигідро[1,3]тіазоло[3,2-а]хінолінію за рахунок існування рівноважної суміші фенілселентриброміду та фенілселененіл броміду і бромю. При проведенні реакції в ацетонітрилі формується комплекс броміду 1-бромометил-4-форміл-1,2-дигідро[1,3]тіазоло[3,2-а]хінолінію з фенілселененіл бромідом., який термічно руйнується при нагріванні в дихлорометані з виділенням індивідуального броміду 1-бромометил-4-форміл-1,2-дигідро[1,3]тіазоло[3,2-а]хінолінію. Показано, що використання фенілселентриброміду в таких розчинниках як хлороформ та ацетонітрил не сприяє проходженню селено-індукованої циклізації в реакції з алільним тіоетером хінолін-3-карбальдегіду. Вміст селеновмісної азаанельованої солі хінолінію залежить від полярності розчинника.

Ключові слова: 2-алілтїохінолін-3-карбальдегід; фенілселентрибромід; 1-бромометил-4-формілтіазоло[3,2-а]хінолін; 1-фенілселененілметил-4-формілтіазоло[3,2-а]хінолін; комплекс.

Конденсовані функціоналізовані гетероцикли на базі хіноліну проявляють високу біоактивність [1-7]. Введення в солі азаанельованого хінолінію органоселенової групи може змінити/підвищити протимікробну активність. Селенофункціоналізація нітрогенвмісних гетероциклів можлива методом електрофільної внутрішньомолекулярної циклізації (ЕВЦ) алкеніл- чи алкінілзаміщених заміщених гетероциклів [8-15]. Тому дана робота присвячена дослідженню взаємодії 2-алілтїохінолін-3-карбальдегіду з фенілселентрибромідом.

Попередні дослідження вказують, що 2-алілтїохінолін-3-карбальдегід **1** здатен циклізуватися галогенами, халькогентетрагалогенідами з утворенням галогенідів тіазолохінолінію чи тіаселеназінохінолінію [15, 16] з галогенометильними чи тригалогенотелурометильними групами. Відмітимо, що дія тетраброміду селену на тіоетер **1** приводила до утворення броміду

тіаселеназінохінолінію [15]. Введення в селеногалогенідний електрофільний реагент фенільної групи може змінити напрямок циклізації внаслідок зміни електронної густини на атомі селену чи стеричного фактору. Тому в якості електрофільного реагента вибрано фенілселентрибромід, який синтезовано з дифенілдиселеніду та бромю [17]. Також важливим фактором, що впливає на регіохімію процесу ЕВЦ є вибір розчинника. Галогено- чи халькогеноіндукована гетероциклізація алкенільних та алкінільних тіоетерів хінолін-3-карбальдегіду ефективно відбувалася в хлороформі, дихлорометані чи оцтовій кислоті [15, 16, 18, 19]. Алкілненасичені азатетрацикли (піримідини, діазоли, тощо) циклізували фенілселентрибромідом переважно в хлороформі [10]. Тому ми дослідили взаємодію алільного тіоетеру **1** з фенілселентрибромідом в хлороформі при кімнатній температурі. Хроматографічний моніторинг реакційної суміші після 24 годинного перемішування вказував на

відсутність вихідного тіоетеру і утворення двох продуктів. Аналіз спектру ЯМР¹H (рис.1) вказує на утворення мажорного продукту бромоециклізації – броміду 1-бромометил-4-форміл-1,2-дигідро[1,3]тіазоло[3,2-а]хінолінію **2** та мінорного продукту селеноіндукованої циклізації – броміду 1-фенілселененілметил-4-форміл-1,2-дигідро[1,3]тіазоло[3,2-а]хінолінію **3** (схема 1). Свідченням цього є сигнали протонів сполуки **2** у спектрі ПМР, які повністю співпадають з описаними в [16]. Для сполуки **3** характерним є сигнали ароматичних протонів фенілселененільного замісника кільця при 7.07 та 7.24 м.ч. та зміщення сигналу протону >N⁺-CH< групи у сильніше поле на 0,15 м.ч. Проходженням бром- та селеноіндукованої циклізації пояснюється

наявністю рівноваги $\text{PhSeBr}_3 \leftrightarrow \text{PhSeBr} + \text{Br}_2$ [20], яка в процесі реакції зміщується в хлороформі вправо завдяки більшій електрофільності бром, що індукує бромоециклізацію.

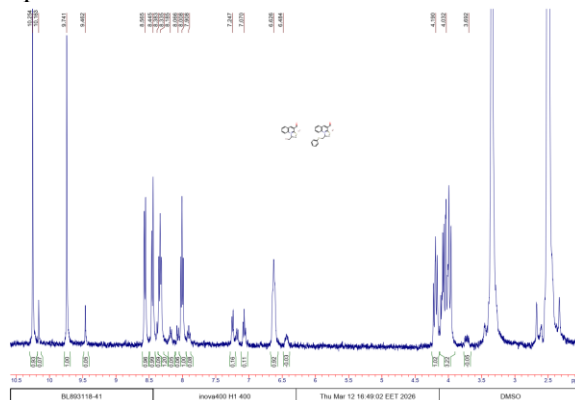
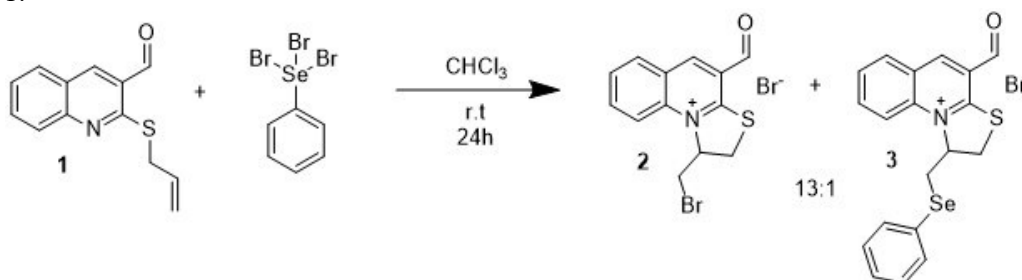


Рис.1. Спектр ЯМР¹H суміші **2** і **3**.

Схема 1.



Отже, виявилось що проведення селеноіндукованої циклізації в хлороформі є неефективним, тому ми замінили розчинник на ацетонітрил. Реакцію проводили в тих самих умовах. Хроматографічний і спектральний аналіз вказував на утворення одного продукту.

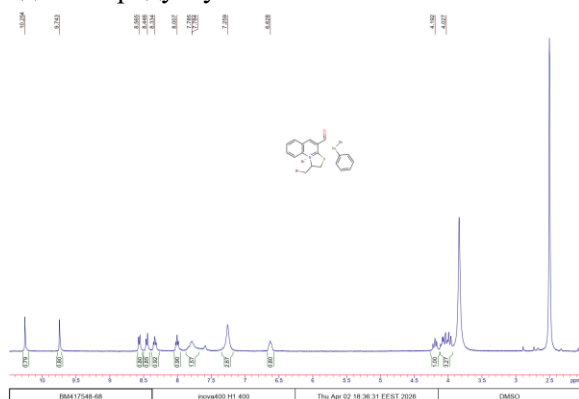


Рис.2. Спектр ЯМР¹H сполуки **4**.

У спектрі ЯМР¹H (рис.2) виділеного продукту реакції проявляється сигнал

метинового протону при 6.63 м.ч., метиленові протонів в області 4.02-4.20 м.ч. як і у сполуці **3**. Натомість, сигнали протонів при 7.26 та 7.78 м.ч. свідчать про наявність фенілселенільного замісника. Ми припустили, що відбулася селеноіндукована циклізація. Однак, теоретичне моделювання очікуваних селеновмісних солей тіазоло- чи тіаселеназинохінолінію вказували на відмінність реперного сигналу протону метинової групи, який мав би проявлятися в більш сильному полі для хінолінієвих солей з екзо- чи ендо-циклічним селеном. Виходячи з цього ми запропонували утворення комплексу броміду 1-бромометил-4-форміл-1,2-дигідро[1,3]тіазоло[3,2-а]хінолінію з фенілселененіл бромідом **4** (схема 2). Імовірно, відбувається координація атому селену на оксиген карбонільної групи та ендоциклічний атом сульфуру тіазольного кільця (рис.3). Підтвердженням запропонованої будови є руйнування комплексу при кип'ятінні **4** в дихлорометані.

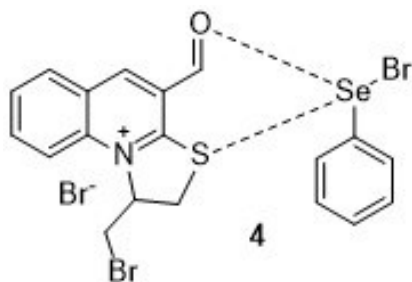
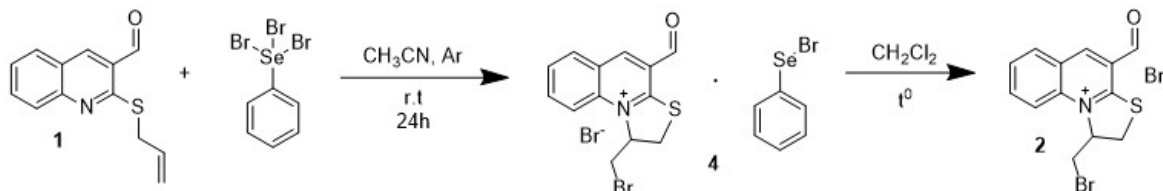


Рис.3. Імовірна будова комплексу 4.

Спектральне дослідження виділеного осаду вказало на руйнування комплексу з відщепленням фенолселененіл броміду та утворенням броміду **2** (рис.4). Добра розчинність фенолселененіл броміду в дихлорметані могла вказувати на його механічну суміш з бромідом **2**. Однак, при



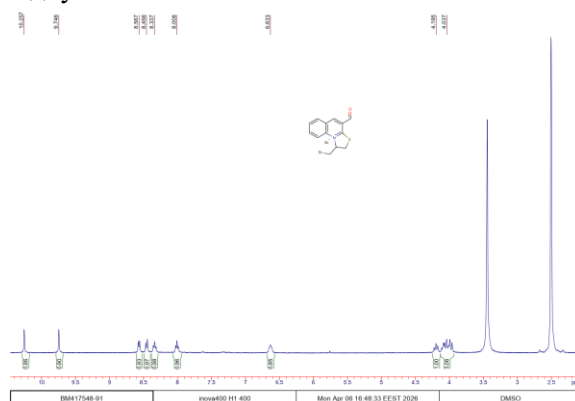
Таким чином, показано, що використання фенолселентриброміду в таких розчинниках як хлороформ та ацетонітрил не сприяє проходженню селено-індукованої циклізації в реакції з алільним тіоетером хінолін-3-карбальдегіду. Вміст селеновмісної азаанельованої солі хінолінію залежить від полярності розчинника.

Експериментальна частина

Спектри ЯМР виміряно на спектрометрі Мегсигу-400 з робочою частотою для ^1H 400 МГц та Bruker 170 Avance 500 з робочою частотою для ^{13}C 126 МГц. 2-алілтїохінолін-3-карбальдегід синтезовано за методикою [16].

Суміш броміду 1-бромометил-4-форміл-1,2-дигідро[1,3]тіазоло[3,2-а]хінолінію **2** та броміду 1-фенілселененілметил-4-форміл-1,2-дигідро[1,3]тіазоло[3,2-а]хінолінію **3**. До 1,25 ммоль 2-алілтїохінолін-3-карбальдегіду **1** розчиненого у 25 мл хлороформу або ацетонітрилу прикапують розчин 1,25 ммоль фенолселентриброміду у 25 мл хлороформу або ацетонітрилу. Реакційну суміш перемішували протягом 24 год. Осад, що

промиванні комплексу **4** дихлорметаном відщеплення фенолселененіл броміду не відбувалося.

Рис. 4. Спектр ЯМР ^1H броміду **2**.

утворився фільтрували та промивали хлороформом або ацетонітрилом.

^1H NMR (400 MHz, DMSO) δ 10.25 (s, 1H сполуки **2**), 10.16 (s, 1H сполуки **3**), 9.74 (s, 1H сполуки **2**), 9.46 (s, 1H сполуки **3**), 8.57 (d, 1H сполуки **2**), 8.45 (d, 1H сполуки **2**), 8.38 (d, 1H сполуки **3**), 8.33 (t, 1H сполуки **2**), 8.18 (t, 1H сполуки **3**), 8.06 (t, 1H сполуки **3**), 8.01 (t, 1H сполуки **2**), 7.91 (t, 1H сполуки **3**), 7.25 (t, 2H сполуки **3**), 7.07 (t, 3H сполуки **3**), 6.63 (m, 1H сполуки **2**), 6.48 (m, 1H сполуки **3**), 4.19 (t, 1H сполуки **2**), 4.03 (m, 3H сполуки **2**), 3.69 (m, 3H сполуки **3**), 3.35 ((m, 1H сполуки **3**).

Комплекс броміду 1-бромометил-4-форміл-1,2-дигідро[1,3]тіазоло[3,2-а]хінолінію з фенолселененіл бромідом 4. $T_{\text{пл.}} = 188-190^\circ\text{C}$. ^1H NMR (400 MHz, DMSO) δ 10.25 (s, 1H), 9.74 (s, 1H), 8.57 (d, 1H), 8.45 (d, 1H), 8.33 (d, 1H), 8.01 (t, 1H), 7.78 (m, 1H), 7.26 (m, 2H), 6.63 (m, 1H), 4.19 (t, 1H), 4.03 (m, 3H).

Бромід 1-бромометил-4-форміл-1,2-дигідро[1,3]тіазоло[3,2-а]хінолінію 2 Комплекс **4** кип'ять в дихлорметані 20 хв Отриманий осад фільтрують і промивають дихлорметаном. $T_{\text{пл.}} = 178-180^\circ\text{C}$. ^1H NMR (400 MHz, DMSO) δ 10.26 (s, 1H), 9.75 (s, 1H),

8.57 (d, 1H), 8.47 (d, 1H), 8.01 (t, 1H), 6.63 (m, 1H), 4.20 (t, 1H), 4.04 (m, 3H).

Дослідження проводились за грантової підтримки Національного фонду досліджень України (проект № 2023.03/0176 «Стратегія спрямованого синтезу функціональних халькогенгалогенідних матеріалів для потреб медицини й енергетики»).

Конфлікт інтересів. Автори зазначають про відсутність конфлікту інтересів.

Внесок авторів: Сабо Т.Ш.- виконання експерименту, обробка даних, написання статті); Онисько М.Ю. – концептуалізація, обробка даних, написання статті.

Список використаних джерел

1. Elshaier Y., Aly A., El-Aziz M., Fathy H., Brown A., Ramadan M. A review on the synthesis of heteroannulated quinolones and their biological activities. *Mol Divers.* 2022, 26. 2341–2370. Doi:10.1007/s11030-021-10332-1.
2. Singh, V. K., Kumari, P., Som, A., Rai, S., Mishra, R., Singh, R. K. Design, synthesis and antimicrobial activity of novel quinoline derivatives: an in silico and in vitro study. *J. Biomol. Struct. Dyn.* 2024, 42(13), 6904–6924. Doi: 10.1080/07391102.2023.2236716.
3. Rao, I. R., Punitha, P., Premalatha, B., Prasad, T. S., Suresh, M. Synthesis, structure identification, antioxidant and antimicrobial activities of some novel quinoline derivatives. *Discov. chem.* 2024 1(1). 65. Doi: 10.1007/s44371-024-00068-w.
4. Al-Matarneh, C. M., Nicolescu, A., Marinaş, I. C., Găboreanu, M. D., Shova, S., Dascălu, A., Silion M., Pinteală, M. New library of iodo-quinoline derivatives obtained by an alternative synthetic pathway and their antimicrobial activity. *Molecules.* 2024, 29(4). 772. Doi: 10.3390/molecules29040772.
5. Ali R., Mohammed H. Biological activity and latent fingerprints detection by azo quinoline dye and its complexes. *Period. Eng. Nat. Sci.* 2021, 9(3). 317–329. Doi: 10.21533/pen.v9i3.2130.
6. Solanki, V., Ibrahim, M., Doshi, A., Das, A. K., Sarvaiya, H., Jain, V., Jadeja, Y. Study on synthesis, antimicrobial properties, antioxidant effects, and anticancer activity of new quinoline derivatives. *Chem. Biodivers.* 2025, 22(11). e00646. Doi: 10.1002/cbdv.202500646
7. Weyesa A., Mulugeta E. Recent advances in the synthesis of biologically and pharmaceutically active quinoline and its analogues: a review. *RSC advances.* 2020, 10(35). 20784–20793. Doi: 10.1039/D0RA03763J.
8. Slivka M., Onysko M. The Use of Electrophilic Cyclization for the Preparation of Condensed Heterocycles. *Synthesis.* 2021, 53(19), 3497–3512, Doi: 10.1055/s-0040-1706036.
9. Godoi B., Schumacher R.F., Zeni G., Synthesis of heterocycles via electrophilic cyclization of alkynes containing heteroatom. *Chem. Rev.* 2011, 111(4). 2937–2980. Doi: 10.1021/cr100214d.
10. Sharga B.M., Krivovjaz A.O., Slivka M.V., Lambruch L.M., Cheypesh A.V., Lendel V.G., Nikolaychuk V.I., Markovich V.P.. Synthesis and antimicrobial activity of phenylselenyl tribromide and its fused thienopyrimidine derivatives. *Farmacia.* 2016, 64 (4), 512–520.
11. Sperança A., Godoi B., Costa M.D., Menezes P. H., Zeni G. Electrophilic cyclization of 3-alkynyl-4-chalcogen-2-H-chromenes: synthesis of 3-halo-chalcogenophene [3, 2-c] chromene derivatives. *Tetrahedron letters,* 2011, 52(3). 388–391. Doi: 10.1016/j.tetlet.2010.11.049.
12. Dubrovskiy Y.C., Larock R.C. Synthesis of Quinolines by Electrophilic Cyclization of N-(2-Alkynyl) Anilines: 3-Iodo-4-Phenylquinoline. *Organic Syntheses.* 2003, 89. 294–306. Doi: 10.15227/orgsyn.089.0294.
13. 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(6), 1177–1187. Doi: 10.1016/j.tet.2009.12.012.
14. Rvovic M.D., Divac V.M., Radenkovic N., Bugarcic Z.M. Cyclization of unsaturated alcohols. Mild and efficient selenocyclization of pent-4-en-1-ol. *Z. Naturforsch. B/* 2011, 66/ 1275–1277. Doi: 10.1515/znb-2011-1213.
15. Філак І.О., Онисько М.Ю., Лендел В.Г. Халькогенгалогенування 2-алкенілтіохінолін-3-карбальдегіду. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Хімія.* 2011, 26(2). 74–77.
16. Onysko M., Filak I., Lendel V. Halogenoheterocyclization of terminallysubstituted 2-allylthio(seleno)quinolin-3-carbaldehydes. *Heterocyclic Communications.* 2017, 23(4). 309–312. Doi: 10.1515/hc-2017-0024.
17. Barnes N.A., Godfrey S.M., Halton R.T., Pritchard R.G. A comparison of the solid state structures of the selenium (iv) compounds PhSeX 3 (X= Cl, Br). *Dalton Transactions.* 2005, 10. 1759–1761. Doi: 10.1039/B504241K.
18. Sabo T.Sh., Ostapchuk E.M., Onysko M.Yu. Halogenocyclization of terminal 2-butynyl(pentynyl)thioquinoline-3-carbaldehyde. *Journal of Chemistry and Technologies.* 2024, 32(4). 874–879. Doi: 10.15421/jchemtech.v32i4.316454.
19. Сабо Т.Ш., Онисько М.Ю., Лендел В.Г. Дослідження процесу телурогалогенування термінального 2-бутінілтіохінолін-3-карбальдегіду. *Наук. вісник Ужгород. ун-ту (Сер.*

Хімія), 2025, 54(2). 60–65. Doi: 10.24144/2414-0260.2025.2.60-65.

20. Barnes N.A., Godfrey S.M., Ollerenshaw R.T.A., Khan R.Z. Pritchard, Robin G. Structural isomerism in (p- XC_6H_4) SeCl_3 and (p- XC_6H_4) SeBr_3 (X = F, Cl) compounds. Co-crystallisation of cis- and trans-

dimeric forms of (p- ClC_6H_4) $\text{SeCl}_2(\mu\text{-Cl})_2(\text{p-ClC}_6\text{H}_4)\text{SeCl}_2$. A new structural modification for the “PhSeBr” reagent, $\text{Ph}_2\text{Se}_2\text{Br}_2$, containing an elongated Se–Se bond. *Dalton Transactions*. 2012, 41(48). 14583–14593. Doi: 10.1039/C2DT31539D.

Стаття надійшла до редакції 30.04.2026 р.; прийнята до друку 18.05.2026 р.; опублікована 29.05.2026 р.

INTERACTION OF 2-ALLYLTHIOQUINOLINE-3-CARBALDEHYDE WITH PHENYLSELENIUM TRIBROMIDE

Sabo T.Sh., Onysko M.Yu.

*Uzhhorod National University, Pidgirna Street 46, Uzhhorod, 88000, Ukraine.
e-mail: tiberii.sabo@uzhnu.edu.ua*

The interaction of 2-allylthioquinoline-3-carbaldehyde with phenylselenium tribromide in solvents of different polarity was investigated in this work. It was found that carrying out the reaction in chloroform leads to the formation of a mixture of bromo- and seleno-induced cyclization products: the major product, 1-bromomethyl-4-formyl-1,2-dihydro[1,3]thiazolo[3,2-a]quinolinium bromide, and the minor product, 1-phenylselenenylmethyl-4-formyl-1,2-dihydro[1,3]thiazolo[3,2-a]quinolinium bromide. This is attributed to the existence of an equilibrium mixture of phenylselenium tribromide, phenylselenenyl bromide, and bromine.

In contrast, conducting the reaction in acetonitrile results in the formation of a complex of 1-bromomethyl-4-formyl-1,2-dihydro[1,3]thiazolo[3,2-a]quinolinium bromide with phenylselenenyl bromide. This complex undergoes thermal decomposition upon heating in dichloromethane, yielding the individual 1-bromomethyl-4-formyl-1,2-dihydro[1,3]thiazolo[3,2-a]quinolinium bromide. It was demonstrated that the use of phenylselenium tribromide in solvents such as chloroform and acetonitrile does not promote seleno-induced cyclization in the reaction with the allyl thioether of quinoline-3-carbaldehyde. The content of the selenium-containing aza-annulated quinolinium salt depends on the polarity of the solvent.

Keywords: 2-allylthioquinoline-3-carbaldehyde; phenylselenotribromide; 1-bromomethyl-4-formylthiazolo[3,2-a]quinoline; 1-phenylselenonmethyl-4-formylthiazolo[3,2-a]quinoline; complex.

References

1. Elshaier Y., Aly A., El-Aziz M., Fathy H., Brown A., Ramadan M. A review on the synthesis of heteroannulated quinolones and their biological activities. *Mol Divers*. 2022, 26. 2341–2370. Doi:10.1007/s11030-021-10332-1.
2. Singh, V. K., Kumari, P., Som, A., Rai, S., Mishra, R., Singh, R. K. Design, synthesis and antimicrobial activity of novel quinoline derivatives: an in silico and in vitro study. *J. Biomol. Struct. Dyn*. 2024, 42(13), 6904–6924. Doi: 10.1080/07391102.2023.2236716.
3. Rao, I. R., Punitha, P., Premalatha, B., Prasad, T. S., Suresh, M. Synthesis, structure identification, antioxidant and antimicrobial activities of some novel quinoline derivatives. *Discov. chem*. 2024 1(1), 65. Doi: 10.1007/s44371-024-00068-w.
4. Al-Matarneh, C. M., Nicolescu, A., Marinaş, I. C., Găboreanu, M. D., Shova, S., Dascălu, A., Silion M., Pinteală, M. New library of iodo-quinoline derivatives obtained by an alternative synthetic pathway and their antimicrobial activity. *Molecules*. 2024, 29(4), 772. Doi: 10.3390/molecules29040772.
5. Ali R., Mohammed H. Biological activity and latent fingerprints detection by azo quinoline dye and its complexes. *Period. Eng. Nat. Sci*. 2021, 9(3). 317–329.

Doi: 10.21533/pen.v9i3.2130.

6. Solanki, V., Ibrahim, M., Doshi, A., Das, A. K., Sarvaiya, H., Jain, V., Jadeja, Y. Study on synthesis, antimicrobial properties, antioxidant effects, and anticancer activity of new quinoline derivatives. *Chem. Biodivers.* 2025, 22(11), e00646. Doi: 10.1002/cbdv.202500646
7. Weyesa A., Mulugeta E. Recent advances in the synthesis of biologically and pharmaceutically active quinoline and its analogues: a review. *RSC advances.* 2020, 10(35). 20784–20793. Doi: 10.1039/D0RA03763J.
8. Slivka M., Onysko M. The Use of Electrophilic Cyclization for the Preparation of Condensed Heterocycles. *Synthesis.* 2021, 53(19), 3497–3512, Doi: 10.1055/s-0040-1706036.
9. Godoi B., Schumacher R.F., Zeni G., Synthesis of heterocycles via electrophilic cyclization of alkynes containing heteroatom. *Chem. Rev.* 2011, 111(4). 2937–2980. Doi: 10.1021/cr100214d.
10. Sharga B.M., Krivovjaz A.O., Slivka M.V., Lambruch L.M., Cheypesh A.V., Lendel V.G., Nikolaychuk V.I., Markovich V.P.. Synthesis and antimicrobial activity of phenylselenyl tribromide and its fused thienopyrimidine derivatives. *Farmacia.* 2016, 64 (4), 512–520.
11. Sperança A., Godoi B., Costa M.D., Menezes P. H., Zeni G. Electrophilic cyclization of 3-alkynyl-4-chalcogen-2-H-chromenes: synthesis of 3-halo-chalcogenophene [3, 2-c] chromene derivatives. *Tetrahedron letters*, 2011, 52(3). 388–391. Doi: 10.1016/j.tetlet.2010.11.049.
12. Dubrovskiy Y.C., Larock R.C. Synthesis of Quinolines by Electrophilic Cyclization of N-(2-Alkynyl) Anilines: 3-Iodo-4-Phenylquinoline. *Organic Syntheses.* 2003, 89. 294–306. Doi: 10.15227/orgsyn.089.0294.
13. 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(6), 1177–1187. Doi: 10.1016/j.tet.2009.12.012.
14. Rvovic M.D., Divac V.M., Radenkovic N., Bugarcic Z.M. Cyclization of unsaturated alcohols. Mild and efficient selenocyclization of pent-4-en-1-ol. *Z. Naturforsch. B/* 2011, 66/ 1275–1277. Doi: 10.1515/znb-2011-1213.
15. Filak I.O., Onysko M.Yu., Lendel V.G. Chalcogenohalogenation of 2-alkenylthioquinoline-3-carbaldehyde. *Scientific Bulletin of Uzhhorod University (Chemistry Series).* 2011, 26(2). 74–77. (in Ukr).
16. Onysko M., Filak I., Lendel V. Halogenoheterocyclization of terminallysubstituted 2-allylthio(seleno)quinolin-3-carbaldehydes. *Heterocyclic Communications.* 2017, 23(4). 309–312. Doi: 10.1515/hc-2017-0024.
17. Barnes N.A., Godfrey S.M., Halton R.T., Pritchard R.G. A comparison of the solid state structures of the selenium (iv) compounds PhSeX₃ (X= Cl, Br). *Dalton Transactions.* 2005, 10. 1759–1761. Doi: 10.1039/B504241K.
18. Sabo T.Sh., Ostapchuk E.M., Onysko M.Yu. Halogenocyclization of terminal 2-butynyl(pentynyl)thioquinoline-3-carbaldehyde. *Journal of Chemistry and Technologies.* 2024, 32(4). 874–879. Doi: 10.15421/jchemtech.v32i4.316454.
19. Sabo T.Sh., Onysko M.Yu., Lendel V.G. Investigation of the process of tellurohalogenation of terminal 2-butynylthioquinoline-3-carbaldehyde. *Scientific Bulletin of Uzhhorod University (Chemistry Series).* 2025, 54(2). 60–65. Doi: 10.24144/2414-0260.2025.2.60-65. (in Ukr).
20. Barnes N.A., Godfrey S.M., Ollerenshaw R.T.A., Khan R.Z. Pritchard, Robin G. Structural isomerism in (p-XC₆H₄)SeCl₃ and (p-XC₆H₄)SeBr₃ (X = F, Cl) compounds. Co-crystallisation of cis- and trans-dimeric forms of (p-ClC₆H₄)SeCl₂(μ-Cl)₂(p-ClC₆H₄)SeCl₂. A new structural modification for the “PhSeBr” reagent, Ph₂Se₂Br₂, containing an elongated Se–Se bond. *Dalton Transactions.* 2012, 41(48). 14583–14593. Doi: 10.1039/C2DT31539D.