

## АНОТАЦІЯ

Шегедин Максим Володимирович. Синтез заміщених тіофенів на основі продуктів арилювання функціоналізованих олефінів та їхні перетворення. - Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії у галузі 10 - Природничі науки за спеціальністю 102 - Хімія. Львівський національний університет імені Івана Франка, Львів, 2022.

Дисертація присвячена розробці нових підходів до синтезу заміщених 3-аміно- та 3-гідрокситіофенів і вивченню їх властивостей. Системний аналіз літературних джерел та доступних електронних баз даних дозволив визначити об'єкти та напрямки досліджень.

Хімія гетероциклічних сполук сьогодні є, без сумніву, основним розділом органічної, а також медичної хімії, а похідні тіофену є вагомим класом таких сполук. Сучасний стан хімії тіофенів потребує дослідження і розробки нових ефективних препаративних стратегій конструювання та модифікації тіофенового циклу. До таких синтетичних підходів належить використання продуктів реакції Меєрвейна, як біфункційних будівельних блоків.

Ми розробили реакції дво- та трикомпонентних циклоконденсацій, які дають змогу конструювати функціоналізовані у положенні 2 циклу похідні 3-аміно- та 3-гідрокси-5-арилтіофенів. Розроблені нами методи синтезу є універсальними для введення різноманітних замісників в 5 та 2 положення тіофенового ядра, і придатні для створення комбінаторних бібліотек сполук, які перспективні для вивчення біологічної активності.

Дослідження поведінки метилового естеру  $\alpha$ -хлороакрилової кислоти,  $\alpha$ -хлороакрилонітрилу та 2-метил-3-хлороакрилонітрилу в умовах реакції Меєрвейна показало можливість отримання естерів та нітрилів дигалогено-3-арилпропанових кислот таким методом. Ми показали, що з кращими виходами продукти утворюються у разі використання бромідів арендіазонію, порівняно з хлоридами. Проведено оптимізацію умов реакції та встановлено, що найкращі результати дає взаємодія бромідів арендіазонію з відповідним

функціоналізованим олефіном в суміші ацетон/вода (1:1), за наявності малих кількостей (0,45 мол.%)  $\text{CuBr}_2$ , як каталізатора. Виявлено, що використання більших кількостей каталізатора сприяє перебігу побічної реакції Зандмеєра і, як наслідок, призводить до пониження виходу цільового продукту.

Отримані нітрили та метилові естери 3-арил-2-бромо-2-хлоропропанових кислот, а також 3-арил-2-хлоро-2-метил-3-бромопропіонітрили містять атоми галогену, що дозволяє розглядати їх як C-3 синтони для конструювання тіофенового ядра. Виявлено, що відщеплення бромоводню в 3-арил-2-бромо-2-хлоропропіонітрилах веде до отримання 3-арил-2-хлороакрилонітрилів з практично кількісними виходами, а аналогічне перетворення для 3-арил-2,2-дихлоропропіонітрилів дає гірші результати. Взаємодія 3-арил-2-хлороакрилонітрилів з метилтіогліколятом, за наявності метилату натрію, не зупиняється на стадії приєднання меркаптогрупи по  $\text{C}=\text{C}$  зв'язку, а продовжується реакцією циклізації Торпа-Циглера з формуванням тіофенового циклу метил 3-аміно-5-арилтіофен-2-карбоксилатів.

Успішно реалізовано безпосереднє застосування 3-арил-2-бромо-2-хлоропропіонітрилів у реакції Торпа-Циглера, при взаємодії з функціоналізованими меркаптанами. Такий підхід дозволив отримати низку функціоналізованих 5-арил-3-амінотіофенів з карбметокси, карбамідною, нітрильною та ацильною групами чи етил акрилатним фрагментом у 2 положенні тіофенового циклу. Використання у цьому синтезі амідів меркаптооцтової кислоти, синтезованих прямою взаємодією амінів та меркаптооцтової кислоти, дозволило отримати комбінаторні бібліотеки N-заміщених 3-аміно-5-арилтіофен-2-карбоксамідів. Водночас взаємодією 3-арил-2-бромо-2-метил-3-хлоропропіонітрилів, продуктів бромоарилювання 2-метил-3-хлороакрилонітрилу в умовах реакції Меєрвейна, з функціоналізованими меркаптанами отримано 2-заміщені 3-аміно-5-арил-4-метильтіофени.

У взаємодії 3-арил-2-бромо-2-хлоропропіонітрилів з 4-хлороацетооцтовим естером та натрію гідросульфідом, реакція не зупиняється

на стадії замикання амінотіофенового циклу. Наступна тандемна циклізація приводить до утворення 2-арилтієно[3,2-*b*]піридин-5,7(4*H*,6*H*)-діонів.

Ми розробили новий варіант реакції Фіссельмана для синтезу заміщених гідрокситіофенів взаємодією метил 3-арил-2-бромо-2-хлоропропаноатів з функціоналізованими меркаптанами за наявності метилату натрію як основи. Показано синтетичну привабливість цього методу для отримання функціоналізованих по положенню 2 тіофенового циклу 5-арил-3-гідрокситіофенів.

Наявність аміно- чи гідроксигруп у 2-заміщених 5-арил-3-амінотіофенах та 5-арил-3-гідрокситіофенах відповідно, дозволяє проводити модифікацію таких сполук і використовувати їх як зручні будівельні блоки для синтезу тіофеновмісних цільових сполук. Ми встановили, що діазотування 3-амінотіофенів проходить у класичних умовах, а отримані 3-тієнілдіазонієві солі є доволі стійкими на відміну від 2-тієнілдіазонієвих солей. Досліджена можливість застосування 3-тієнілдіазонієвих солей в реакції Меєрвейна та внутрішньомолекулярної циклізації. Взаємодією 2-карбметокси-5-арилтіофен-3-діазоній бромідів з  $\alpha$ -хлороакрилонітрилом чи метил 2-хлороакрилатом, отримано метил 3-(2-бромо-2-хлоро-2-ціаноетил)-5-арилтіофен-2-карбоксилати та метил 3-(2-бромо-2-хлоро-3-метокси-3-оксопропіл)-5-арилтіофен-2-карбоксилати відповідно, які при взаємодії з функціоналізованими меркаптанами утворюють заміщені аміно- та гідроксибітіофени. 2-Карбметокси-5-арилтіофен-3-діазонієві солі легко вступають також в реакції азосполучення. Водночас діазонієві солі на основі амідів 5-арил-3-амінотіофен-2-карбонових кислот виявилися нестійкими навіть у сильноокислому середовищі та схильними до внутрішньомолекулярної циклізації з утворенням 3-феніл-6-арилтієно[3,2-*d*][1,2,3]триазин-4(3*H*)-онів.

Аміногрупа у синтезованих нами амінотіофенах є придатною для отримання амідів, які можуть слугувати будівельними блоками для подальших синтезів, а також формувати комбінаторні бібліотеки для біоскринінгу. Ацилюванням хлороангідридами кислот ми отримали ацетаміди та хлороацетаміди 3-аміно-5-арил-2-*R*-тіофенів. Показана рухливість атома хлору

у хлороацетамидах 3-аміно-5-арил-2-*R*-тіофенів, які гладко реагують з тіоціанатом калію утворюючи заміщені 3-((5-арилтіофен-3-іл)іміно)тіазолідин-4-они.

Вільне положення 4 у тіофеновому ядрі 2-заміщених 5-арил-3-амінотіофенів є доступним для реакцій електрофільного заміщення. Хлорування таких амінотіофенів проходить з утворенням 2-заміщених 5-арил-3-аміно-4-хлоротіофенів, а у випадку реакції тіоціанування, завдяки наявності аміногрупи в *орто*-положенні до введеної тіоціанатної, відбувається циклізація з утворенням 4-заміщених 6-арилтієно[3,4-*d*]тіазол-2-амінів.

Поєднання аміногрупи у положенні 3 та функційної групи у положенні 2 тіофенового циклу робить такі сполуки перспективними для конструювання тіофеновмісних конденсованих гетероциклічних систем на їх основі. Наприклад, відновленням нітрогрупи у 3-аміно-5-арил-2-нітротіофенах, та конденсацією отриманих 5-арил-2,3-діамінотіофенів *in situ* з гліюксалем було синтезовано 6-арилтієно[2,3-*b*]піразини.

Показано, що у 3-аміно-5-арилтіофен-2-карбонітрилах нітрильна група може бути використана для формування тетразольного циклу. Реакцією [3+2]-циклоприсєднання нітрильної та азидної груп ми отримали 5-арил-2-(1*H*-тетразол-5-іл)тіофен-3-аміни.

Показані можливості модифікації отриманих 2-функціоналізованих 5-арил-3-гідрокситіофенів по гідроксильній групі в реакціях *O*-алкілювання та анелювання фуранового циклу з утворенням 3-гідрокси-5-арил-2-*R*-тієно[3,2-*b*]фуранів.

### ***Наукова новизна одержаних результатів***

Показана ефективність застосування неописаних раніше продуктів реакції Меєрвейна, 3-арил-2-бромо-2-метил-3-хлоропропіонітрилів, нітрилів і метилових естерів 3-арил-2-бромо-2-хлоропропанових кислот, як *C*-3 синтонів для конструювання 2-функціоналізованих 3-аміно- та 3-гідрокси-5-арил(гетарил)тіофенів в умовах реакцій Торпа-Циглера і Фіссельмана. Виявлена універсальність такого підходу до формування тіофенового циклу при використанні низки функціоналізованих тіолів, а також можливість

введення арильних замісників у положення 5 тіофенового циклу, які важко, чи неможливо ввести іншими методами.

Доведена ефективність та зручність застосування отриманих 3-амінотіофенів та 3-гідрокситіофенів, як синтетичного інструменту для побудови цільових тіофеновмісних систем, зокрема, тієно[3,2-*b*]піридин-5,7(4*H*,6*H*)-діонів, тієно[3,4-*d*]тіазол-2-амінів, тієно[3,2-*d*][1,2,3]тріазин-4(3*H*)-онів та 3-гідрокси-5-арил-2-*R*-тієно[3,2-*b*]фуранів.

**Ключові слова:** арилювання Меєрвейна, арендіазонієві солі, 3-амінотіофени, реакція Торпа-Циглера, 3-гідрокситіофени, реакція Фіссельмана, амінотієнілтіазоли, тієнотріазин-4(3*H*)-они, тієно[3,2-*b*]піридиндіони, тієно[3,2-*b*]фурани.

## SUMMARY

Shehedyn M. V. **Synthesis of substituted thiophenes based on products of functionalized alkenes bromoarylation and their modification.** - Qualification research paper published as the manuscript. Thesis for scientific degree Doctor of Philosophy, specialty 102 - Chemistry, Ivan Franko National University of Lviv, Lviv, 2022.

The research problem of this study is the development of new approaches to the synthesis of substituted 3-amino- and 3-hydroxythiophenes and the determination of their properties. Systematic analysis of literature sources and available electronic databases allowed identifying objects and areas of research.

Nowadays, the chemistry of heterocyclic compounds is undoubtedly the main branch of both organic and medical chemistry, and thiophene derivatives form an important class of heterocyclic compounds. The current state of thiophene chemistry requires the study of new effective and preparative strategies for the design and modification of the thiophene scaffold. Such synthetic strategies include the use of Meerwein reaction products as bifunctional building blocks.

We have developed the reactions of two- and three-component cyclocondensations, which make it possible to construct 3-amino- and 3-hydroxy-5-arylthiophene derivatives containing a substituent in the second position of the cycle. The suggested universal methods of synthesis make it possible to introduce various substituents in the 5 and 2 positions of thiophene, and are suitable for the creation of combinatorial libraries of compounds that are promising for the study of their biological activity.

We investigated the possibility of using the methyl ester of  $\alpha$ -chloroacrylic acid,  $\alpha$ -chloroacrylonitrile and 3-chloro-2-methylacrylonitrile under the conditions of the Meerwein reaction. As a result, we synthesized esters and nitriles of  $\alpha,\alpha$ -dihalo-3-arylpropanoic acid by this method. We have shown that better yields are observed for aryl diazonium bromides compared to aryl diazonium chlorides. The reaction conditions were optimized and it was found that the interaction of aryl diazonium bromides with the corresponding functionalized alkene in acetone/water (1:1) in the presence of small amounts (0.45 mol%) of  $\text{CuBr}_2$  as a catalyst provides the best results. It was found that the use of large amounts of catalyst contributes to the side Sandmeyer reaction and, consequently, the yield of the target product becomes lower.

The obtained nitriles and methyl esters of 3-aryl-2-bromo-2-chloropropanoic acids and nitriles of 3-aryl-3-bromo-2-chloro-2-methylpropanoic acids contain halogen atoms, which allows them to be considered as C-3 synthons for the construction of the thiophene nucleus. It was found that the cleavage of hydrogen bromide in 3-aryl-2-bromo-2-chloropropanitriles leads to 3-aryl-2-chloroacrylonitriles with almost quantitative yields, and a similar conversion for 3-aryl-2,2-dichloropropanitriles gives worse results. The interaction of 3-aryl-2-chloroacrylonitrile with methyl thioglycolate, in the presence of sodium methylate, does not stop at the stage of joining the mercapto group to the C=C bond, but continues by Thorpe-Ziegler cyclization, with the formation of methyl 3-amino-5-arylthiophene-2-carboxylates.

The Thorpe-Ziegler reaction of 3-aryl-2-bromo-2-chloropropanitriles with functionalized mercaptans was successfully implemented. This approach allowed to

obtain a number of functionalized 5-aryl-3-aminothiophenes with ester, amide, nitrile, acyl groups or ethyl acrylate fragment in the 2 position of the thiophene cycle. The use of mercaptoacetic acid amides obtained by direct interaction of amines and mercaptoacetic acid allowed to obtain combinatorial libraries of N-substituted 3-amino-5-arylthiophene-2-carboxamides. At the same time, 2-substituted 3-amino-5-aryl-4-methylthiophenes were obtained by the interaction of 3-aryl-2-bromo-2-methyl-3-chloropropionitriles with functionalized mercaptans. 3-Aryl-2-bromo-2-methyl-3-chloropropionitriles are products of bromoarylation of 2-methyl-3-chloroacrylonitrile.

While the interaction of  $\alpha$ -chlorocinnamionitriles with 4-chloroacetoacetic ester and sodium hydrosulfide, the reaction does not stop at the stage of closing the aminothiophene cycle. Subsequent tandem cyclization leads to the formation of 2-arylthieno[3,2-*b*]pyridine-5,7-(4*H*,6*H*)diones.

A new variant of the Fisselman reaction has been developed for the synthesis of substituted hydroxythiophenes by the interaction of methyl 3-aryl-2-bromo-2-chloropropanoates with functionalized mercaptans in the presence of sodium methylate as a base. The synthetic attractiveness of this method is shown, which allows to obtain 5-aryl-3-hydroxythiophenes functionalized in the 2 position.

The presence of amino or hydroxyl groups in 2-substituted 5-aryl-3-aminothiophenes and 5-aryl-3-hydroxythiophenes, respectively, allows the modification of such compounds and using them as convenient building blocks for the synthesis of thiophene-containing target compounds. We found that the 3-aminothiophenes diazotization takes place under classical conditions, and the resulting 3-thienyldiazonium salts are quite stable in contrast to 2-thienyldiazonium salts. The possibility of using 3-thienyldiazonium salts in the Meerwein reaction and intramolecular cyclization has been investigated. Interaction of 2-carbomethoxy-5-arylthiophene-3-diazonium bromides with  $\alpha$ -chloroacrylonitrile or methyl 2-chloroacrylate produced methyl 3-(2-bromo-2-chloro-2-cyanoethyl)-5-arylthiophene-2-carboxylates and methyl 3-(2-bromo-2-chloro-3-methoxy-3-oxopropyl)-5-arylthiophene-2-carboxylates, respectively, which react with functionalized mercaptans to form the corresponding substituted amino- and

hydroxybithiophenes. Besides, 2-carbomethoxy-5-arylthiophene-3-diazonium salts go into the azo coupling reaction easily. At the same time, diazonium salts based on amides of 5-aryl-3-aminothiophene-2-carboxylic acids proved to be unstable even in strongly acidic medium, and tend to be intramolecularly cyclized to form 3-phenyl-6-arylthieno[3,2-*d*][1,2,3]triazine-4(3*H*)-ones.

The aminothiophenes we have synthesized contain an amino group which is suitable for the formation of amides, which can serve as building blocks for further synthesis, as well as to form combinatorial libraries for bioscreening. Thus, we obtained acetamides and chloroacetamides of 3-amino-5-aryl-2-*R*-thiophenes. The mobility of the chlorine atom in chloroacetamides of 3-amino-5-aryl-2-*R*-thiophenes, which react smoothly with potassium thiocyanate to form substituted 2-((5-phenylthiophen-3-yl)imino)thiazolidin-4-ones, has been shown.

The free 4 position in the thiophene ring of 2-substituted 5-aryl-3-aminothiophenes is available for electrophilic substitution reactions. Chlorination of such aminothiophenes proceeds with the formation of 2-substituted 5-aryl-3-amino-4-chlorothiophenes. In the case of the thiocyanation reaction, due to the presence of the amino group in the *ortho*-position to thiocyanate group, which is introduced, cyclization occurs with the formation of 4-substituted-6-arylthieno[3,4-*d*]thiazole-2-amines under the reaction conditions.

The combination of the amino group in the 3 position and the functional group in the 2 position of the thiophene cycle allows the construction of thiophene-containing condensed heterocyclic systems based on them. For example, 6-arylthieno[2,3-*b*]pyrazines were synthesized by the reduction of the nitro group in 3-amino-5-aryl-2-nitrothiophenes and condensation of the obtained 5-aryl-2,3-diaminothiophenes *in situ* with glyoxal.

It has been shown that in 3-amino-5-arylthiophene-2-carbonitriles the nitrile group serves as a synthetic precursor for the formation of the tetrazole ring. We obtained 5-aryl-2-(1*H*-tetrazole-5-yl)thiophene-3-amines by the [3+2] cycloaddition reaction of the nitrile and azide groups.

The possibility of modifying the 2-functionalized 5-aryl-3-hydroxythiophenes obtained by us via hydroxyl group in the O-alkylation reactions was investigated and



the smoothness of such reactions as well as the annulation of the furan cycle with the formation of 3-hydroxy-5-aryl-2-R-thieno[3,2-*b*]furans was shown.

***The scientific novelty of the results.***

The efficiency of previously undescribed Meerwein reaction products, nitriles and methyl esters of 3-aryl-2-bromo-2-chloropropanoic acid and 3-aryl-2-bromo-2-methyl-3-chloropropanitriles, as C-3 synthons for the construction of 2-functionalized 3-amino- and 3-hydroxy-5-aryl(hetaryl)thiophenes under Thorpe-Ziegler and Fisselman reactions is shown. The universality of this approach to the formation of the thiophene cycle using a number of functionalized thiols and make it possible to introduce various aryl substituents in the 5 position of thiophene, which are not available sometimes when using other methods is shown.

The efficiency and convenience of using the obtained compounds as synthetic tool for the construction of target thiophene-containing systems, in particular, thieno[3,2-*b*]pyridine-5,7(4*H*,6*H*)diones, thieno[3,4*d*]thiazole-2-amines, thieno[3,2-*d*][1,2,3]triazine-4-(3*H*)-ones and 3-hydroxy-5-aryl-2-R-thieno[3,2-*b*]furans was proved.

***Key words:*** Meerwein arylation, arenediazonium salts, 3-aminothiophenes, Thorpe-Ziegler reaction, 3-hydroxythiophenes, Fiesselmann reaction, aminothierylthiazoles, thienotriazine-4(3*H*)-ones, thieno[3,2-*b*]pyridinediones, thieno[3,2-*b*]furans.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### *Статті у наукових періодичних виданнях іноземних держав, що індексовані в міжнародних наукометричних базах даних (Scopus та Web of Science)*

1. Batsyts, S. 2-Bromo-2-chloro-3-arylpropanenitriles as C-3 Synthons for the Synthesis of Functionalized 3-Aminothiophenes / S. Batsyts, **M. Shehedyn**, E. A. Goreshnik, M. D. Obushak, A. Schmidt, Y. V. Ostapiuk // Eur. J. Org. Chem. – 2019. – Vol. 2019, № 48. – P. 7842–7856. DOI: 10.1002/ejoc.201901512. **Квартиль – Q1**; *Особистий внесок здобувача полягає у синтезі 3-аміно-5-арилтіофенів, роботі з літературними джерелами, інтерпретації результатів досліджень.*
2. Ostapiuk, Y. V. Bromoarylation of Methyl 2-Chloroacrylate under Meerwein Conditions for the Synthesis of Substituted 3-Hydroxythiophenes / Y. V. Ostapiuk, **M. Shehedyn**, O. V. Barabash, B. Demydchuk, S. Batsyts, C. Herzberger, A. Schmidt // Synthesis. – 2022. – Vol. 54, №03. – P. 732–740. DOI: 10.1055/s-0040-1719849. **Квартиль – Q1**; *Особистий внесок здобувача полягає у одержанні заміщених 3-гідрокситіофенів, роботі з літературою, інтерпретації результатів досліджень.*

### *Статті у наукових фахових виданнях України*

1. Остап'юк Ю. Синтез 2-(R-феніл)тієно[3,2-b]піридин-5,7(4H,6H)-діонів / Ю. Остап'юк, М. Кравець, **М. Шегедин**, Л. Остап'юк // Вісник Львів. ун-ту. Сер. хім. – 2016. – Вип. 57, Ч. 2. – С. 379–382. *Особистий внесок здобувача полягає у отриманні тієно[3,2-b]піридиндіонів, роботі з літературними джерелами, інтерпретації результатів досліджень, підготовці статті до друку.*
2. **Шегедин М.** Синтез 3-феніл-6-(R-феніл)тієно[3,2-d][1,2,3]триазин-4(3H)-онів / М. Шегедин, М. Кравець, Ю. Остап'юк / Вісник Львів. ун-ту. Сер. хім. – 2017. – Вип. 58, Ч. 2. – С. 308–312. *Особистий внесок здобувача полягає у одержанні 3,6-дизаміщених тієно[3,2-d][1,2,3]триазинонів, роботі з літературними джерелами, інтерпретації результатів досліджень, підготовці статті до друку.*
3. **Шегедин М.** Синтез амідів 3-аміно-2-карбметокситіофенів / М. Шегедин, О. Барабаш, М. Кравець, Ю. Остап'юк / Вісник Львів. ун-ту. Сер. хім. – 2020. – Вип. 61, Ч. 2. – С. 308–313. DOI: 10.30970/vch.6102.308. *Особистий внесок здобувача полягає у отриманні амідів 3-аміно-2-карбметокситіофенів, роботі з*

літературними джерелами, інтерпретації результатів досліджень, підготовці статті до друку.

***Апробація основних результатів дослідження на конференціях,  
симпозіумах, семінарах тощо***

1. Обушак М. Д. Заміщені 2- і 3-амінотіофени: синтез та застосування / М. Д. Обушак, Ю. Остап'юк, О. Шийка, Н. Походило, В. Матійчук, М. Тупичак, М. Кравець, **М. Шегедин** // XXIV Українська конференція з органічної хімії / Тези доп., 19–23 вересня, 2016. – Полтава. – С. 5.
2. **Шегедин М.** Конструювання заміщених 3-амінотіофенів та їх застосування / М. Шегедин, Ю. Остап'юк, М. Д. Обушак // XVIII Міжнародна конференція студентів та аспірантів «Сучасні проблеми хімії» / Тези доп., 17–19 травня, 2017. – Київ. – С. 122.
3. **Шегедин М.** Конструювання 2,5-заміщених 3-гідрокситіофенів на основі продуктів аніонарилювання функціоналізованих олефінів / М. Шегедин, О. Барабаш, Ю. Остап'юк // XX Міжнародна конференція студентів та аспірантів «Сучасні проблеми хімії» / Тези доп., 15–17 травня, 2019. – Київ. – С. 130.
4. **Шегедин М.** Хлорометакрилонітрили в умовах реакції Меєрвейна / М. Шегедин, А. Угринчук, Ю. Остап'юк // XVII Наукова конференція «Львівські хімічні читання – 2019» / Тези доп., 3–5 червня, 2019. – Львів. – С. О36.
5. **Шегедин М.** Синтез заміщених 5-тіофен-2-іл-1Н-тетразолів на основі 3-аміно-5-арилтіофен-2-карбонітрилів / М. Шегедин, О. Барабаш, М. Остап'юк, Ю. Остап'юк // XVIII Наукова конференція «Львівські хімічні читання – 2021» / Тези доп., 31 травня – 2 червня, 2021. – Львів. – С. О11.
6. **Шегедин М.** Синтез 2-заміщених 5-арил-3-гідрокситіофенів на основі продуктів бромоарилування метил 2-хлороакрилату, та їх перетворення / М. В. Шегедин, О. В. Барабаш, Ю. В. Остап'юк // II Міжнародна наукова конференція «Актуальні проблеми хімії, матеріалознавства та екології» / Тези доп., 1–3 червня, 2022. – Луцьк. – С. 28–30.