

УДК 547.734+547.735+ 547.85

Криворучко А.Р., студ.; Кут Д.Ж., PhD., с.н.с.; Кут М.М., к.х.н., доц.;  
Кривовяз А.О., к.х.н., доц.

## ВЗАЄМОДІЯ 4-(АЛІЛОКСИ)-5,6-ДИМЕТИЛ-2-(ТІОФЕН-2-ІЛ)ТІЄНО[2,3-*d*]ПІРИМІДИНУ З ТЕЛУРОВМІСНИМИ ЕЛЕКТРОФІЛЬНИМИ РЕАГЕНТАМИ

ДВНЗ «Ужгородський національний університет», 88000, м.Ужгород, вул.Підгірна,46;  
e-mail: [kutmykola@ukr.net](mailto:kutmykola@ukr.net)

Хімія телуровмісних електрофільних реагентів на сьогоднішній день залишається менш вивченою та дослідженою порівняно з іншими халькогеновмісними електрофілами. У наведеному дослідженні вивчено взаємодію тетрагалогенідів телуру та *n*-метоксифенілтелуртрихлориду з 4-(алілокси)-5,6-диметил-2-(тіофен-2-іл)тієно[2,3-*d*]піримідином. Виявлено, що реакції з тетрагалогенідами телуру, які генерували *in situ*, у льодяній оцтовій кислоті приводять до утворення адуктів складу 4-(алілокси)-5,6-диметил-2-(тіофен-2-іл)тієно[2,3-*d*]піримідин-тетрагалогенід телуру 1:1, будову яких підтверджено спектральними даними ЯМР <sup>1</sup>H, а склад елементним аналізом. Проведення реакції між 4-(алілокси)-5,6-диметил-2-(тіофен-2-іл)тієно[2,3-*d*]піримідином та *n*-метоксифенілтелуртрихлоридом в льодяній оцтовій кислоті не змінює напрямку реакції і призводить до адуктів аналогічного складу. На основі одержаних експериментальних даних показано, що природа електрофільного реагенту, заміна тетрагалогенідів телуру на арилтелуртрихлорид, не впливає на результат та не змінює напрямку реакції, що дозволяє регіоселективно отримувати адукти складу субстрат-електрофіл 1:1.

**Ключові слова:** 4-(алілокси)-5,6-диметил-2-(тіофен-2-іл)тієно[2,3-*d*]піримідин; алільний етер; тетрагалогеніди телуру; *n*-метоксифенілтелуртрихлорид; комплекс.

Хімія телуровмісних електрофільних реагентів вивчена не так добре як інших халькогеновмісних електрофілів, а використання цих сполук в органічному синтезі досить обмежене [1-4]. У 1996 році Уемура з колегами повідомили про застосування електрофілів телуру в реакціях приєднання [5, 6]. В роботі [7] синтезували декілька *Z*-вінілових телуридів, які були використані як електрофільні реагенти в реакціях сполучення з алкінами. Деякі ненасичені телуруорганічні електрофіли були застосовані в утворенні С-С зв'язку з нуклеофільним діетилцинком [8].

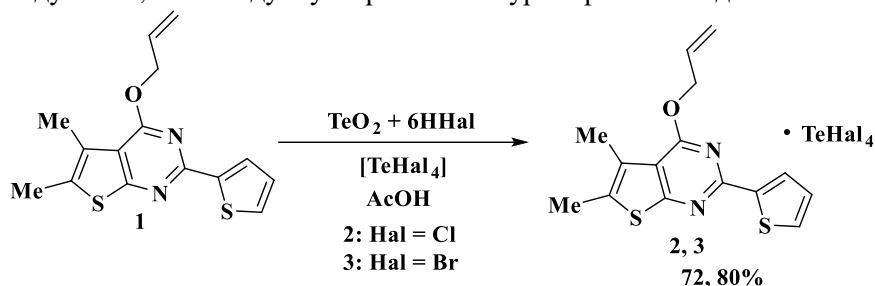
Ще одними важливими телуровмісними електрофілами є тетрагалогеніди телуру та арилтелуртригалогеніди, які знайшли широке використання в синтезі телуруорганічних сполук [9-11], які володіють широким спектром біологічної активності [12-17]. Незважаючи на токсичність такого класу

сполук [18] та раховуючи перспективу використання телуровмісних електрофілів у якості реагентів для одержання біоперспективних органічних сполук [16, 17] спричиняє великий інтерес дослідників у цій області елементорганічної хімії, а їх синтез є важливим завданням.

В наведеній роботі вивчено реакції взаємодії тетрагалогенідів телуру та *n*-метоксифенілтелуртрихлориду з 4-(алілокси)-5,6-диметил-2-(тіофен-2-іл)тієно[2,3-*d*]піримідином **1**, який одержаний згідно методики [19].

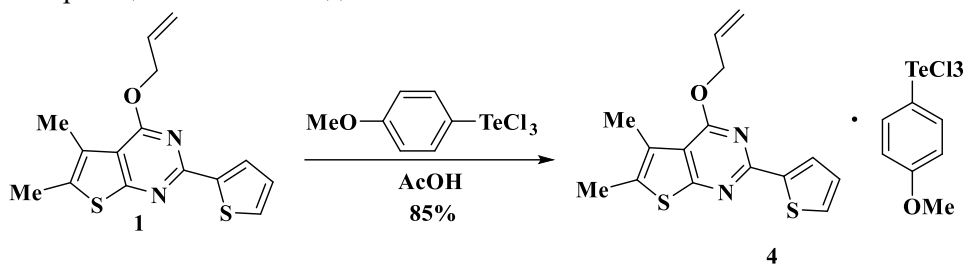
В першу чергу ми дослідили взаємодію етеру **1** з тетрагалогенідами телуру, які генерували *in situ*. Такий спосіб одержання вищезгаданих електрофілів вміло застосовано в роботах [20-22]. Реакцію між тетрагалогенідами телуру та етером **1** проводили в льодяній оцтовій кислоті. Виявлено, що при 15-годинному перемішуванні вихідних реагентів

утворюються адукти **2**, **3** складу субстрат-телур тетрагалогенід 1:1.



Будову отриманих адуктів **2**, **3** підтверджено спектрами ЯМР  $^1\text{H}$ , а склад елементним аналізом. В спектрі ЯМР  $^1\text{H}$  сполук **2**, **3** присутні сигнали вихідного етеру **1** із незначним змищенням сигналів протонів в слабку область спектру (на  $\pm 0.1-0.3$  м.ч.). Приклади утворення структурноподібних адуктів описане в літературі [20, 23].

На другому етапі нашого дослідження вивчено реакцію взаємодії *n*-



В спектрі ЯМР  $^1\text{H}$  адукту **4** поряд із сигналами протнів вихідного етеру **1** слід відмітити появу сигналів протонів *n*-метоксифенілтелуртрихлориду у вигляді двох дублетів проматичних протонів при 8.33 та 7.04 м.ч. та синглету метокси-групи при 3.80 м.ч. Утворення наведеного комплексу не є винятковим про що свідчать літературні дані, які описують синтез адуктів подібної будови [24]. Заміна полярності розчинника, нагрівання реакційної суміші не приводило до утворення продуктів циклізації.

#### Висновки

Таким чином, в результаті дослідження проведено реакції взаємодії тетархлоридів телуру з 4-(алілокси)-5,6-диметил-2-(тіофен-2-іл)тієно[2,3-*d*]піримідином в результаті чого отримано адукти складу етер-електрофіл 1:1. Проведення реакції між алільним етером та *n*-метоксифенілтелуртрихлоридом не змінює напряму реакції, що призводить до адуктів аналогічного складу. Доведено, що природа електрофільного реагенту не

метоксифенілтелуртрихлориду з 4-(алілокси)-5,6-диметил-2-(тіофен-2-іл)тієно [2,3-*d*]піримідином **1**. Проведення реакції між наведеними реагентами в оцтовій кислоті приводить до продукту, спектральні дані ЯМР  $^1\text{H}$  якого підтверджують утворення адукту складу етер-електрофіл 1:1.

впливає на результат реакції телурогалогенування. Даний метод синтезу комплексів може бути використаний для одержання біоперспективних телуровмісних сполук.

#### Експериментальна частина

Сpektри ЯМР виміряно на спектрометрі Mercury-400 з робочою частотою для  $^1\text{H}$  400 МГц. Точки топлення вимірювали на приладі Stuart Melting Point 30. Елементний аналіз проводили з використанням приладу Elementar Vario MICRO. *n*-Метоксифенілтелуртрихлорид одержано за відомою методикою [25].

#### Загальна методика синтезу комплексів 4-(алілокси)-5,6-диметил-2-(тіофен-2-іл)тієно[2,3-*d*]піримідину з тетрагалогенідами телуру **2**, **3**

До розчину 0.005 моль етеру **1** у 10 мл льодяної оцтової кислоти при постійному перемішуванні додавали розчин, отриманий з діоксиду телуру (0.005 моль) та 6-кратного надлишку відповідної концентрованої

галогеноводневої кислоти у 15 мл льодяної оцтової кислоти. Суміш перемішували 15 годин при кімнатній температурі. Осад, що випав фільтрували, промивали льодяною оцтовою кислотою та сушили на повітрі.

**Комплекс 4-(алілокси)-5,6-диметил-2-(тіофен-2-іл)тієно[2,3-*d*]піримідину з тетрахлоридом телуру 2**

Вихід (80%)  $T_{пл.}$  136-137 °С.  $^1H$  NMR (400 MHz, DMSO- $d_6$ )  $\delta$  7.94 (d, J = 4.7 Hz, 1H), 7.73 (d, J = 5.0 Hz, 1H), 7.19 (t, J = 4.0 Hz, 1H), 6.17 (m, 1H), 5.50 (d, J = 15.8 Hz, 1H), 5.33 (d, J = 10.5 Hz, 1H), 5.11 (d, J = 5.3 Hz, 2H), 2.43 (s, 3H), 2.41 (s, 3H). Вираховано, % для  $C_{15}H_{14}Cl_4N_2OS_2Te$ : C, 31.51; H, 2.47; N, 4.90; S, 11.21. Знайдено, %: C, 31.39; H, 2.35; N, 4.72; S, 11.13.

**Комплекс 4-(алілокси)-5,6-диметил-2-(тіофен-2-іл)тієно[2,3-*d*]піримідину з тетрабромідом телуру 3**

Вихід (72%)  $T_{пл.}$  152-153 °С.  $^1H$  NMR (400 MHz, DMSO- $d_6$ )  $\delta$  7.94 (d, J = 4.7 Hz, 1H), 7.74 (d, J = 5.0 Hz, 1H), 7.20 (t, J = 4.0 Hz, 1H), 6.17 (m, 1H), 5.50 (d, J = 17.3 Hz, 1H), 5.33 (d, J = 10.5 Hz, 1H), 5.11 (d, J = 5.3 Hz, 2H), 2.43 (s, 3H), 2.41 (s, 3H). Вираховано, % для  $C_{15}H_{14}Br_4N_2OS_2Te$ : C, 24.03; H, 1.88; N, 3.74; S, 8.55. Знайдено, %: C, 23.81; H, 1.73; N, 3.68; S, 8.42.

**Комплекс 4-(алілокси)-5,6-диметил-2-(тіофен-2-іл)тієно[2,3-*d*]піримідину з *n*-метоксифенілтелуртрихлоридом 4**

Вихід (85%)  $T_{пл.}$  108-109 °С.  $^1H$  NMR (400 MHz, DMSO- $d_6$ )  $\delta$  8.33 (d, J = 9.0 Hz, 2H), 7.94 (d, J = 4.7 Hz, 1H), 7.74 (d, J = 5.0 Hz, 1H), 7.20 (t, J = 4.0 Hz, 1H), 7.04 (d, J = 8.9 Hz, 2H), 6.17 (m, 1H), 5.50 (d, J = 17.3 Hz, 1H), 5.33 (d, J = 10.5 Hz, 1H), 5.11 (d, J = 5.3 Hz, 2H), 3.80 (s, 3H), 2.43 (s, 3H), 2.41 (s, 3H). Вираховано, % для  $C_{22}H_{21}Cl_3N_2O_2S_2Te$ : C, 41.06; H, 3.29; N, 4.35; S, 9.96. Знайдено, %: C, 40.92; H, 3.11; N, 4.21; S, 9.84.

**Список використаних джерел**

1. Comasseto J.V., Ling L.W., Petragnani N., Stefani H.A. Vinylic selenides and tellurides - preparation, reactivity and synthetic applications. *Synth.* 1997, 4, 373-403. Doi: 10.1055/s-1997-1210.
2. Zeni G., Braga A.L., Stefani H.A. Palladium-catalyzed coupling of sp<sup>2</sup>-hybridized tellurides. *Acc. Chem. Res.* 2003, 36, 10, 731-738. Doi: 10.1021/ar0202621.

3. Petragnani N., Stefani H. A. Advances in organic tellurium chemistry. *Tetrahedron.* 2005, 61 (7), 1613-1679. Doi: 10.1016/j.tet.2004.11.076.
4. Singh F.V., Stefani H.A. Ultrasound-assisted synthesis of symmetrical biaryls by palladium-catalyzed detelluration of 1,2-diarylditellanes. *Tetrahedron Lett.* 2010, 51 (5), 863-867. Doi: 10.1016/j.tetlet.2009.12.028.
5. Nishibayashi Y., Cho C.S., Uemura S. Palladium-catalyzed cross-coupling reactions between organic tellurides and alkenes. *J. Organomet. Chem.* 1996, 507 (1-2), 197-200. Doi: 10.1016/0022-328X(95)05763-F.
6. Nishibayashi Y., Cho C.S., Ohe K., Uemura S. Palladium-catalyzed homocoupling reactions of organic tellurides. *J. Organomet. Chem.* 1996, 526 (2), 335-339. Doi: 10.1016/S0022-328X(96)06561-8.
7. Zeni G., Comasseto J.V. Coupling of Z-vinylic tellurides with alkynes catalysed by PdCl<sub>2</sub>CuI: synthesis of Z-enynes and Z-enediynes. *Tetrahedron Lett.* 1999, 40 (25), 4619-4622. Doi: 10.1016/S0040-4039(99)00773-X.
8. Dabdoub M.J., Dabdoub V.B., Marino J.P. Palladium-catalyzed cross-coupling reactions of dimethyl- and diethylzinc with unsaturated organotellurium compounds. *Tetrahedron Lett.* 2000, 41 (4), 433-436. Doi: 10.1016/S0040-4039(99)02087-0.
9. Kchripak S.M., Yakubetc V.I., Lendel V.G., Vas'kevich R.I., Staninetc V.I. Cyclization of 2-allylthiothieno[2,3-*d*]pyrimidines by Selenium and Tellurium tetrahalides. *Ukr. Khim. Zh.* 1998, 64(12), 128-132.
10. Onysko M.Yu., Lendel V.G., Staninetc V.I. Interaction of 2-propargylthio-3-phenyl-4-oxo-5,6,7,8-tetrahydrobenzo[*b*]thieno[2,3-*d*]pyrimidine with selenium and Tellurium tetrahalides. *Ukr. Khim. Zh.* 1999, 65(4), 116-118.
11. Kut M., Onysko M. Aryltellurium Trihalides in the Synthesis of Heterocyclic Compounds (Microreview). *Chem. Heterocycl. Compd.* 2020, 56, 503-505. Doi: 10.1007/s10593-020-02688-3.
12. Salgueiro W.G., Goldani B.S., Peres T.V., Miranda-Vizuete A., Aschner M., da Rocha J.B.T., Alves D., Ávila D.S. Insights Into the Differential Toxicological and Antioxidant Effects of 4-phenylchalcogenil-7-chloroquinolines in *Caenorhabditis elegans*. *Free Radic. Biol. Med.* 2017, 110, 133-141. Doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2017.05.020.
13. Ávila D.S., Palma A., Colle D., Scolari R., Manarin F., da Silveira A.F., Nogueira C.W., Rocha J.B.T., Soares F.A.A. Hepatoprotective activity of a vinylic telluride against acute exposure to acetaminophen. *European Journal of Pharmacology.* 2011, 661(1-3), 92-101. Doi: 10.1016/j.ejphar.2011.04.031.

14. Ávila D.S., Gubert P., Palma A., Colle D., Alves D., Nogueira C.W., Rocha J.B.T., Soares F.A.A. An organotellurium compound with antioxidant activity against excitotoxic agents without neurotoxic effects in brain of rats. *Brain Research Bulletin*. 2008, 76 (1-2), 114–123. Doi:10.1016/j.brainresbull.2007.12.008.
15. Carperucci A., Coronello M., Salvini F., Tanini D., Dei S., Teodori E., Giovannelli L. Synthesis of functionalised organochalcogenides and in vitro evaluation of their antioxidant activity. *Bioorganic Chemistry*. 2021, 110, 104812. Doi:10.1016/j.bioorg.2021.104812.
16. Slivka M., Fizer M., Mariychuk R., Ostafin M., Moyzesh O., Koval G., Holovko-Kamoshenkova O., Rusyn I., Lendel V. Synthesis and Antimicrobial Activity of Functional Derivatives of thiazolo[2,3-c][1,2,4]triazoles. *Lett. Drug. Des. Discov.* 2022, 19, 791–799. Doi:10.2174/1570180819666220110145659.
17. Kut D., Kut M., Komarovska-Porokhnyavets O., Kurka M., Onysko M., Lubenets, V. Antimicrobial Activity of Halogen- and Chalcogen-Functionalized Thiazoloquinazolines. *Lett. Drug. Des. Discov.* 2024, 21, 2490–2496. Doi:10.2174/1570180820666230726160348.
18. Vávrová S., Struhárnanská E., Turna J., Stuchlík S. Tellurium: A Rare Element with Influence on Prokaryotic and Eukaryotic Biological Systems. *Int. J. Mol. Sci.* 2021, 22(11), 5924. Doi: 10.3390/ijms22115924.
19. Kaliendina S., Brynzei M., Kut M., Sukharev S.M., Ostapchuk E., Onysko M. Regioselectivity of alkylation of 2-(thiophene-2-yl)thieno[2,3-d]pyrimidine-4(3H)-one. *Sci. Bull. Uzhh. Univ. Ser. Chem.*, 2023, 2 (50), 40–45. Doi:10.24144/2414-0260.2023.2.40-45.
20. Gurnani C., Jura M., Levason W., Ratnani R., Reid G., Webster M. Preparation and structures of tellurium(IV) halide complexes with thioether coordination. *Dalton Trans.* 2009, 21, 4122–4128. Doi: 10.1039/B902771H.
21. Сливка М., Сливка М., Кривов'яз О. О., Лендел В. Г. Взаємодія селену і телуру тетрагалогенідів із 3-аліл-2-етилтіо-4-оксотієно [2,3-*d*]піримідинами. *Наук. вісник Ужгород. ун-ту (Сер. Хімія)*. 2007, 17-18, 137–141.
22. Русин І. Ф., Сливка М. В., Моркляник І. І., Нодь В. Й., Лендел В. Г. Взаємодія металільних тіоестерів тієно[2,3-*d*]піримідину з тетрагалогенідами селену. *Наук. вісник Ужгород. ун-ту (Сер. Хімія)*. 2009, 21-22, 177–182.
23. Куля Д., Кут Д., Кут М., Онисько М. Комплекси тетрагалогенідів телуру з 3-аліл-2-(2-металілітіо) хіназолін-4 (3H)-оном. *Наук. вісник Ужгород. ун-ту (Сер. Хімія)*. 2024, 1 (51), 70–75. Doi: 10.24144/2414-0260.2024.1.70-75.
24. Кут М., Онисько М., Лендел В. Комплекси *p*-метоксифенілтелуртрихлориду з *N*- алільними похідними 2-оксо(метилтіо)тієно[2,3-*d*]піримідин-4-ону. *Наук. вісник Ужгород. ун-ту (Сер. Хімія)*. 2017, 38(2), 103–106.
25. Reichel L., Kirschbaum E. Über aromatische Tellurverbindungen. (I. Mitteilung über Organometallverbindungen). *Ann. Chem.* 1936, 523, 211–223. Doi:10.1002/jlac.19365230113.

Стаття надійшла до редакції: 30.10.2024

## INTERACTION OF 4-(ALLYLOXY)-5,6-DIMETHYL-2-(THIOPHEN-2-YL)THIENO[2,3-*d*]PYRIMIDINE WITH TELLURIUM-CONTAINING ELECTROPHILIC REAGENTS

Kryvoruchko A., Kut D., Kut M., Krivovjaz A.

*Uzhhorod National University, Pidhirna St., 46, 88000 Uzhhorod, Ukraine*  
*e-mail: [kutmykola@ukr.net](mailto:kutmykola@ukr.net)*

The chemistry of tellurium-containing electrophilic reagents remains less explored and studied compared to other chalcogen-containing electrophiles. This study investigates the interaction of tellurium tetrahalides and *p*-methoxyphenyltellurium trichloride with 4-(allyloxy)-5,6-dimethyl-2-(thiophen-2-yl)thieno[2,3-*d*]pyrimidine. It was found that reactions with *in situ* generated tellurium tetrahalides in glacial acetic acid lead to the formation of adducts with a 1:1 composition of 4-(allyloxy)-5,6-dimethyl-2-(thiophen-2-yl)thieno[2,3-*d*]pyrimidine-tellurium tetrahalide, confirmed by <sup>1</sup>H NMR spectral data and elemental analysis. Reactions between 4-(allyloxy)-5,6-dimethyl-2-

(thiophen-2-yl)thieno[2,3-*d*]pyrimidine and *p*-methoxyphenyltellurium trichloride in glacial acetic acid also yielded adducts of an identical composition, indicating that substituting tellurium tetrachlorides with aryl tellurium trichloride does not alter the reaction's outcome. Experimental data demonstrate that the nature of the electrophilic reagent does not affect the reaction path, enabling regioselective formation of 1:1 substrate-electrophile adducts.

**Keywords:** 4-(allyloxy)-5,6-dimethyl-2-(thiophen-2-yl)thieno[2,3-*d*]pyrimidine; allyl ether; tellurium tetrahalides; *p*-methoxyphenyltellurium trichloride; complex.

### References

1. Comasseto J.V., Ling L.W., Petragnani N., Stefani H.A. Vinylic selenides and tellurides - preparation, reactivity and synthetic applications. *Synth.* 1997, 4, 373–403. Doi: 10.1055/s-1997-1210.
2. Zeni G., Braga A.L., Stefani H.A. Palladium-catalyzed coupling of sp<sup>2</sup>-hybridized tellurides. *Acc. Chem. Res.* 2003, 36, 10, 731–738. Doi: 10.1021/ar0202621.
3. Petragnani N., Stefani H. A. Advances in organic tellurium chemistry. *Tetrahedron.* 2005, 61 (7), 1613–1679. Doi: 10.1016/j.tet.2004.11.076.
4. Singh F.V., Stefani H.A. Ultrasound-assisted synthesis of symmetrical biaryls by palladium-catalyzed detelluration of 1,2-diarylditellanes. *Tetrahedron Lett.* 2010, 51 (5), 863–867. Doi: 10.1016/j.tetlet.2009.12.028.
5. Nishibayashi Y., Cho C.S., Uemura S. Palladium-catalyzed cross-coupling reactions between organic tellurides and alkenes. *J. Organomet. Chem.* 1996, 507 (1–2), 197–200. Doi: 10.1016/0022-328X(95)05763-F.
6. Nishibayashi Y., Cho C.S., Ohe K., Uemura S. Palladium-catalyzed homocoupling reactions of organic tellurides. *J. Organomet. Chem.* 1996, 526 (2), 335–339. Doi: 10.1016/S0022-328X(96)06561-8.
7. Zeni G., Comasseto J.V. Coupling of *Z*-vinylic tellurides with alkynes catalysed by PdCl<sub>2</sub>CuI: synthesis of *Z*-enyne and *Z*-enediynes. *Tetrahedron Lett.* 1999, 40 (25), 4619–4622. Doi: 10.1016/S0040-4039(99)00773-X.
8. Dabdoub M.J., Dabdoub V.B., Marino J.P. Palladium-catalyzed cross-coupling reactions of dimethyl- and diethylzinc with unsaturated organotellurium compounds. *Tetrahedron Lett.* 2000, 41 (4), 433–436. Doi: 10.1016/S0040-4039(99)02087-0.
9. Kchripak S.M., Yakubets V.I., Lendel V.G., Vas'kevich R.I., Staninets V.I. Cyclization of 2-allylthiothieno[2,3-*d*]pyrimidines by Selenium and Tellurium tetrahalides. *Ukr. Khim. Zh.* 1998, 64(12), 128–132.
10. Onysko M.Yu., Lendel V.G., Staninets V.I. Interaction of 2-propargylthio-3-phenyl-4-oxo-5,6,7,8-tetrahydrobenzo[*b*]thieno[2,3-*d*]pyrimidine with selenium and Tellurium tetrahalides. *Ukr. Khim. Zh.* 1999, 65(4), 116–118.
11. Kut M., Onysko M. Aryltellurium Trihalides in the Synthesis of Heterocyclic Compounds (Microreview). *Chem. Heterocycl. Compd.* 2020, 56, 503–505. Doi: 10.1007/s10593-020-02688-3.
12. Salgueiro W.G., Goldani B.S., Peres T.V., Miranda-Vizuete A., Aschner M., da Rocha J.B.T., Alves D., Ávila D.S. Insights Into the Differential Toxicological and Antioxidant Effects of 4-phenylchalcogenil-7-chloroquinolines in Caenorhabditis elegans. *Free Radic. Biol. Med.* 2017, 110, 133–141. Doi:10.1016/j.freeradbiomed.2017.05.020.
13. Ávila D.S., Palma A., Colle D., Scolari R., Manarin F., da Silveira A.F., Nogueira C.W., Rocha J.B.T., Soares F.A.A. Hepatoprotective activity of a vinylic telluride against acute exposure to acetaminophen. *European Journal of Pharmacology.* 2011, 661(1-3), 92–101. Doi:10.1016/j.ejphar.2011.04.031.
14. Ávila D.S., Gubert P., Palma A., Colle D., Alves D., Nogueira C.W., Rocha J.B.T., Soares F.A.A. An organotellurium compound with antioxidant activity against excitotoxic agents without neurotoxic effects in brain of rats. *Brain Research Bulletin.* 2008, 76 (1-2), 114–123. Doi:10.1016/j.brainresbull.2007.12.008.
15. Capperucci A., Coronello M., Salvini F., Tanini D., Dei S., Teodori E., Giovannelli L. Synthesis of functionalised organochalcogenides and in vitro evaluation of their antioxidant activity. *Bioorganic Chemistry.* 2021, 110, 104812. Doi:10.1016/j.bioorg.2021.104812.
16. Slivka M., Fizer M., Mariychuk R., Ostafin M., Moyzesh O., Koval G., Holovko-Kamoshenkova O., Rusyn I., Lendel V. Synthesis and Antimicrobial Activity of Functional Derivatives of thiazolo[2,3-*c*][1,2,4]triazoles. *Lett. Drug. Des. Discov.* 2022, 19, 791–799. Doi:10.2174/1570180819666220110145659.
17. Kut D., Kut M. Komarovska-Porokhnyavets O., Kurka M., Onysko M., Lubenets, V. Antimicrobial Activity of Halogen- and Chalcogen-Functionalized Thiazoloquinazolines. *Lett. Drug. Des. Discov.* 2024, 21, 2490–2496. Doi:10.2174/1570180820666230726160348.
18. Vávrová S., Struhárnanská E., Turna J., Stuchlík S. Tellurium: A Rare Element with Influence on Prokaryotic and Eukaryotic Biological Systems. *Int. J. Mol. Sci.* 2021, 22(11), 5924. Doi: 10.3390/ijms22115924.

19. Kaliendina S., Brynzei M., Kut M., Sukharev S.M., Ostapchuk E., Onysko M. Regioselectivity of alkylation of 2-(thiophene-2-yl)thieno[2,3-d]pyrimidine-4(3H)-one. *Sci. Bull. Uzhh. Univ. Ser. Chem.*, 2023, 2 (50), 40–45. Doi:10.24144/2414-0260.2023.2.40-45.
20. Gurnani C., Jura M., Levason W., Ratnani R., Reid G., Webster M. Preparation and structures of tellurium(IV) halide complexes with thioether coordination. *Dalton Trans.* 2009, 21, 4122–4128. Doi:10.1039/B902771H.
21. Сливка М., Сливка М., Кривов'яз О. О., Лендел В. Г. Взаємодія селену і телуру тетрагалогенідів із 3-аліл-2-етилтіо-4-оксотієно [2,3-d]піримідинами. *Наук. вісник Ужгород. ун-ту (Сер. Хімія)*. 2007, 17–18, 137–141.
22. Русин І. Ф., Сливка М. В., Моркляник І. І., Нодь В. Й., Лендел В. Г. Взаємодія металільних тіоетерів тієно[2,3-d]піримідину з тетрагалогенідами селену. *Наук. вісник Ужгород. ун-ту (Сер. Хімія)*. 2009, 21-22, 177–182.
23. Куля Д., Кут Д., Кут М., Онисько М. Комплекси тетрагалогенідів телуру з 3-аліл-2-(2-металілтїо)хіназолін-4 (3H)-оном. *Наук. вісник Ужгород. ун-ту (Сер. Хімія)*. 2024, № 1 (51), 70–75. Doi: 10.24144/2414-0260.2024.1.70-75.
24. Кут М., Онисько М., Лендел В. Комплекси п-метоксифенілтелуртрихлориду з N- алільними похідними 2-оксо(метилтіо)тієно[2,3- d]піримідин-4-ону. *Наук. вісник Ужгород. ун-ту (Сер. Хімія)*. 2017, 38(2), 103–106.
25. Reichel L., Kirschbaum E. Über aromatische Tellurverbindungen. (I. Mitteilung über Organometallverbindungen). *Ann. Chem.* 1936, 523, 211–223. Doi:10.1002/jlac.19365230113.