

*ChemHub – powerful scientific and educational UA-Visegrad
tool for the development of green approaches*

*ChemHub – потужний науковий та освітній українсько-
вишеградський інструмент для розвитку зелених підходів*

COLLECTIVE MONOGRAPH КОЛЕКТИВНА МОНОГРАФІЯ

Ужгород

“Патент”

2025

УДК 543+544+546+547+574+378

ChemHub – потужний науковий та освітній українсько-вишеградський інструмент для розвитку зелених підходів. // Колективна монографія під загальною редакцією Василя ЛЕНДЄЛА (автори: Avdeenko A., Danko E., Komarovska-Porokhnyavets O., Konovalova S., Koval G., Levandovskiy I., Lubenets V., Pantyo V., Sharapa D., Stadnytska N., Воробйов С., Команіцький В., Король Н., Кривов'яз А., Кут Д., Кут М., Лендел В., Малаховська Т., Марійчук Р., Мільович С., Пантьо В., Погодін А., Поп М., Онисько М., Сідей В., Сливка Мар., Сливка Мих., Студеняк Я., Фізер М., Фізер О., Філеп М.). / Електронне видання: eISBN [redacted]. Ужгород. В-цтво ТДВ “Патент”. – 2025, 380с. Формат А4 (21.0*29.7; 16\1.15).

Колективна монографія сформована за результатами роботи 1-го міжнорядного форуму «Хімія та Екологія: Інновації та Сталий Розвиток для Майбутніх Поколінь», проведеного за підтримка Вішеградського фонду: проєкт № 22330251.

Рекомендовано до друку Редакційно-Видавничою Радою Ужгородського національного університету (протокол № __, за __, 202__);
Вченою Радою Навчально-наукового інституту хімії та екології (протокол № 3 за 29 листопада, 2024; протокол № __ за __, 202__)
та Вченою Радою Ужгородського національного університету (протокол № __ за __; 202__).

eISBN [redacted]

© ТДВ “Патент”, 2025

© Ужгородський національний університет, 2024, 2025

ChemHub – powerful scientific and educational UA-Visegrad tool for the development of green approaches. // Collective monograph under the general editorship of Vasyl LENDEL (authors: Avdeenko A., Danko E., Komarovska-Porokhnyavets O., Konovalova S., Koval G., Levandovskiy I., Lubenets V., Pantyo V., Sharapa D., Stadnytska N., Vorobyov S., Komanitsky V., Korol N., Kryvovyz A., Kut D., Kut M., Lendel V., Malakhovska T., Mariychuk R., Milovich S., Pantyo V., Pogodin A., Pop M., Onysko M., Sidey V., Slivka Mar., Slivka Mykh., Studenyak Ya., Fizer M., Fizer O., Filep M.). / Electronic edition: eISBN - - - - . Uzhhorod. Publishing House of ALC “Patent”. – 2025, 380p. Format A4 (21.0*29.7; 116\1.15).

Collective Monograph is formed on the results yielded by the 1st International Chemical Hub forum "Chemistry and Ecology Nexus: Igniting Innovation and Sustainability for Future Generations", which was held with the supporting of Visegrad Foundation: Visegrad+ project № 22330251.

Recommended for publication by the Editorial and Publishing Council of Uzhhorod National University (protocol № __, dated ____, 202__); the Academic Council of Educational-Scientific Institute of Chemistry and Ecology (protocol № 3, dated November 29, 2024; protocol № __ dated ____, 202__) and the Academic Council of Uzhhorod National University (protocol № __, dated ____, 202__).

eISBN - - - -

©ALC “Patent”, 2025

©Uzhhorod national university, 2024, 2025

Розділ № 2 \ Chapter № 2

Селен (IV), Телур (IV) арил-алкіл-тригалогеніди в синтезі гетероциклічних сполук

КУТ Микола, КУТ Діана, ОНИСЬКО Михайло, КРИВОВ'ЯЗ Андрій, СЛИВКА Михайло, ЛЕНДЄЛ Василь

Ужгородський національний університет, м. Ужгород, Україна,
mykola.kut@uzhnu.edu.ua

Надіслано: 17.10.2024

Прийнято до друку: 29.11.2024, протокол № 3 Вченої Ради ННІХЕ

Розміщено онлайн: 05.12.2024

Ключові слова: арил-алкіл- селен тригалогеніди, арил-алкіл- телур тригалогеніди, електрофільна циклізація, Se-,Te-вмісні гетероцикли.

1. Арил-алкіл- селен (IV) тригалогеніди

1.1. Отримання фенілселенійтригалогенідів

Фенілселенійтригалогеніди вперше отримані ще напочатку 30-их років ХХ століття. Вихідною сполукою для синтезу таких речовин служував дифенілдиселенід (1.1) [1], на який діяли надлишком галогену в середовищі діетилового етеру. Вихід продуктів структури (1.2) становив 65-72 %.

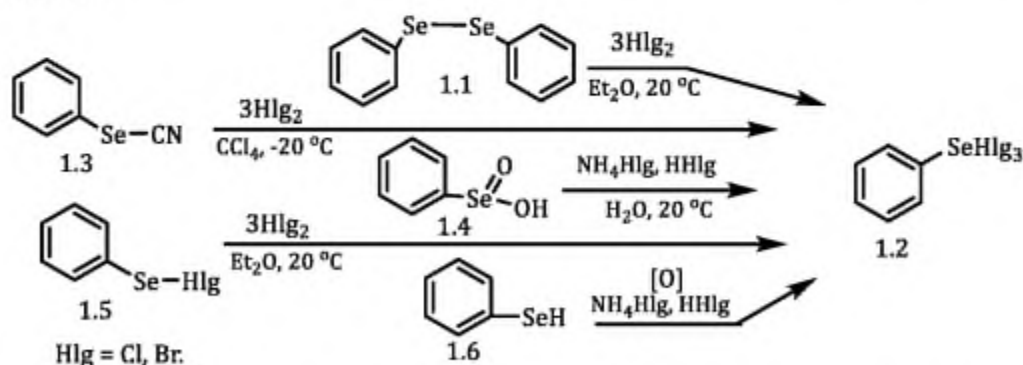


Рис. 1.1. Основні методи отримання фенілселентригалогенідів

Для отримання фенілселенійтригалогенідів можна використати ароматичне похідне селеноціаніду (1.3) та відповідного надлишку галогену [2]. Перспективним є синтез сполук (1.2) з селеновмісних ароматичних кислот (1.4) [3].

При дії надлишку галогену на фенілселененілгалогеніди (1.5) з кількісним виходом утворюються відповідні тригалогеніди [4]. Фенілселенійтригалогеніди, що не потребують додаткової очистки [5] утворюються при окисненні ароматичних селенілів (1.6) з подальшою дією галогеноводневої кислоти. Хімічні реакції, що відображають препаративні методи синтезу фенілселенійтригалогенідів представлено на рис. 1.1.

1.2. Реакції фенілселенійтригалогенідів з алільними похідними

При взаємодії гексадієну-1,5 (1.7) з фенілселенійтригалогенідами (1.2) утворюється 1-галогено-1-феніл-2,5-ди(галогенометил)тетрагідроселенофен (1.8.) (рис. 1.2) [4, 5]:

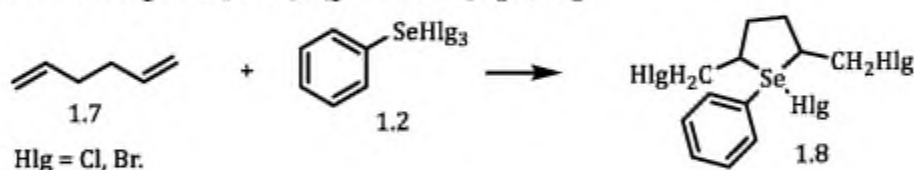


Рис. 1.2. Реакція гексадієну-1,5 з фенілселенійтригалогенідами

Алілбензен (1.9) з фенілселенійтригалогенідами реагує нестереоспецифічно та нерегіоспецифічно з одночасним утворенням продукту приєднання реагенту (1.10) та 1-галогено-2-галогенометил-1-феніл-2,3-дигідробензо[*b*]селенофену (1.11) (рис. 1.3) [6, 7]:

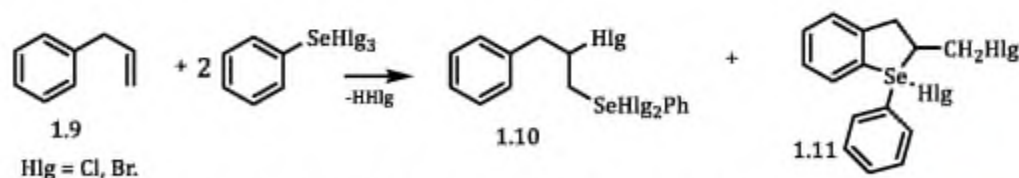


Рис. 1.3. Реакція алілбензену з фенілселенійтригалогенідами

Утворення сполуки (1.13) відбувається при взаємодії діалілового етеру (1.12) з фенілселенійтригалогенідами (рис. 1.4) [8, 9]. Для фенілселенійтрихлориду вихід становить 29 %, а для фенілселенійтриброміду – 47 %:

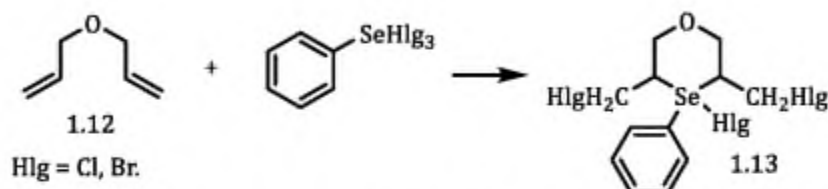


Рис. 1.4. Взаємодія діалілового етеру з фенілселенійтригілогенідами

Алілфенілові етери (1.14) утворюють продукти (1.15, 1.16) з фенілселенійтригалогенідами при $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, що свідчить про значний вплив температури на процес утворення кінцевих продуктів [10, 11]. Можливо, перша стадія перетворення – це стадія приєднання фенілселенійтригалогенідів до подвійного зв'язку (1.15), який надалі перетворюється в циклічний продукт (1.16) (рис. 1.5).

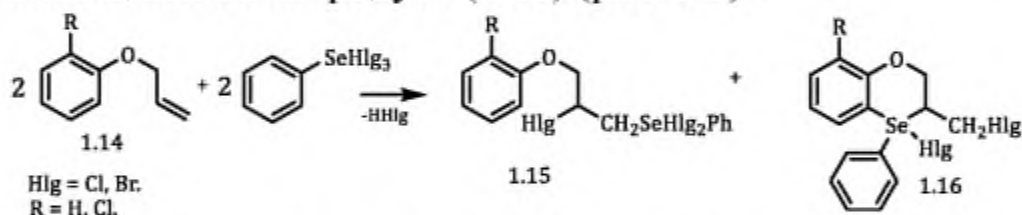


Рис. 1.5. Взаємодія похідних алілфенілового етеру з фенілселенійтригілогенідами

Реакція фенілциклопропану (1.17) з фенілселенійтригалогенідами проходить з утворенням похідних селенохроману (1.18) (рис. 1.6) [12, 13]:

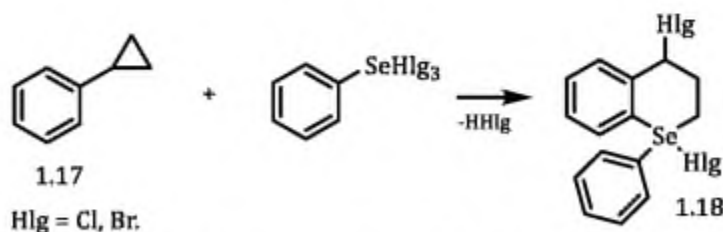


Рис. 1.6. Реакція фенілциклопропану з фенілселенійтригалогенідами

2,6-Ди(галогенометил)-1,4-селеназин-4-іл-метилфенілсульфон (1.20) утворюється внаслідок взаємодії *N,N*-діаліл-4-метил-1-бензенесульфаміду (1.19) з фенілселенійтригалогенідами (рис. 1.7) [14-15]. Для фенілселенійтрихлориду вихід кінцевого продукту склав 78 %, а для фенілселенійтриброміду – 63 %:

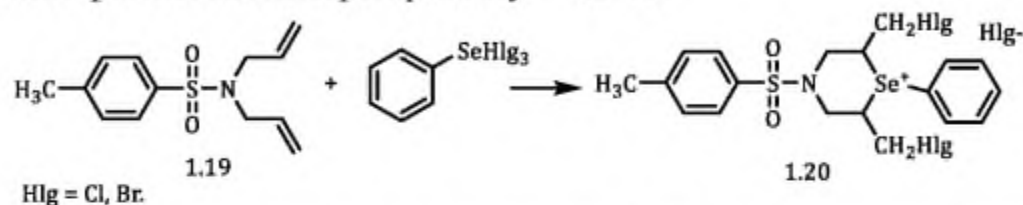


Рис. 1.7. Реакція ароматичних сульфамідних похідних з фенілселенійтригалогенідами

4-Аміно-2-(2-пропенілтіо)-1,6-дигідропіримідин-6-он (1.21), взаємодіючи з фенілселенійтрибромідом, утворює циклічний продукт (1.22) (рис. 1.8). Його будову підтверджено даними ІЧ та ЯМР ^1H спектроскопії. Протони двох метиленових груп тіаселеназинового циклу, в спектрі ЯМР ^1H , проявляються у вигляді чотирьох дублетів [16-18]:

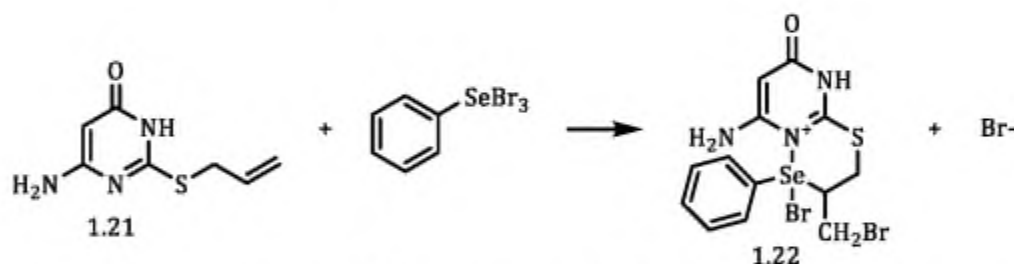


Рис. 1.8. Реакція 4-Аміно-2-(2-пропенілтіо)-1,6-дигідропіримідин-6-ону з фенілселенійтрибромідом

Взаємодію алільних похідних тісно[2,3-*d*]піримідинонів (1.23) з фенілселенійтрихлоридом проводять в діетиловому етері при температурі 0~+5 °С, а з PhSeBr₃ в хлороформі при тій самій температурі (рис. 1.9) [19-22]. Продукти (1.24) виявились стійкими на повітрі кристалічними сполуками. Стійкість одержаних сполук пояснюється делокалізацією позитивного заряду в тріаді $\text{N}^{10}=\text{C}-\text{N}^5$:

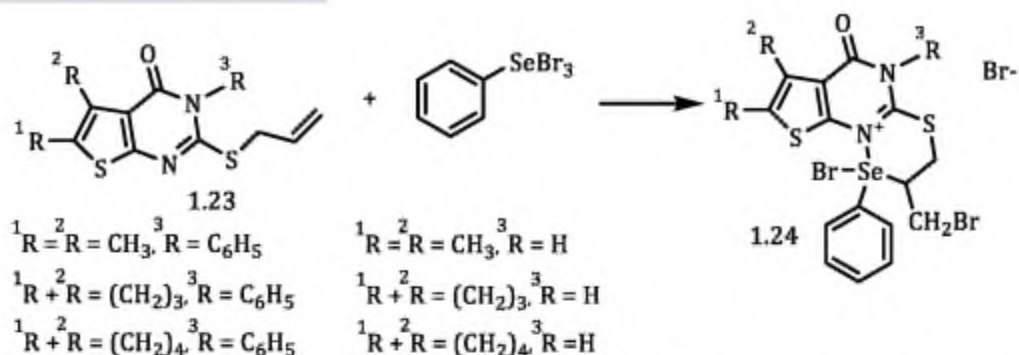


Рис. 1.9. Реакція алільних похідних тієно[2,3-*d*] піридинону з фенілселенійтрибромідом

Встановлено, що селеновмісні гетероцикли (1.24) є нестійкими і зазнають руйнування в ацетоні (рис. 1.10). Така деструкція супроводжується відщепленням молекули фенілселененілброміду, що підтверджено ЯМР ¹H спектрами, в яких були знайдені два мультиплети ароматичних протонів PhSeBr (δ 7.26 та 7.62 м.ч.). Після 20 хвилинної взаємодії з ацетоном були виділені продукти (1.25). Ангулярність сполук (1.25) підтверджена ІЧ спектрами. Область поглинання групи (C=O) в цих сполуках знаходиться при 1730–1725 см⁻¹. В спектрах ЯМР ¹H сполук (1.25) спостерігаються розщеплення, що характерні для системи ABX [23-27].

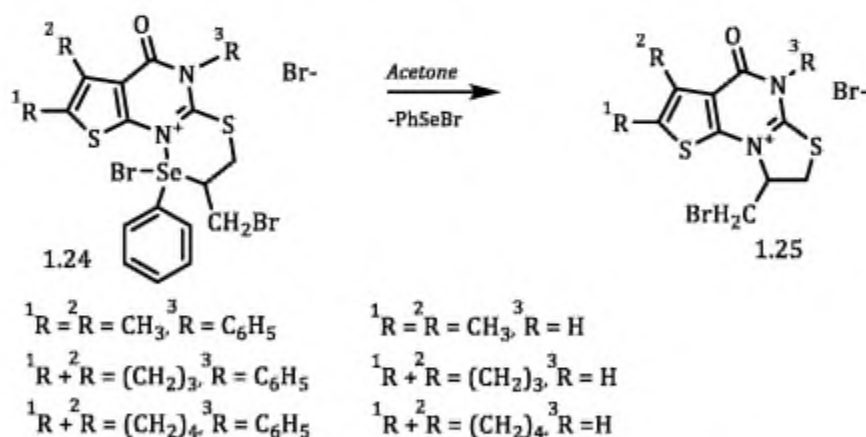


Рис. 1.10. Схематичне зображення взаємодії похідних селеновмісних гетероциклів з ацетоном

Алільні похідні тієно[2,3-*d*]піримідинонів (1.23) активно взаємодіють з бензилселенійтрибромідом (1.26) в середовищі безводного хлороформу з утворенням селеновмісної гетероциклічної системи (1.27) (рис. 1.11). Встановлено, що отримані селеновмісні продукти здатні

до деструкції з відщепленням бензилселененілброміду та сполук (1.25) [28-29].

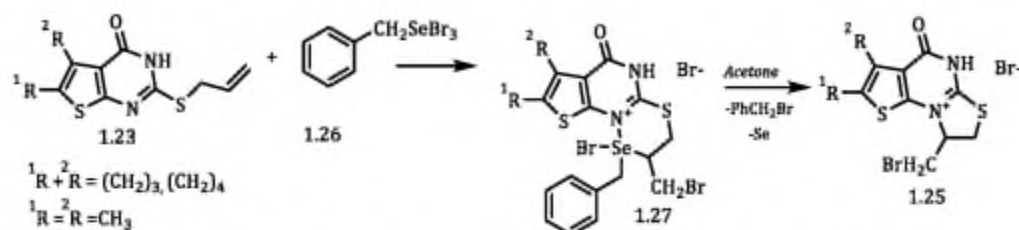


Рис. 1.11. Реакція алільних похідних тієно[2,3-*d*] піридинону з бензилселенійтрибромідом

Реакція 2-алілтїоімідазолу (1.28) з фенілселенійтрибромідом приводить до утворення стійких гетероциклів будови (1.29) (рис. 1.12). Присутність селену у складі гетероциклу підтверджено даними ЯМР ¹H-спектрами, якісними реакціями на бром та селен, даними ІЧ-спектрів. Можливість відщеплення фенілселененілброміду при дії ацетону підтверджено для кінцевої сполуки (1.29). При цьому встановлено утворення гетероциклу (1.30) [30].

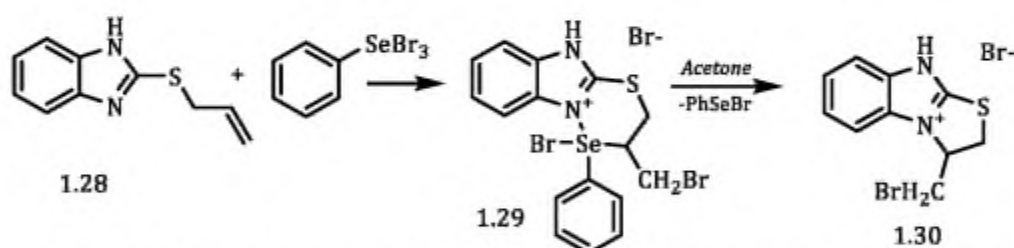


Рис. 1.12. Схема взаємодії 2-алілтїоімідазолу з фенілселеній трибромідом

Похідні 5-заміщеного-2-(2-пропенілтіо)-1,3,4-оксадіазолу (1.31) під дією PhSeBr₃ в розчині хлороформу, оцтової кислоти або діетилового етеру утворюють селеновмісні гетероцикли (1.32, 1.33) з виходами 76-89 % (рис. 1.13). Продукти (1.32) мають жовтий колір і є стійкими на повітрі. Виділені вони з виходами 56-85 % [31-33].

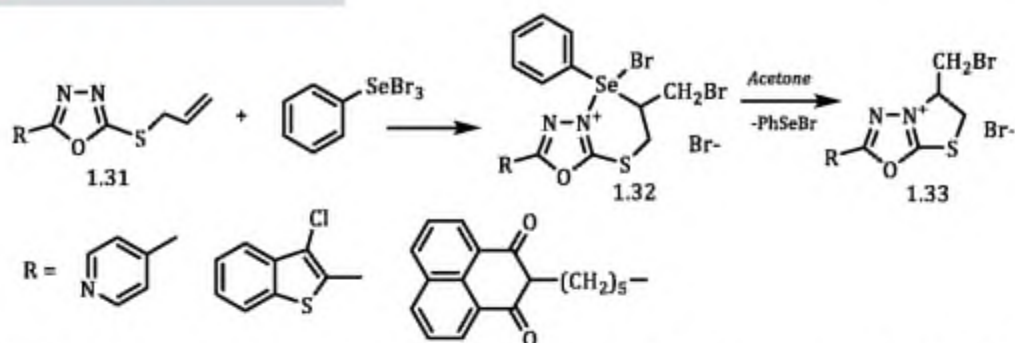


Рис. 1.13. Схема взаємодії 5-заміщених-2-(2-пропенілтїю)-1,3,4-оксадіазолів з фенілселенійтрибромідом

Деструкція в середовищі ацетону сполук (1.32) проходить протягом 20 хвилин з відщепленням фенілселененілброміду і збереженням циклічної будови (1.33).

1.3. Реакції фенілселенійтригалогендів з пропаргільними похідними

Фенілселенійтрибромід здатен приймати активну участь в реакції з 4-аміно-2-(2-пропінілтїю)-1,6-дигідропіримідин-6-оном (1.34) і з утворенням продукту (1.35) (рис. 1.14). Деструкція сполуки (1.35) в середовищі ацетону проходить з відщепленням фенілселененілброміду і утворенням гетероциклу (1.36) [34]:

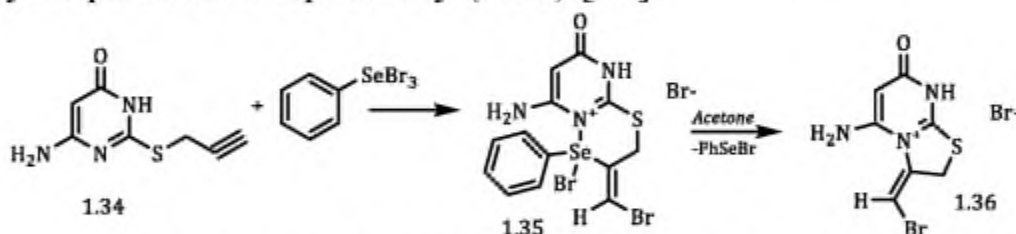


Рис. 1.14. Схема взаємодії 4-аміно-2-(2-пропінілтїю)-1,6-дигідропіримідин-6-ону з фенілселенійтрибромідом

Для дослідження бактерицидної та бактериостатичної активності синтезованої сполуки (1.35) [35-36] по відношенню до запатентованих музейних штамів мікроорганізмів використали 9 культур бактерій різних таксономічних груп: грампозитивні бактерії *Staphylococcus albus*, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Sarcina jlava*, *Bacillus subtilis* ATCC 6633, *Candida albicans* CCM 885 (музейні культури) та грамнегативні – (*Klebsiella pneumoniae* 5056, *Klebsiella oxytoca* ATCC 13182, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853), а також *E. coli* M-17.

Для визначення чутливості диско-дифузійним методом використовували стандартизовані диски з антибіотиками й протигрибковими засобами. При вимірюванні зон затримки росту орієнтувалися на зону повного пригнічення видимого росту. Результати дії розчинів сполуки (1.35 – проби 1-3) та стандартних розчинів порівняння (антибіотиків) (розчини 4-7) на ряди бактерій-представлено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1. Антимікробна активність сполуки (1.35 – розчини 1-3) та стандартних розчинів порівняння (антибіотики) (4-7)

Вид бактерій	Сполука (2.35) при різних розведеннях			Розчини антибіотиків			
	1	2	3	4	5	6	7
Грампозитивні мікроорганізми							
<i>St. aureus</i> ATCC 25923	8	9	2	11	21	-	-
<i>Staphylococcus albus</i>	0	11	5	7	12		-
<i>Sarcinaflava</i>	5	0	0	-	-	-	-
<i>Cand. albicans</i> CCM885	23	29	31	-	-	12	17
<i>Bacillus subtilis</i> 6633	4	5	10	-	-	-	-
Грамнегативні мікроорганізми							
<i>Kl. pneumoniae</i> 5056	2	10	15	-	-	-	-
<i>Kl. Oxytoca</i> ATCC 13182	0	7	5	-	-	-	-
<i>Ps. aeruginosa</i> ATCC 27853	5	1	0	-	-	-	-
<i>Esch. Coli</i> M-17	29	30	24	14	29	-	-

Примітка: як стандартні розчини порівняння використовували диски антибіотиків: 4 - пеніцилін, 5 - цефатоксим, 6 - нистатін, 7 - кло-тримазол.

Як видно із таблиці 1.1 всі розчини сполуки (1.35 – розчини 1-3) виявили високий антимікробний ефект по відношенню до росту і розмноження грам-негативних мікроорганізмів *Escherichia coli* M-17 та грампозитивних грибків *Cand. albicans* CCM 885.

Таблиця 1.2. Токсичність сполуки (1.35 – розчини 1-3) та препаратів порівняння (антибіотиків)

Токсичність	Розчин 1 сполуки 2.35	Розчин 2 сполуки 2.35	Розчин 3 сполуки 2.35	Клотри- мазол	Пеніцилін
LD 50 (mg/kg) (внутрішньо- венне введення)	188	210	270	80	2884

Аналіз токсичності сполуки (1.35 – розчини 1-3) при зіставленні з препаратами порівняння (таблиця 1.2) вказує на низьку токсичність досліджуваної сполуки (1.35 – розчини 1-3) при різних концентраціях, що обумовлює актуальність розробки комплексних лікарських препаратів на основі даної сполуки.

Для вивчення стереохімії приєднання фенілселенійтригалогенідів до кратних карбон-карбонів зв'язків в умовах реакцій електрофільної внутрішньомолекулярної циклізації вивчено взаємодію PhSeHlg₃ з 5,6-дизаміщеними-2-(2-пропінілтіо)тієно[2,3-*d*]піримідин-4-онами (1.23) (рис. 1.15) [37-42].

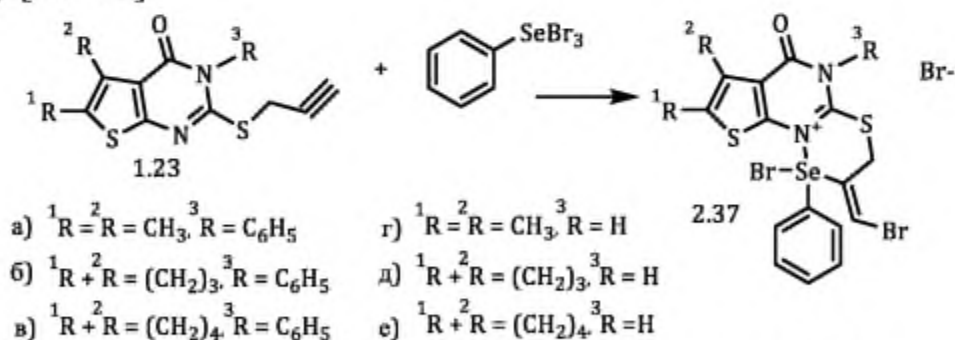


Рис. 1.15. Реакція пропаргільних похідних тієно[2,3-*d*] піридинону з фенілселенійтрибромідом

Для встановлення конфігурації замісників біля подвійного карбон-карбонового зв'язку продуктів (1.37), де молекула може мати *Z*- та *E*-орієнтацію атома галогену в олефіновому фрагменті, нами був отриманий двомірний NOESY спектр, що базується на ефекті Оверхаузера. У випадку, якщо б олефіновий протон був направлений в сторону до близькорозташованої метиленової групи тіаселеназинового кільця (*Z*-орієнтація), то між ними в спектрі повинен би виникнути відповідний крос-пик. Однак насправді, ні для сигналу олефінового протону, ні для сигналів метиленової групи крос-пиків не виявлено. Це свідчить про просторову віддаленість даних протонів, тобто про *E*-конфігурацію олефінового фрагменту молекули. Таким чином, приєднання фенілселенійтригалогенідів відбувається регіоспецифічно проти правила Марковнікова та стереоспецифічно – утворюється виключно *E*-ізомер [43].

Для дослідження бактерицидної та бактеріостатичної активності проведено бактеріологічне дослідження синтезованих сполук (1.37а-е) по відношенню до запатентованих музейних штамів грампозитивних і грамнегативних мікроорганізмів (*Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Sarcina flava*, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, *Escherichia coli* ATCC 25922; *Bacillus subtilis* 934; *Klebsiella pneumoniae* 5056, *Klebsiella oxytoca* ATCC 13182, *Candida albicans* ATCC 663-885 та 34 клінічних ізолятів з множинною стійкістю до антибіотиків, серед яких 9 належали до *Staphylococcus spp.*, 17 - *Klebsiella spp.*, 5 - *Escherichia coli*, 3 - *Pseudomonas aeruginosa*).

Для визначення чутливості мікроорганізмів до нових синтезованих речовин використовували метод двократних серійних розведень в рідкому поживному середовищі, яке є оптимальним для росту тест-мікроорганізмів. Під час дослідів ставили контроль середовища на стерильність, контроль розчинника. Досліди проводили у 3-х повторях, отримані результати обробляли математично.

Результати порівняльної оцінки чутливості культур - представників грампозитивних і грамнегативних мікроорганізмів - представлені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3. Антимікробна активність сполук (1.37а-е) щодо грам-позитивних та грамнегативних мікроорганізмів (КУО)

Вид бактерій	Сполука					
	2.37а	2.37б	2.37в	2.37г	2.37д	2.37е
Грампозитивні мікроорганізми						
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	1	27	17	260	12	38
<i>Staphylococcus albus</i>	0	5	0	185	18	12
<i>Sarcina flava</i>	0	4	0	6	2	6
<i>Candida albicans</i> ATCC 653-885	18	42	13	92	34	10
<i>Bacillus subtilis</i> 934	CP	CP	CP	CP	CP	410
Грамнегативні мікроорганізми						
<i>Klebsiella pneumoniae</i> 5056	7	CP	159	57	5	2
<i>Klebsiella oxytoca</i> A TCC 13182	0	CP	92	32	2	11
<i>Pseudom. Aeruginosa</i> ATCC 27853	268	0	0	204	54	48
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	21	CP	6	0	16	106

Примітка: у таблиці наведено зведені дані після висіву культури на 3-х чашках Петрі; концентрація сполук (2.37а-е) складає 300 мкг/мл; Е - еталон порівняння - ДМСО; СР - суцільний ріст бактерій.

Мінімальну інгібуючу концентрацію (МІК) сполук (1.37а-е) щодо грампозитивних та грамнегативних мікроорганізмів визначали методом розведень в агаризованому середовищі. Мінімальною пригнічувальною концентрацією вважали ту найменшу концентрацію сполук в середовищі, за якої ріст мікроорганізмів на МПА був відсутній. Результати обраховували через 24 години культивування бактерій за температури 37°C. Як контроль використовували середовище МПА без додавання синтезованих сполук (1.37а-е).

Як видно з таблиці 1.3, всі сполуки (1.37а-е) виявили високий анти-мікробний ефект по відношенню до сапрофітних мікроорганізмів - *Sarcina flava*. Для грибка роду *Candida*, який є стійким навіть до антибіотиків III-IV покоління, сполуки теж виявили високу активність [44].

Сполуки (1.37в та 1.37 д) проявили помірну бактерицидну дію, затримуючи ріст на одну добу і мікробне число (МЧ) становило відповідно 92 й 94 колонієутворювальних одиниць в 1 мл. *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 – паличка синьо-зеленого гною, виявилась на 100 % чутливою до сполук (1.37б та 1.37в), бактеріостатичну дію (МЧ 54) виявили або показали також речовини (1.37г-е), негативний результат відмічено при дії сполук (1.37а, 1.37в), де МЧ становило 268 та 204 колонієутворювальних одиниць в 1 мл. Речовина (1.37б) виявилась нейтральною для росту і розмноження *Escherichia coli* ATCC 25922, сполука (1.37г) повністю пригнітила ріст даних бактерій, а речовини (1.37а, 1.37в, 1.37д) виявили високу бактерицидну дію.

Капсульні бактерії роду *Klebsiella* виявилися стійкими до дії на них сполуки (1.37б); високочутливими з МЧ відповідно 2 та 0, виявились речовини (1.37а, 1.37д) для *Klebsiella oxytoca* з МЧ 15 та 7. Речовини (1.37д-е) проявили високу бактеріостатичну дію і для *Klebsiella pneumoniae*. Для золотистого стафілокока (*Staphylococcus aureus* ATCC 25923) високу бактерицидну дію проявили сполуки (1.37а, 1.37е), а для білого стафілокока (*Staphylococcus albus*) аналогічну дію проявили сполуки (1.37а-в, 1.37г).

Як бачимо дія сполук (1.37а-е) на різні штами є неоднаковою за ступенем пригнічення життєдіяльності мікроорганізмів, але спостерігається загальна закономірність щодо дії даних речовин на збудники одного й того ж виду. Більшість з них має широкий спектр антимікробної активності, результативно пригнічує ріст музейних штамів і клінічних ізолятів умовно патогенних мікроорганізмів з множинною стійкістю до антибіотиків. В результаті цього постає питання про розробку комплексних лікарських препаратів, адже в медичних закладах дані мікроорганізми перебувають в основному в складі стійких мікробних ценозів, про що свідчать проведені нами дослідження [45-47].

Шляхом перемішування сполуки (1.37а-е) в ацетоні протягом 20 хвилин були виділені та ідентифіковані продукти (1.38) (рис. 1.16).

Відщеплення молекули фенілселененілброміду із сполук (1.37а-е) встановлено за допомогою ЯМР ^1H спектрів реакційної суміші, в яких були знайдені два мультиплети ароматичних протонів PhSeBr (δ 7.26 та 7.62 м.ч.) [48].

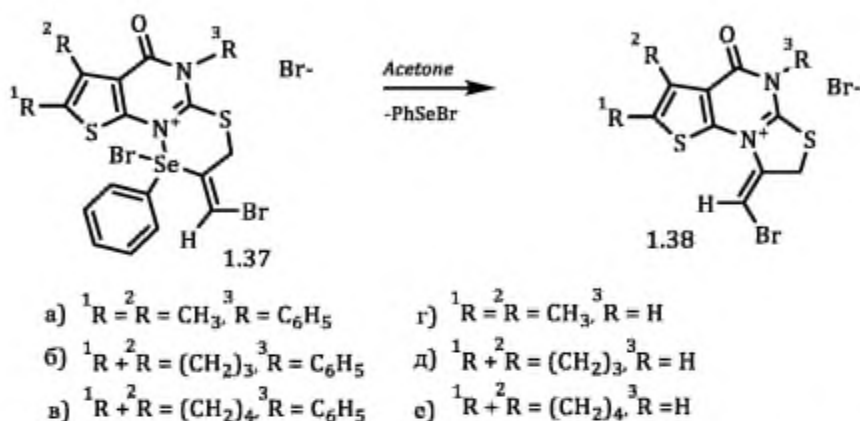


Рис. 1.16. Схема деструкції селеновмісних гетероциклів під дією ацетону

Ступінчате заміщення атомів бром у сполуці (1.37в) відбувається при дії аргентум тетрафлуороборату і залежить від часу контакту реагентів. Так, при дії двох молів реагенту на один моль речовини (1.37в), протягом 2 хвилин відбувається заміщення одного атому бром на тетрафлуороборат-аніон (1.39) (рис. 1.17). Наявність двох атомів бром визначено шляхом титрування сполуки (1.37в) нітратом аргентуму [49].

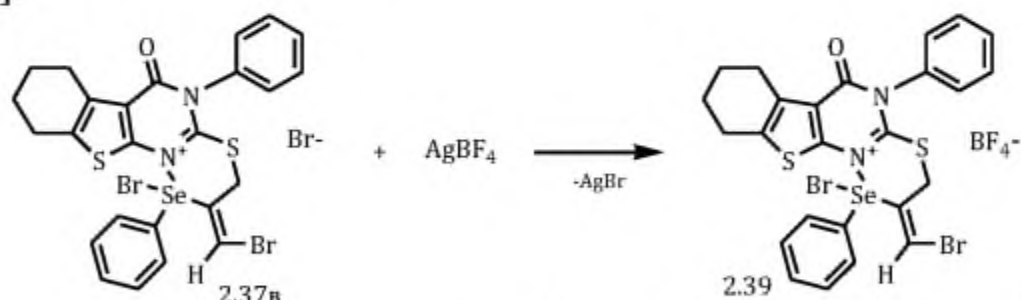


Рис. 1.17.

Схема взаємодії аргентум тетрафлуороборату з селеновмісним гетероциклом (1.37в)

При збільшенні часу взаємодії реагентів до 2 годин утворюється малостійкий продукт (1.39), в якому два атоми бром заміщені аніоном BF_4^- (рис. 1.18). Одержані результати свідчать про те, що всі три атоми

бром у сполуці (1.37в) нерівноцінні: один з них (йонний) реагує швидко, другий (очевидно зв'язаний з атомом селену ковалентним зв'язком) заміщується аніоном BF_4^- значно повільніше, а третій (розташований біля екзоциклічного подвійного зв'язку) з аргентум тетрафлуороборатом не реагує навіть при досить тривалій витримці реагентів [50].

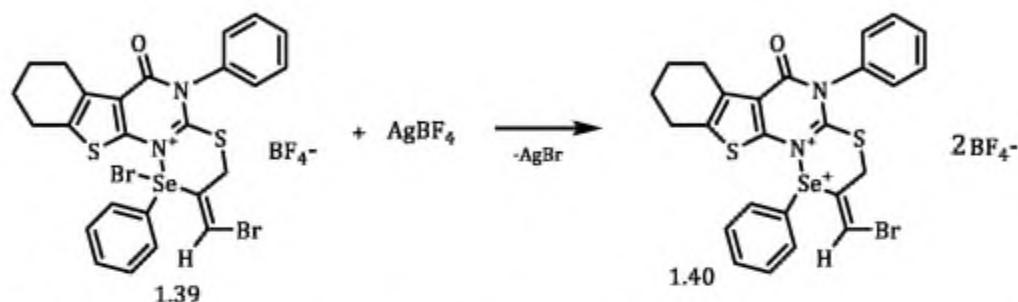


Рис. 1.18. Схема взаємодії аргентум тетрафлуороборату з сполукою 1.39

Похідні 2-заміщеного-5-(2-пропінілтію)-1,3,4-оксадіазолу (1.41) з фенілселенійтригалогенідами утворюють продукти (1.42) (рис. 1.19). В результаті проведених дослідів були виділені кристалічні речовини з виходами 43-74 % (1.42) [51-53].

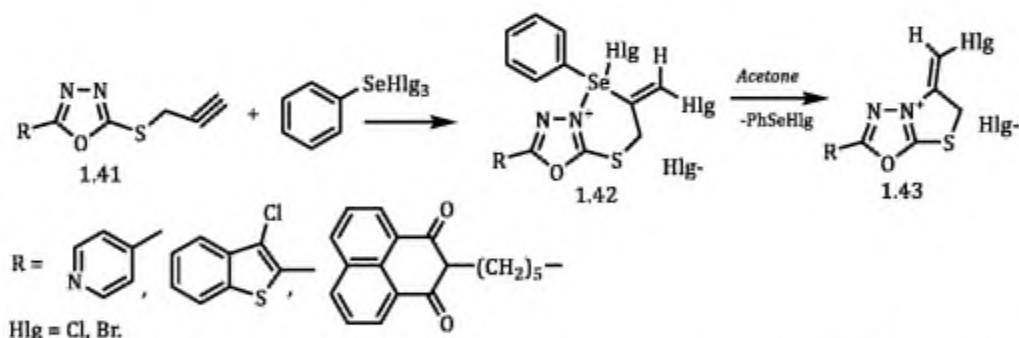


Рис. 1.19. Схема взаємодії похідних 2-заміщеного-5-(2-пропінілтію)-1,3,4-оксадіазолу з фенілселенійтригалогенідами

Для селеновмісних гетероциклів (1.42) встановлено можливість де-струкції під дією ацетону і утворенням сполук (1.43).

2. Арил-алкід-телур (IV) тригалогеніди

2.1. Синтез арил-алкід тригалогенідів

Арил-алкідтелур трихлориди одержують з тетрахлориду телуру наступними методами (Рис. 2.1.):

- реакціями конденсації з активними метиленовими сполуками;
- приєднанням до кратних карбон-карбонових зв'язків;
- електрофільним заміщенням в ароматичних вуглеводнях;
- реакціями з хлоридами ртуті.

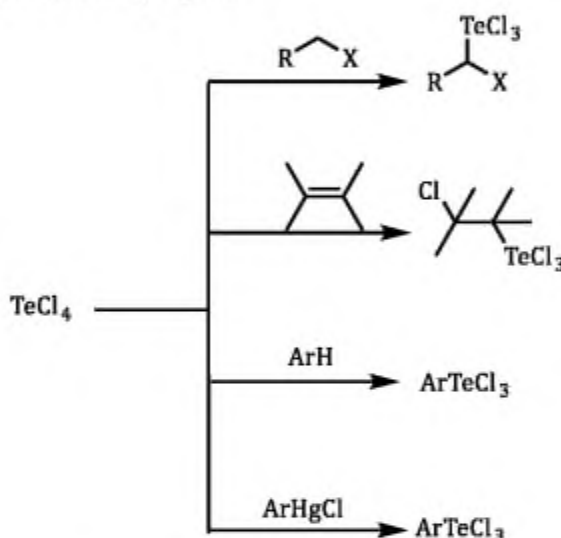


Рис. 2.1. Загальна схема одержання арил-алкідтелур трихлоридів.

Ще одним методом одержання арилтелуртригалогенідів є галогеноліз відповідних дителуридів (Рис 2.2.).

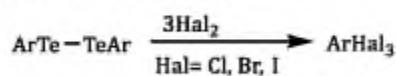


Рис. 2.2. Загальна схема одержання арилтелуртригалогенідів.

2.1.1. Конденсація тетрахлориду телуру з сполуками, які мають активну метиленову групу.

Реакції з атакою нуклеофільного атома вуглецю, активованого карбонільною групою, тетрахлоридом телуру належать до найстаріших методів одержання алкідтелуртригалогенідів в препаративній органічній хімії телуру.

Синтетично доступні алкілтелуртригалогеніди (2.2) одержують взаємодією тетрахлориду та тетраброміду телуру з ангідридом пропанової кислоти (2.1) в хлороформі [54] (Рис. 2.3.).

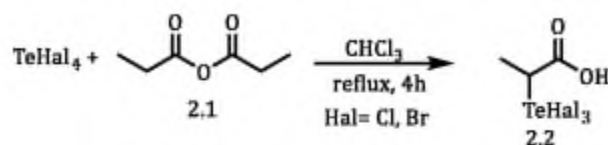


Рис. 2.3. Взаємодія тетрагалогенідів телуру з ангідридом пропанової кислоти.

У реакціях кетонів з тетрахлоридом телуру отримують різні регіозаміщені алкілтелур трихлориди. Так, взаємодією аліфатичних кетонів (2.3, 2.5) з тетрахлоридом телуру в хлороформі одержано ряд алкільних телуртрихлоридів (2.4, 2.6) з високими виходами (75-84%) [55] (Рис. 2.4). У випадку взаємодії ацетону з тетрахлоридом телуру утворюється 1-(трихлоро- λ^4 -теланіл)пропан-2-он з кількісним виходом [56]. При кип'ятінні тетрахлориду телуру та пінаколіну протягом 40 хвилин одержують відповідний телуртрихлорид з виходом 21% [55], натомість використання диізопропілкетону в якості синтону для синтезу алкілтелуртрихлориду дозволяє одержати 2,3-диметил-3-оксо-2-пентилтелуртрихлорид з виходом 78% [57].

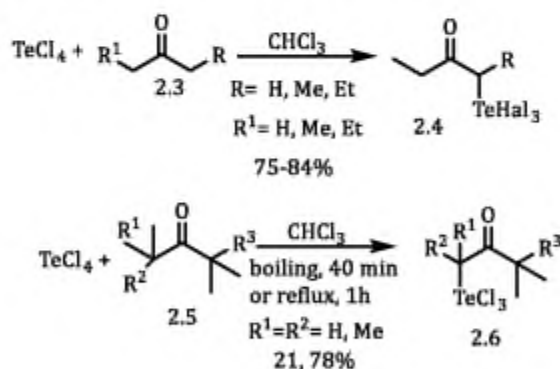


Рис. 2.4. Синтез алкілтелур трихлоридів конденсацією тетрахлориду телуру з аліфатичними кетонами.

Введення в молекулу кетонів фенільних кілець дозволяє одержувати жирно-ароматичні телуртрихлориди (2.8) з помірними виходами

[55] (Рис. 2.5). Слід відітати, що атака телуртрихлориду відбувається по менш стерично утрудненій метиленовій групі.

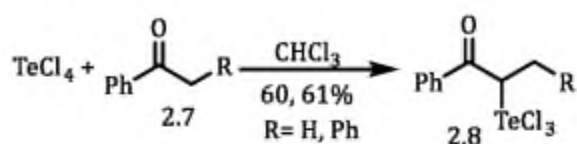


Рис. 2.5. Взаємодія тетрахлориду телуру з жирно-ароматичними кетонами.

Ще одним менш вивченим методом синтезу алкілтелуртрихлоридів є взаємодія силілових етерів (2.9) з тетрахлоридом телуру при 0°C. Цей метод дозволяє отримувати відповідні алкілтелуртрихлориди (2.10) з високими виходами (76-92%) [58] (Рис. 2.6).

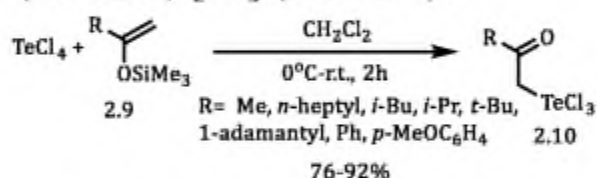


Рис. 2.6. Взаємодія тетрахлориду телуру з силіловими естерами.

Проведення реакції тетрахлориду телуру із стеричноутрудненими силіловими естерами (2.11, 2.13) в аналогічних умовах приводить до утворення вторинних та третинних алкілтелуртрихлоридів (2.12, 2.14) з майже кількісними виходами [58] (Рис. 2.7).

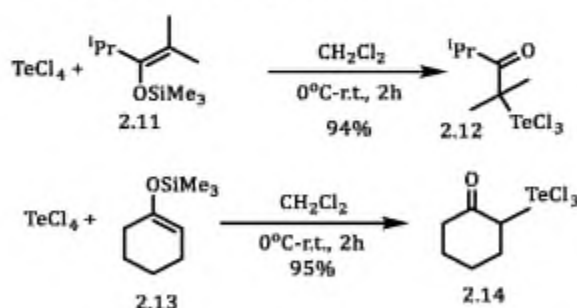


Рис. 2.7. Взаємодія тетрахлориду телуру з стеричноутрудненими естерами.

Тетрахлорид телуру реагує з дибутирил метаном [59] або ацетилпінаколіном [60] в хлороформі і утворює відповідні телуртрихлориди

$$\text{TeCl}_4 + \text{R}^1\text{C}(=\text{O})\text{CH}_2\text{C}(=\text{O})\text{CH}_3 \xrightarrow{\text{CHCl}_3} \text{R}^1\text{C}(\text{OR}^3)=\text{CH}\text{C}(=\text{O})\text{CH}(\text{R})\text{TeCl}_3$$

2.15 2.16

R = H, Et
R¹ = Et, *n*-Pr, *t*-Bu, *n*-hexyl,
R³ = H, Et

2.1.2. Приєднання тетрахлориду телуру до алкенів та алкінів.

TeCl_4 — CHCl_3 or MeCN — 

Аналогічно до (*E*)-2-бутену відбувається реакція телуроохлорування (*E*)-1-дейтеро-1-децену (2.20). Слід відмітити, що проведення реакції в

хлороформі з додаванням каталітичної кількості бензохінону дозволяє одержувати трихлоро(1-хлородекан-2-іл-1-*d*)- λ^4 -телан (2.21) з майже кількісним виходом (97%) (Рис. 2.10) [61].

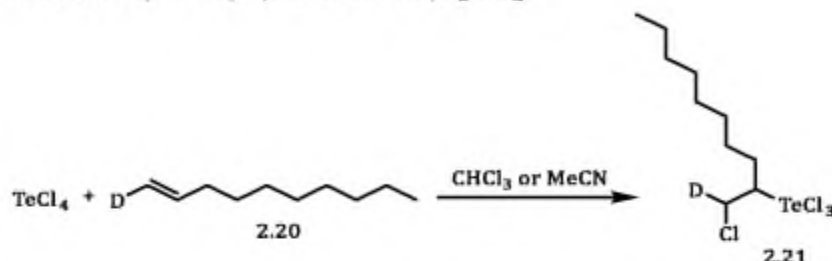


Рис. 2.10. Взаємодія тетрахлориду телуру з (*E*)-1-дейтеро-1-деценом.

Циклоалкілтелуртрихлориди (2.23) в одну стадію одержують взаємодією тетрахлориду телуру з циклоалкенами (2.22) (Рис. 2.11). У випадку циклопентену та циклооктену утворюється продукт син-приєднання, а введення в реакцію з тетрахлоридом телуру циклогексену змінює напрямок реакції електрофільного приєднання на протилежний. Слід відмітити, що виходи всіх циклоалкілтелуртрихлоридів (2.23) становлять 97% [61].

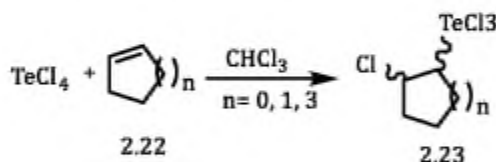


Рис. 2.11. Взаємодія тетрахлориду телуру з циклоалкенами.

Проведення реакції між циклоалкенами (2.24) та тетрагалогенідами телуру в середовищі спиртів дозволяє отримувати 2-алкоксициклоалкенілтелур тригалогеніди (2.25) з помірними виходами [62] (Рис. 2.12).

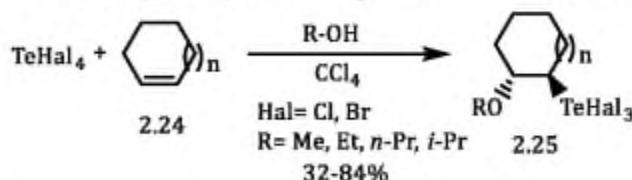


Рис. 2.12. Взаємодія тетрахлориду телуру з циклоалкенами.

Циклогексилтелуртригалогеніди (2.27) утворюються при взаємодії циклогексену (2.26) з телур(IV)оксидом та триметилхлоросиланом або

відповідним ацетилгалогенідом (Рис. 2.13). Слід відмітити, що кількісний вихід циклоалкілтелуртрихлоридів (2.27) спостерігався при використанні в якості розчинника метанолу, а ініціатора галогену – триметилхлоросилану [63].

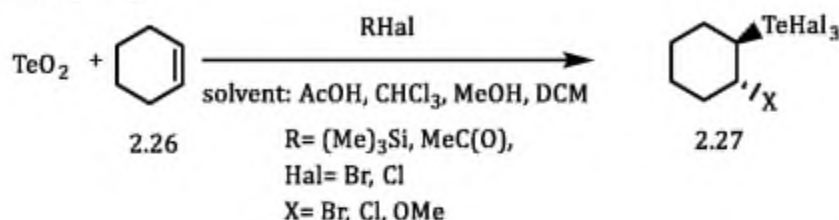


Рис. 2.13. Синтез циклогексилтелур трихлориду.

Алкілтелуртрихлориди (2.29) також синтезують із естерів карбонових кислот (2.28), які містять у своєму складі алільний фрагмент (Рис. 2.14). У роботі [64] одержано цілий ряд ациклічних телуртрихлоридів (2.29) з відповідних алільних естерів та тетрахлориду телуру в середовищі хлороформу. Найменший вихід телуртрихлориду спостерігали при використанні в якості синтону термінально-заміщеного алільного естеру (54%).

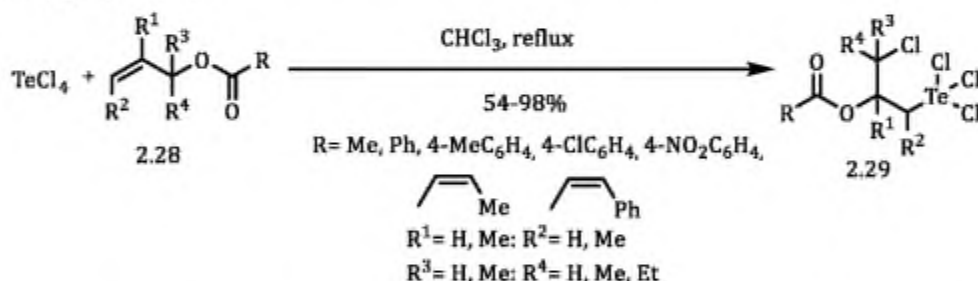


Рис. 2.14. Взаємодія тетрахлориду телуру з естерами.

Даний метод може бути використаний і для синтезу алкенілтелуртрихлоридів. В роботі [65] описано взаємодію пропаргільного спирту (2.30) з тетрахлоридом телуру в результаті чого утворюється алкеніл телуртрихлорид (2.31) з виходом 51% (Рис. 2.15).

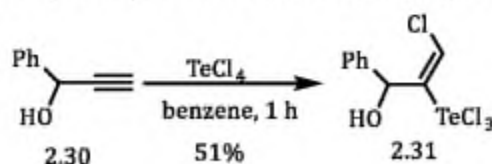


Рис. 2.15. Взаємодія тетрахлориду телуру з алкінами.

2.1.3. Галогенування біс-дителуридів.

Ще одним важливим методом синтезу алкіл-, арил-, гетерилтелуртригалогенідів є галогенування дителуридів. Зокрема, в роботі [66] описано одержання найпростішого представника телуртрихлоридів — метилтелуртрихлориду (2.33) пропусканням хлору через розчин диметилдителуриду (2.32).

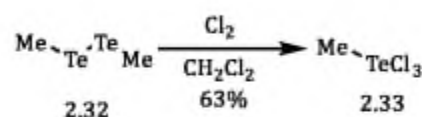


Рис. 2.16. Хлорування біс-диметилдителуриду.

Даний метод був використаний і на дителуридах (2.34, 2.36, 2.38), які містять алкоксигрупу в β -положенні до атома телуру [67] (Рис. 2.17). В якості хлоруючого реагенту використано сульфурилхлорид.

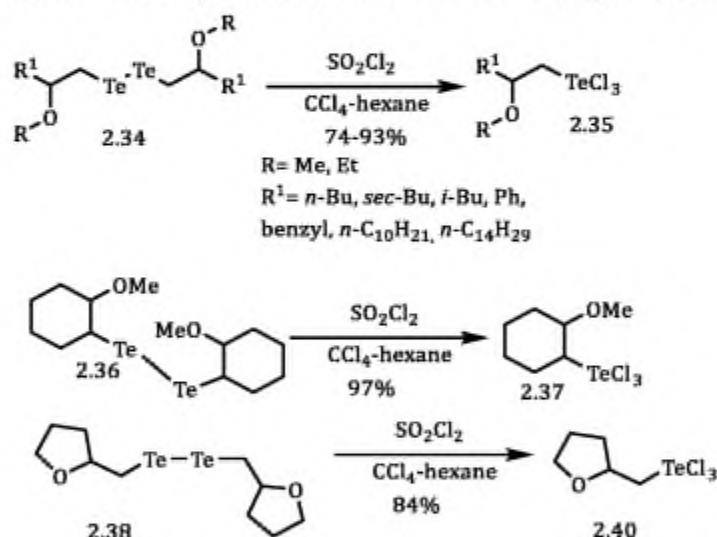


Рис. 2.17. Взаємодія біс-дителуридів з сульфурилхлоридом.

Відомі приклади синтезу і алкіл- (2.42) та циклоалкілтелуртрибромідів (2.44) заємодією відповідних симетричних ацетилоксиналкіл-(2.41) та циклоалкіл дителуридів (2.43) з бромом в хлороформі [68] (Рис. 2.18). Відповідні телуртриброміди виділено з майже кількісними виходами.

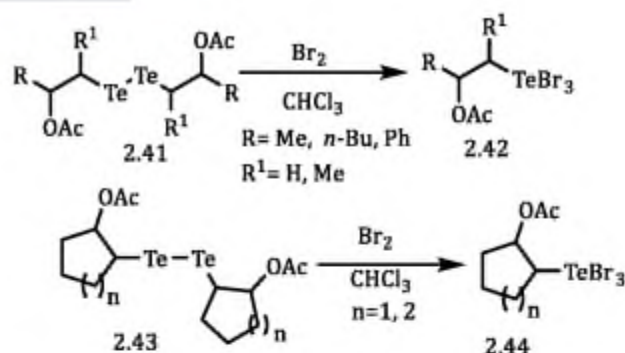


Рис. 2.18. Бромовання *bis*-дителуридів.

Виявилось, що даний метод є зручним у синтезі арилтелуртригалогенідів. При проведенні реакції арилдителуридів (2.45) з тіонілхлоридом або бромом в полярному розчиннику одержують цілий ряд арилтелуртригалогенідів (2.46) [69-74] (Рис. 2.19). У випадку нафтил телуртрибромідів виходи зменшуються в порівнянні з їх моноциклічними аналогами.

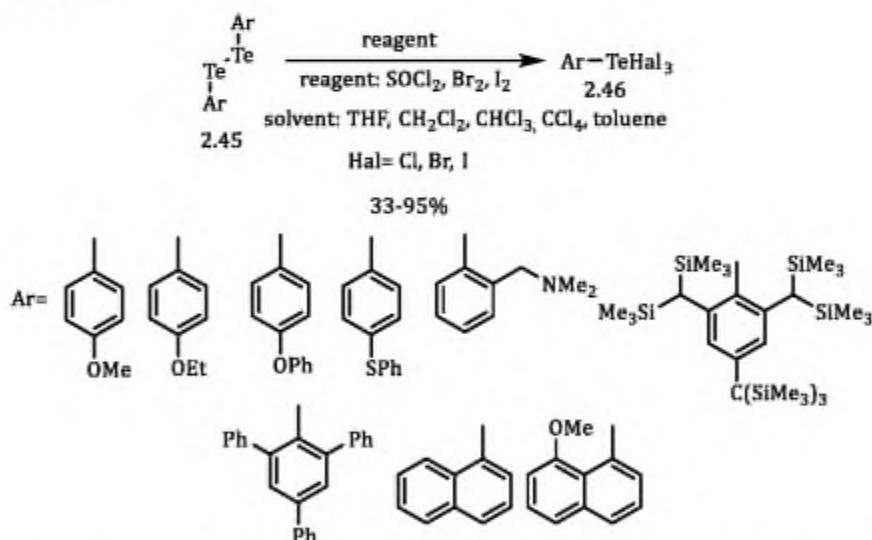


Рис. 2.19. Синтез арилтелуртригалогенідів галогенуванням дителуридів.

Проведення реакції галогенуючих реагентів з дителуридом (2.47), який містить оксазольний цикл дозволяє в одну стадію отримувати телуртригалогеніди (2.48) з високими виходами (Рис. 2.20). Слід відміти, що в наведеній роботі [75] вперше описано синтез телуртрийодиду йодуванням відповідного дителуриду, будову якого підтверджено РСД.

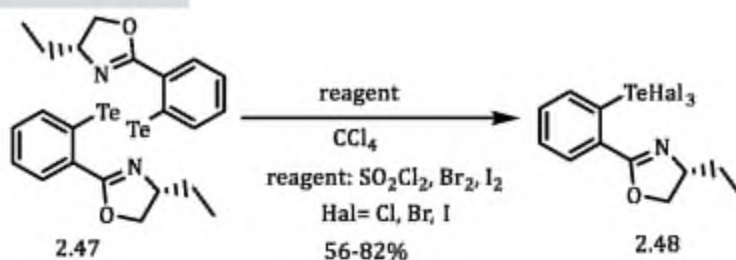


Рис. 2.20. Одержання арилтелуртригалогенідів, які містять оксазольний цикл.

Проведення реакції сульфурил хлориду чи йоду з 5-(2-хлорофеніл)-1*H*-піразол-1-іл)-3,5-динітрофеніл)дителуридом (2.49) в етанолі сприяє утворенню відповідних телуртрихлоридів та трийодидів (2.50) з високими виходами (70-82%) [76] (Рис. 2.21).

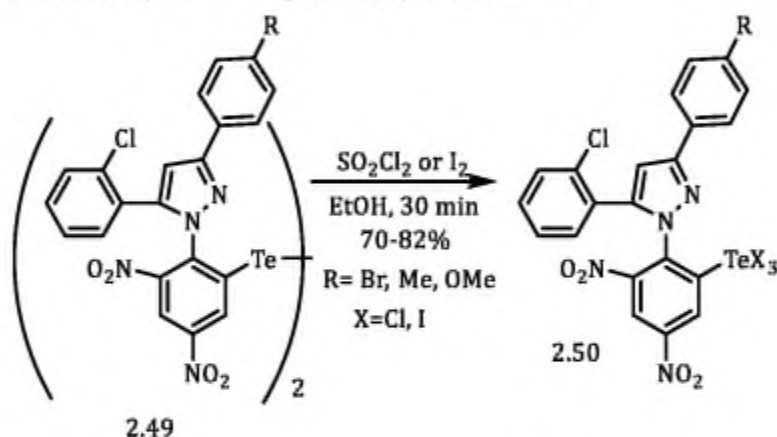


Рис. 2.21. Галогенування 5-(2-хлорофеніл)-1*H*-піразол-1-іл)-3,5-динітрофеніл)дителуридів.

Аналогічним чином одержують гетерилтелуртриброміди (2.52), але виходи цільових телуртрибромідів хіназолінового та тієнопіримідинового ряду зменшуються (66-77%) в порівнянні з алкіл- та циклоалкілтелуртрибромідами [77] (Рис. 2.22).

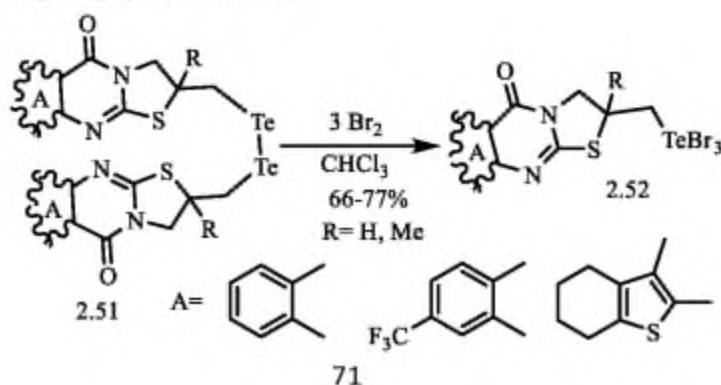


Рис. 2.22. Бромовання *bis*-гетерилдителуридів.

2.1.4. Взаємодія тетрагалогенідів телуру з органічними похідними галогенідів ртуті

Наступним важливим методом одержання телуртригалогенідів є взаємодія тетрагалогенідів телуру з органічними похідними галогенідів ртуті.

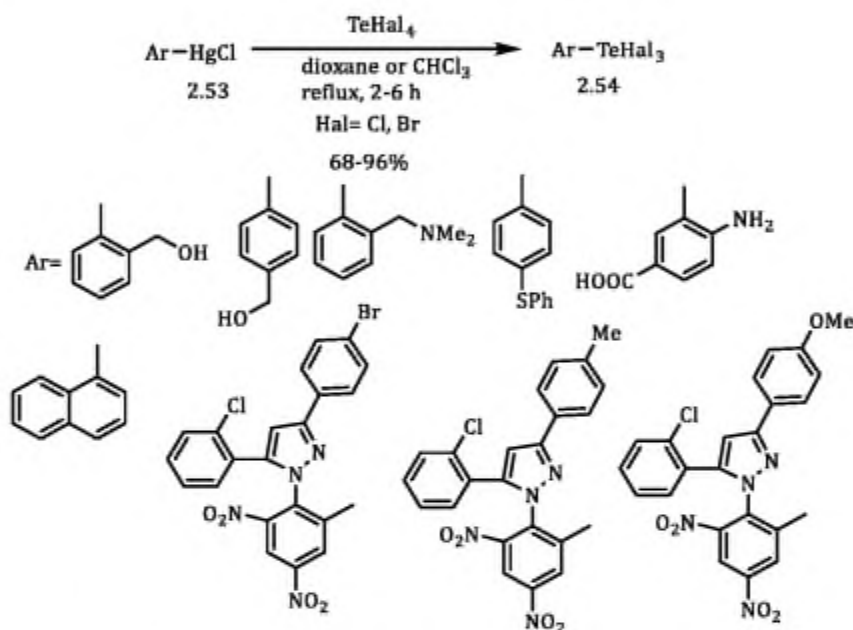


Рис. 2.23. Взаємодія тетрагалогенідів телуру з арил-хлоридом ртуті.

Зокрема, в роботах [70, 72, 76, 78, 79] наведено синтез цілого ряду арилтелуртригалогенідів (2.54) з високими виходами (Рис. 2.23). Використання різних за полярністю розчинників не впливає на результат реакції.

При взаємодії тетраброміду телуру з основами Шиффа чи азосполуками в аналогічних умовах утворюються відповідні телуртриброміди (2.56, 2.58), які містять азо- та імінофрагмент [80-84] (Рис. 2.24).

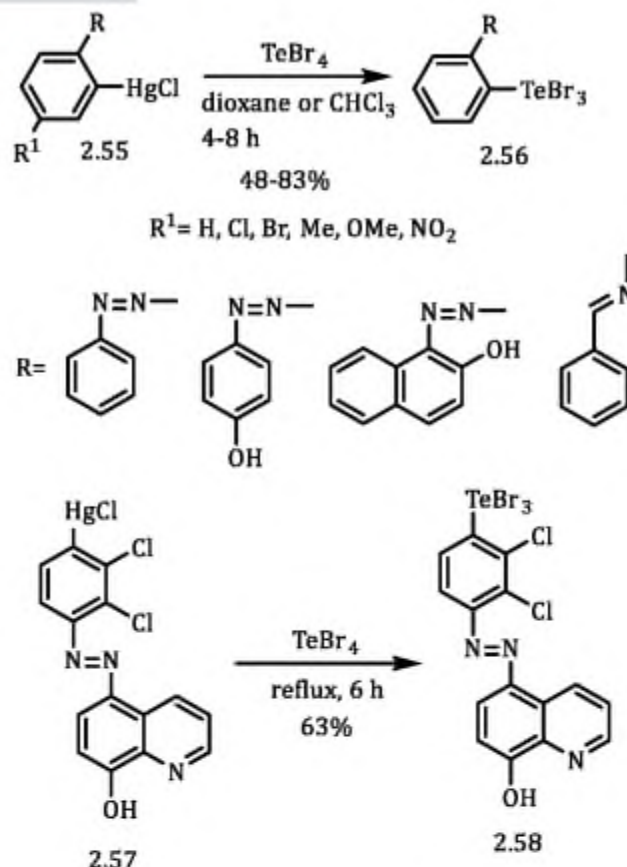


Рис. 2.24. Взаємодія тетраброміду телуру з азосполуками та основами Шиффа.

Хінолінтелуртрибромід (2.60) одержали в одну стадію взаємодією відповідного хінолінртуть хлориду (2.61) з тетрабромідом телуру в діоксані [85] (Рис. 2.25).

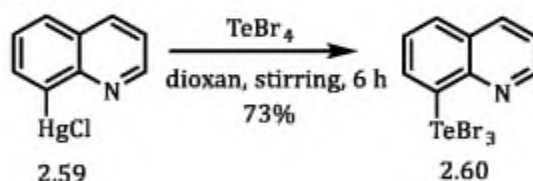


Рис. 2.25. Взаємодія тетраброміду телуру з хінолінртуть хлоридом.

2.1.5. Електрофільне заміщення аренів тетрахлоридом телуру

При одержанні арилтелуртригалогенідів широко використовуються реакції електрофільного заміщення тетрагалогенідів телуру з аренами.

Наприклад, *n*-метоксифенілтелуртрихлорид (2.61) одержують нагріванням на водяній бані тетрахлориду телуру з анізолом у хлороформі [54] або чотиріхлористому вуглєці [86] протягом 2 годин [87] (Рис. 2.26). Використання в якості розчинника тетрахлориду вуглєцю дозволяє отримати цільови продукт з виходом 96%. Аналогічним чином одержують і інші арилтелуртрихлориди (2.62) [70, 86, 87].

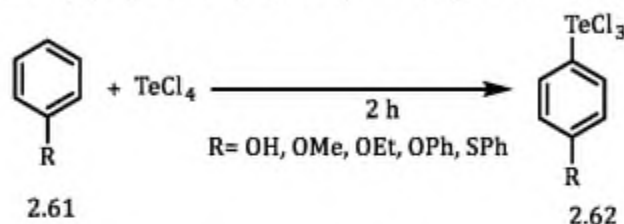


Рис. 2.26. Взаємодія тетрахлориду телуру з аренами.

Метод одержання 4-метоксифенілтелуртрихлориду (2.64) був удосконалений [88]. Мікрохвильове опромінення тетрахлориду телуру з анізолом (2.63) при 100 Вт протягом 3 хв приводить до утворення трихлориду з виходом 86% (Рис. 2.27).

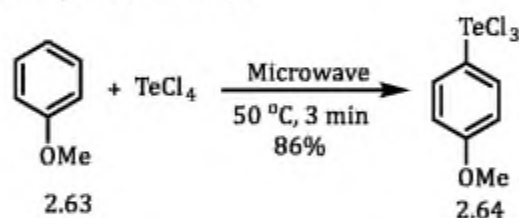


Рис. 2.27. Взаємодія тетрахлориду телуру з анізолом.

n-Бромфенілтелуртрихлорид (2.66) можна одержати нагріванням тетрахлориду телуру в бромбензені (2.65) без використання розчинника [89] (Рис. 2.28). Вихід арилтелуртрихлориду становить 38%.

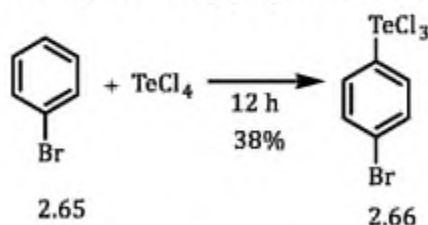


Рис. 2.28. Одержання *n*-бромфенілтелуртрихлориду.

Сплавленням нафталену (2.67) та тетрахлориду телуру одержують 2-нафталентелуртрихлорид (2.68) з виходом 54% [90] (Рис. 2.29).

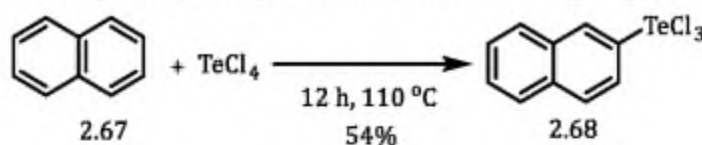


Рис. 2.29. Одержання 2-нафтилтелуртрихлориду.

2.1.6. Реакції обміну галогенів.

Реакції електрофільного заміщення між тетрахлоридом телуру та аренами придатний тільки для одержання арилтелуртрихлоридів, а відповідні триброміди та трийодиди, крім вищезгаданих методів, можуть бути одержаними реакціями обміну з відповідних телуртрихлоридів. У роботі [70] наведено синтез цілого ряду арилтелуртригалогенідів (2.70) даним методом (Рис. 2.30).

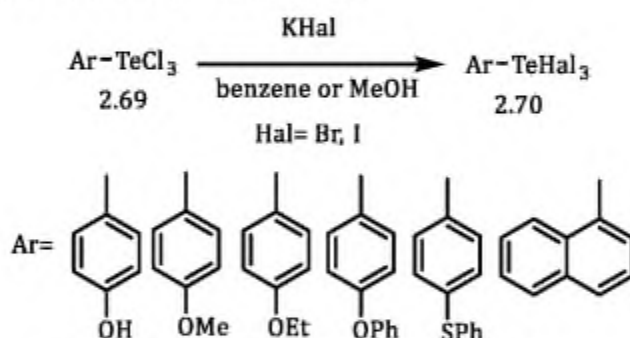


Рис. 2.30. Одержання арилтелуртригалогенідів реакціями обміну.

2.1.7. Одержання алкіл- та арилтелуртригалогенідів з органічних сполук стануму.

Менш широковживаним методом синтезу алкіл та арилтелуртригалогенідів є використання станум органічних сполук з відповідними тетрагалогенідами телуру [91] (Рис. 2.31).

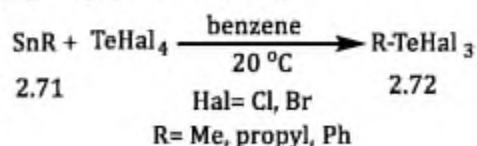


Рис. 2.31. Одержання арилтелуртригалогенідів з використанням стануморганічних сполук.

2.2. Використання арил-алкілтелур тригалогенідів в синтезі гетероциклічних сполук.

Арилтелуртригалогеніди знайшли широке використання як проміжні продукти та синтони в органічному синтезі [92, 93]. Одним із важливих шляхів їх використання є синтез гетероциклів. Широкий спектр використання сполук з чотирикоординованим атомом телуру обумовлено їх високою біологічною активністю [94-101]. В даному підрозділі розглянуті методи синтезу похідних фурану, пірану, тіазолу, тіазоло-триазолів та тіазолопиримідинів реакціями електрофільної внутрішньомолекулярної циклізації з використанням арилтелуртрихлоридів. Найбільш широке використання в синтезі гетероциклів знайшли *n*-метоксифенілтелуртрихлорид, *n*-етоксифенілтелуртрихлорид, *n*-етоксифенілтелуртрибромід.

2.2.1. Синтез похідних фурану.

Найбільш вивчені реакції арилтелуртригалогенідів із γ,δ -алкенільними спиртами, карбонільними сполуками, кислотами та їх похідними. Взаємодія *n*-алкокси(алкіл)фенілтелуртрихлоридів з термінально незаміщеними γ,δ -ненасиченими спиртами та етерами (2.73) в хлороформі дозволяє в одну стадію отримувати похідні тетрагідрофурану (2.74), які містять екзоциклічний арилтелуровий фрагмент (Рис. 2.32). Використання *n*-метоксифенілтелуртриброміду в синтезі телурфункціоналізованого фурану зменшує виходи продуктів [102]. Циклізація стерично утруднених алкенолів (2.73) арилтелуртрихлоридами з високими виходами (85-98%) утворює 2,3,5-заміщені тетрагідрофурани (2.74) [103] (Рис. 2.32). γ,δ -Алкеноли, які містять кратний зв'язок в аліциклах, під дією арилтелуртригалогенідів анелюють фурановий цикл з утворенням біциклічних фуранів (2.74) [102] (Рис. 2.32). Використання в реакції алкенільних гліколів або дибензилових етерів (2.73) з *n*-метоксифенілтелуртрихлоридом дозволяє одержувати 2,5-функціоналізовані тетрагідрофурани (2.74), які можуть бути використані для подальшої функціоналізації (Рис. 2.32). Вихід продуктів циклізації гліколів складає 96%, введення бензилових етерів зменшує вихід цільових

продуктів до 65% [103].

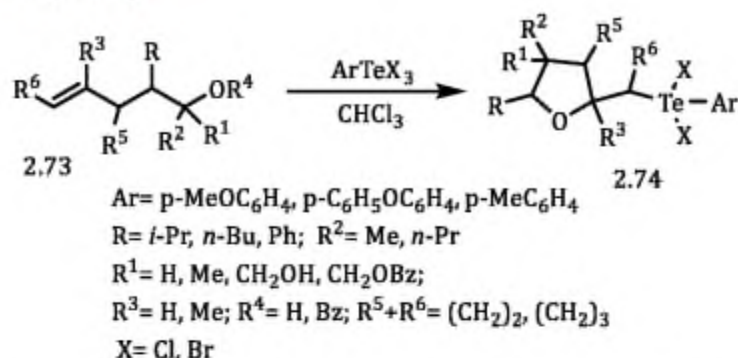


Рис. 2.32. Арилтелурогалогенування спиртів та етерів.

Конденсований функціонально заміщений тетрагідрофуран (2.76) з високими виходами можна отримати взаємодією *n*-метоксифенілтелуртрихлориду з 2-алілциклогексаноном (2.75) або *o*-алілфенолом (2.75) в хлороформі [102, 103] (Рис. 2.33).

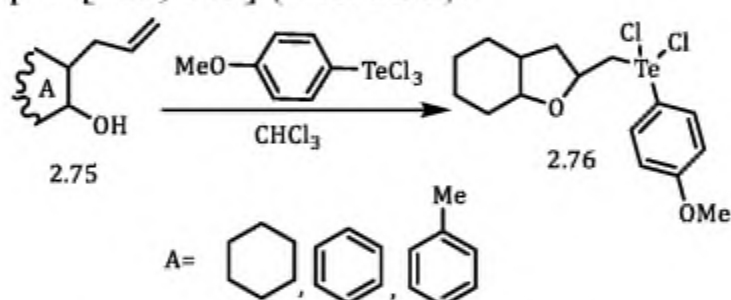


Рис. 2.33. Арилтелуроохлорування циклічних та ароматичних алілзаміщених спиртів.

Циклогексиловий спирт (2.77) в реакції з *n*-метоксифенілтелуртрихлоридом в у хлороформі утворює біциклічний спирт (2.78) з виходом 72% [104] (Рис. 2.34).

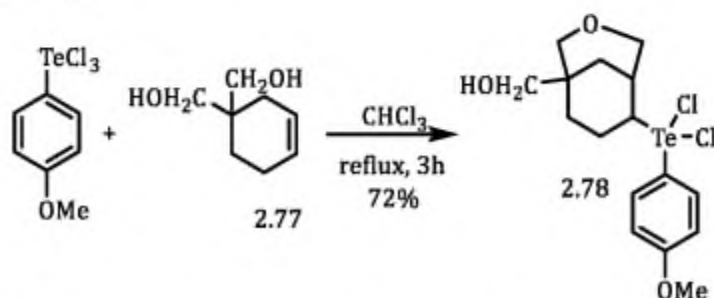


Рис. 2.34. Арилтелуроохлорування циклогексенових спиртів.

Реакція *n*-метоксифенілтелуртрихлориду з γ,δ -ненасиченими карбоновими кислотами (2.79) приводить до утворення арилдихлоротелуро-метилзаміщених похідних γ -лактонів (2.80) з виходами 80-87% (Рис. 2.35). В аналогічних умовах ненасичені кислоти (2.79) з цикlopентеновим та циклогексеновим фрагментом реагують з арилтелуртрихлоридом, утворюючи конденсовані лактони (2.80) [105] (Рис. 2.35).

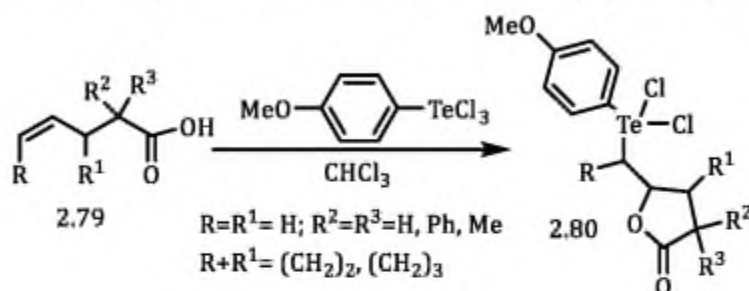


Рис. 2.35. Арилтелуроохлорування ненасичених карбонових кислот.

Дія *n*-метоксифенілтелуртрихлориду на α -алкенілзаміщені β -дикарбонільні сполуки відбувається з утворенням телурофункціоналізованих фуранів (2.82, 2.84) шляхом процесу циклізації енольної форми дикетонів [106] (Рис. 2.36). В той же час α -алкеніл оксоестери зазнають перетворення в аналогічних умовах у відповідні 2,3,5-заміщені похідні фуранового ряду (2.81, 2.83) [107] (Рис. 2.36).

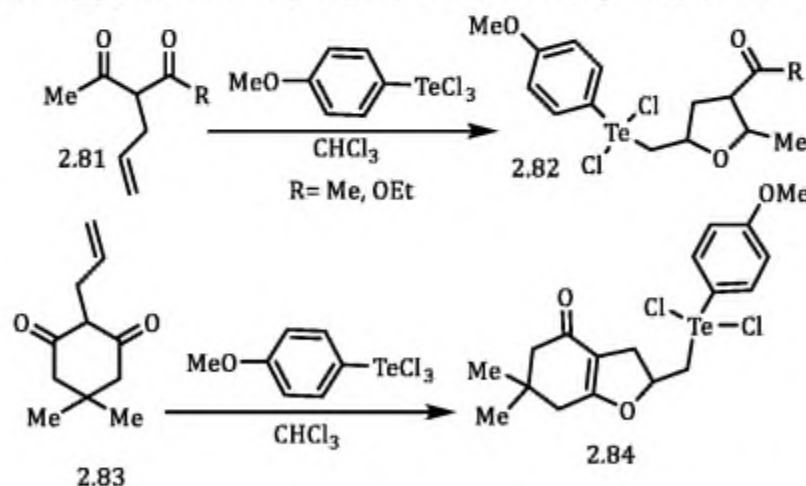


Рис. 2.36. Арилтелуроохлорування ненасичених карбонільних сполук.

Введення циклогексенового циклу в молекулу естеру дозволяє отримувати конденсовані фурани (2.86, 2.88) з арилтелуrowим фрагменту [108] (Рис. 2.37).

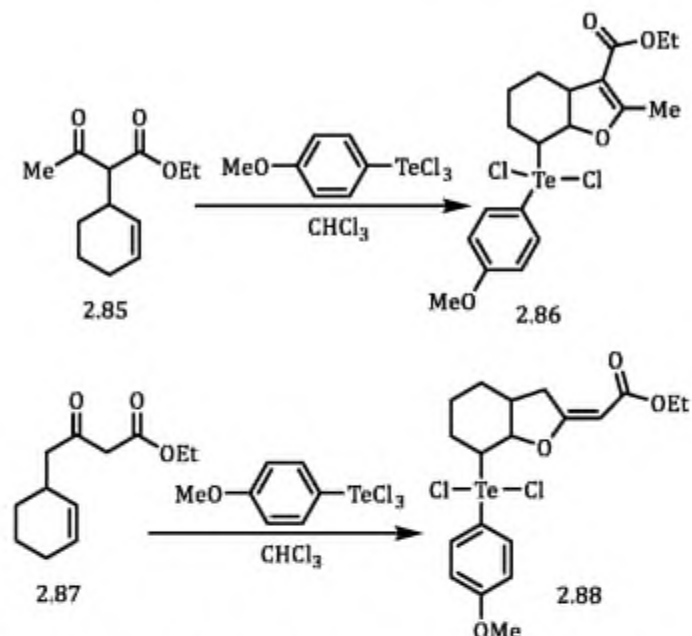


Рис. 2.37. Арилтелуrowхлорування ненасичених естерів.

α,γ -Диаліл- β -оксоестери (2.89, 2.91) при дії *p*-метоксифенілтелуrowтрихлориду в середовищі хлороформу перетворюється в заміщені фурани (2.90). γ -Алкенілзаміщені β -дикарбонільні сполуки в тих самих умовах утворюють 2,5-заміщені тетрагідрофурани (2.92), які містять екзоциклічний подвійний зв'язок. [106, 107, 109] (Рис. 2.38).

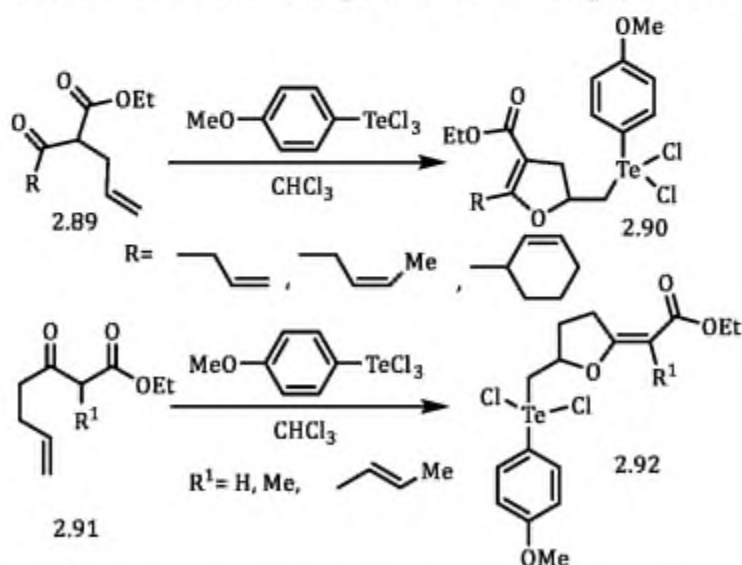


Рис. 2.38. Арилтелуrowхлорування α,γ -диаліл- β -оксоестерів.

2.2.2. Синтез похідних пірану.

Використання 5-гексенолу (2.93) в реакції циклізації *n*-метоксифенілтелуртрихлоридом дозволяє отримувати 2-арилтелуromетилзаміщені похідні пірану (2.94) з виходом 93%. Сполуки (2.96) можна отримати також взаємодією бутенільних дикарбонільних сполук (2.95) з арилтелуртрихлоридом в середовищі хлороформу, вихід якого становить 90% [102, 106] (Рис. 2.39).

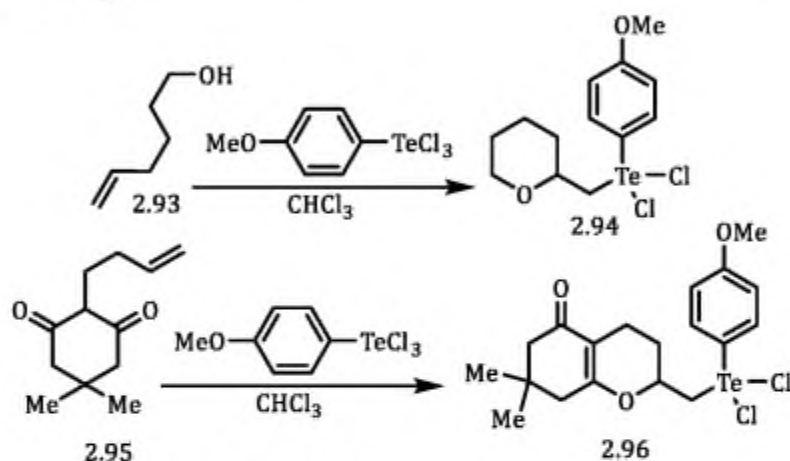


Рис. 2.39. Одержанн піранів.

Похідні пірану (2.98, 2.100) утворюються в результаті циклізації арилтелуртрихлоридом бутенільних та пентенільних похідних α -(γ)-кетоестерів у середовищі хлороформу. Вихід цільових продуктів складає 65% [107] (Рис. 2.40).

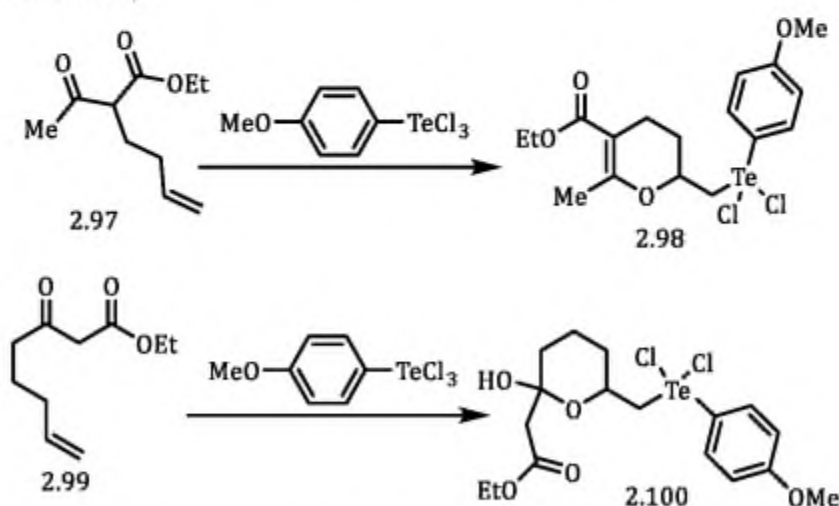


Рис. 2.40. Одержання піранів з бутенільних та пентенільних похідних α -(γ)-кетоестерів.

2.2.3. Синтез похідних тіазолу.

Арилтелуртрихлориди були успішно використані для синтезу п'яти та шестичленних гетероциклів з атомом оксигену та виявилися перспективними для синтезу функціонально заміщених похідних тіазолу. Так, взаємодією *N*-алкенільних тіосечовин (2.101) з *n*-алкоксифенілтелуртрихлоридом призводить до утворення гідрохлоридів тіазолу (2.102) з екзоциклічним чотирьохкоординованим атомом телуру [110].

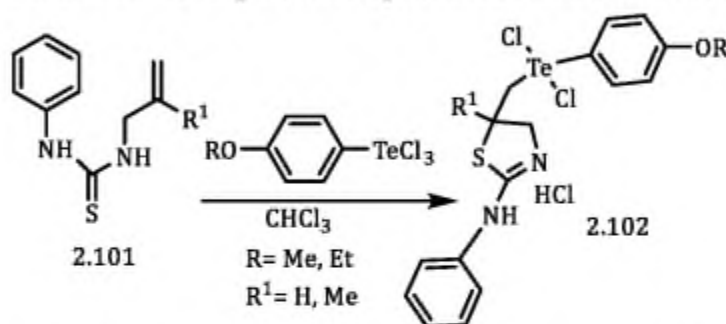


Рис. 2.41. Взаємодія арилтелуртрихлоридів з алкенільними тіосечовинами.

2.2.4. Синтез тіазолопіримідинів.

При використанні в реакції телуроциклізації *n*-метоксифенілтелуртрихлоридом *N,S*-алкенільних похідних тіоурацилу в середовищі льодяної оцтової кислоти в одну стадію утворюються ізомерні тіазолопіримідини (2.104, 2.106) з виходами 63-65% (Рис. 2.42). Введення в реакцію циклізації арилтелуртрихлоридом алкенільного селеноетеру тіоксопіримідинону дозволяє отримувати телурофункціоналізований селеназолопіримідинон (2.106) (Рис. 2.42). Слід відмітити, що в результаті телуроіндукованої циклізації *S*(Se)-алкенільних похідних тіоурацилу утворюється комплекс тіазоло(селеназоло)піримідинону з *n*-метоксифенілтелуртрихлоридом, що доведено спектроскопією ЯМР та мас-спектрометрією. Утворення комплексів не залежить від співвідношення реагентів. При циклізації *N*-алкенільних похідних тіоурацилу утворення комплексу не спостерігалось навіть при надлишку *n*-метоксифенілтелуртрихлориду [111].

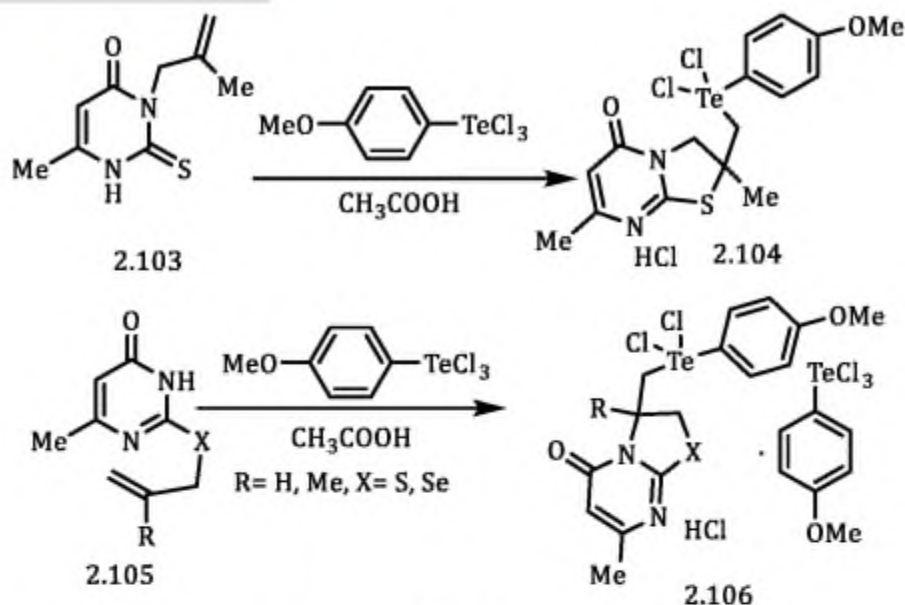


Рис. 2.42. Взаємодія *n*-метоксифенілтелуртрихлориду з алільними похідними піримідин-4-ону.

В аналогічних умовах N,S-алкенільні похідні конденсованих піримідину (хіназоліни [112-114], піразолопіримідини [112, 115-117], тієнопіримідини [113, 118]) циклізуються *n*-алкоксифенілтелуртригалогенідами з утворенням поліциклічних тіазолопіримідинів (2.108, 2.110) лінійної та ангулярної будови (Рис. 2.43). У випадку ангулярних тіазолопіримідинів, як і у випадку тіоурацилу, утворюється комплекс.

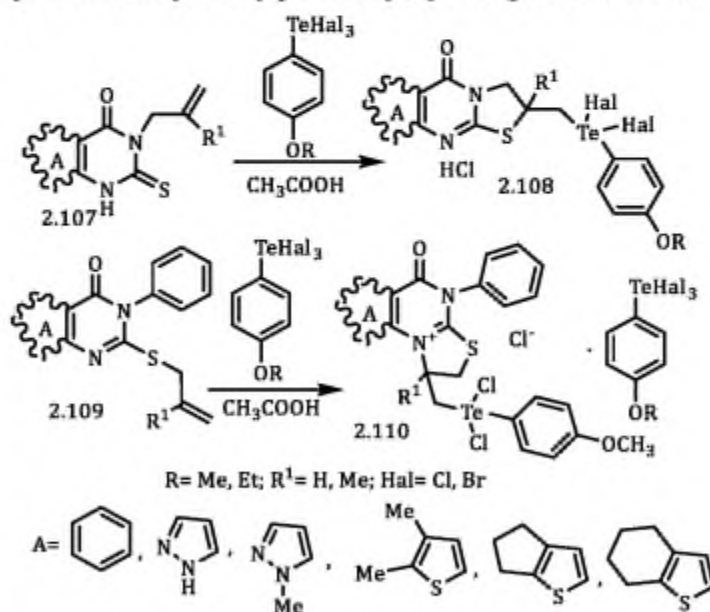


Рис. 2.43. Взаємодія арилтелуртригалогенідів з алільними похідними конденсованих піримідинів.

Також в реакції з *n*-метоксифенілтелуртрихлоридом були досліджені 2-алкенілтїо-3,4,5,6,7,8-гексагідробензотїєно[2,3-*d*]піримідин-4(3*H*)-они (2.111), які містять два додаткових нуклеофільних центри для проходження циклізації — атоми нітрогену в положенні 1 і 3 піримідинового циклу. Взаємодія вихідних реагентів в оцтовій кислоті незалежно від співвідношення реагентів приводить до утворення продуктів циклізації лінійної будови (2.112) [119] (Рис. 2.44).

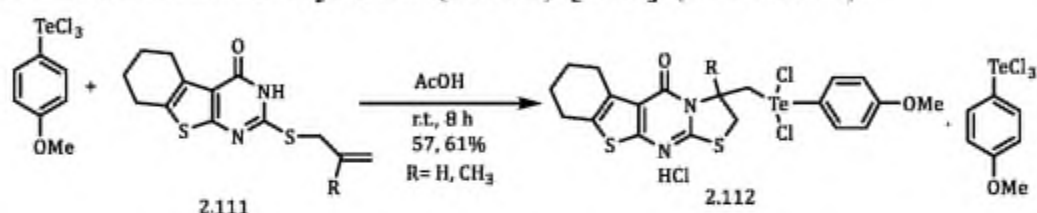


Рис. 2.44. Взаємодія *n*-метоксифенілтелуртрихлориду з алільними похідними N(1,3)-незаміщених похідних тієнопіримідину.

Для дослідження впливу природи ненасиченого фрагмента на регіоселективність електрофільної гетероциклізації *n*-метоксифенілтелуртрихлоридом в якості вихідного субстрату використано 5,6-диметил-2-(проп-2-ін-1-їлтіо)-3-фенілтїєно[2,3-*d*]піримідин-4(3*H*)-он (2.113). Взаємодію пропаргільного тіоетеру з *n*-метоксифенілтелуртрихлоридом проводили в аналогічних умовах, які використовували при циклізації алільних тіоетерів. Встановлено, що у вказаних умовах пропаргільний тіоетер регіоселективно циклізується арилтелуртрихлоридом до ангулярного хлориду 8-((дихлоро(4-метоксифеніл)-таланіл)метиліден)-2,3-диметил-4-оксо-5-феніл-4,5,7,8-тетрагідротїазоло[3,2-*a*]-тієно[3,2-*e*]піримідин-9-їю (2.114) у вигляді комплексу з *n*-метоксифенілтелуртрихлоридом. Одержаний продукт (2.114) містить екзоциклічний подвійний зв'язок (Рис. 2.45). Слід відмітити, що в результаті телуро-індукованої циклізації арилтелур-трихлоридом виділено один геометричний ізомер. [120]

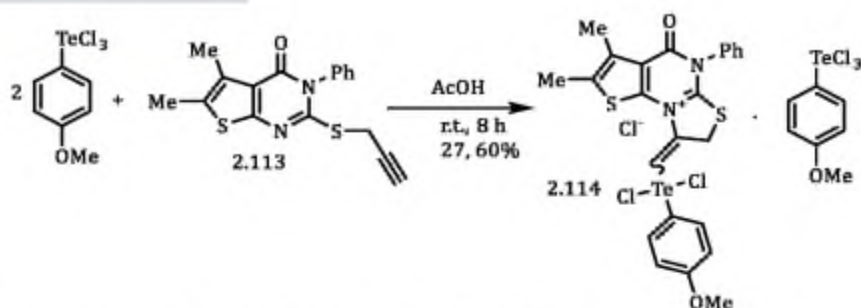


Рис. 2.45. Взаємодія *n*-метоксифенілтелуртрихлориду з пропаргільними похідними тієнопіримідину.

Продукти циклізації лінійної будови (2.116) одержано взаємодією *n*-метоксифенілтелуртрихлориду з 6-метил-2-пропаргилтіопіримідин-4(3*H*)-оном (2.115) в льодяній оцтовій кислоті [121] (Рис. 2.46).

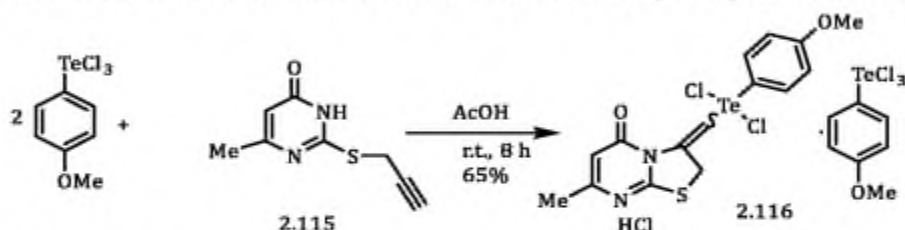


Рис. 2.46. Взаємодія *n*-метоксифенілтелуртрихлориду з пропаргільними похідними піримідин-4-ону.

2.2.5. Синтез тіазолопіридинів.

У реакції з *n*-метоксифенілтелуртрихлоридом використано 2-алілтїохінолін-3-карбальдегід. Проведення реакції циклізації в середовищі льодяної оцтової кислоти дозволяє регіоселективно анелювати тіазольний цикл до остову хіноліну. Слід відмітити, що поряд із продуктом телуроіндукованої циклізації *n*-метоксифенілтелуртрихлоридом 2-алілтїохінолін-3-карбальдегіду (2.117) регіоселективно одержано ангулярний хлорид 1-((дихлоро(4-метоксифеніл)-теланіл)метил)-4-форміл-1,2-дигідротіазоло[3,2-*a*]хінолін-10-ію (2.118) у вигляді комплексу з *n*-метоксифенілтелуртрихлоридом [122] (Рис. 2.47).

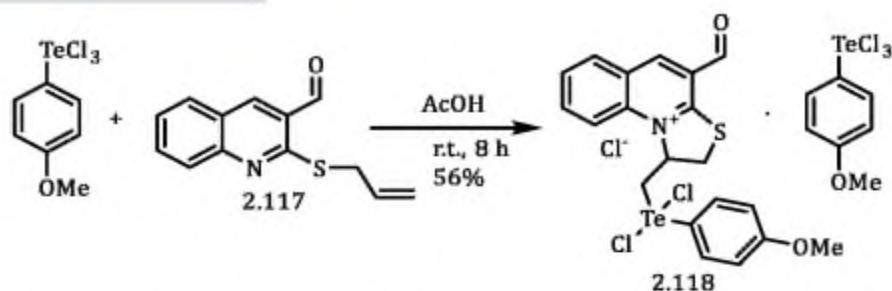


Рис. 2.47. Взаємодія *n*-метоксифенілтелуртрихлориду з 2-алілтїохінолінкарбальдегідом.

2.2.6. Синтез тіазолотріазолів.

На відміну від алкенільних похідних хіноліну та тієнопіримідину алільні тіоетери триазолу (2.119) з *n*-метоксифенілтелуртрихлоридом утворюють продукти циклізації тільки в присутності допінг-добавки натрій перхлорату. Встановлено, що в результаті телуро-індукованої циклізації в оцтовій кислоті утворюються перхлорати (2.120) з анелюваним тіазольним циклом [123] (Рис. 2.48).

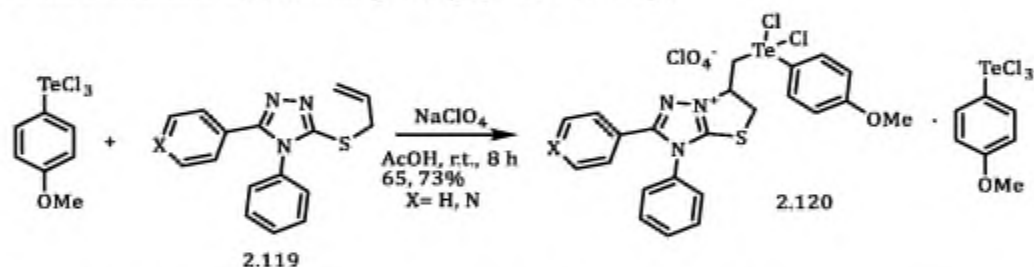


Рис. 2.48. Взаємодія *n*-метоксифенілтелуртрихлориду з похідними 3-алілтїо-1,2,4-триазолу.

У випадку 4-*N*-алільних похідних 1,2,4-триазол-3-тіону (2.121) реакція арилтелуроохлорювання в льодяній оцтовій кислоті чи хлороформі відбувається з утворенням тіазолотріазолів (2.122) (Рис. 2.49).

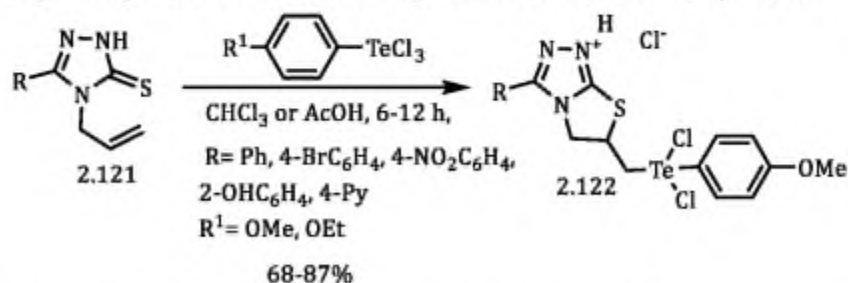


Рис. 2.49. Взаємодія *n*-метоксифенілтелуртрихлориду з похідними 4-алілтїо-1,2,4-триазолу.

Слід відмітити, що реакція в даному випадку (Рис. 2.49) не потребує використання допінг-добавки [124, 125].

2.2.7. Синтез тіазинохінолінів.

При використанні в реакції циклізації *n*-метоксифенілтелуртрихлоридом бутенільних тіоестерів можливе анелювання п'яти або шестичленного циклу. Для цього було досліджено регіоселективність процесу електрофільної внутрішньомолекулярної циклізації 2-бутенільного тіоестеру хінолін-3-карбальдегіду *n*-метоксифеніл-телуртрихлоридом. Взаємодію 2-(бут-2-ен-1-ілтію)хінолін-3-карбальдегіду (2.123) з *n*-метоксифенілтелуртрихлоридом проводили в льодяній оцтовій кислоті. При перемішуванні вихідних реагентів протягом 8 годин за кімнатної температури виділено один продукт — хлорид 2-(дихлоро(4-метоксифеніл)-теланіл)-1-метил-5-форміл-2,3-дигідро-1H-[1,3]тіазино[3,2-*a*]хінолін-11-ію (2.124) у вигляді комплексу з *n*-метоксифенілтелуртрихлоридом (Рис. 2.50). Утворення такого комплексу відбувається незалежно від співвідношення реагентів [126].

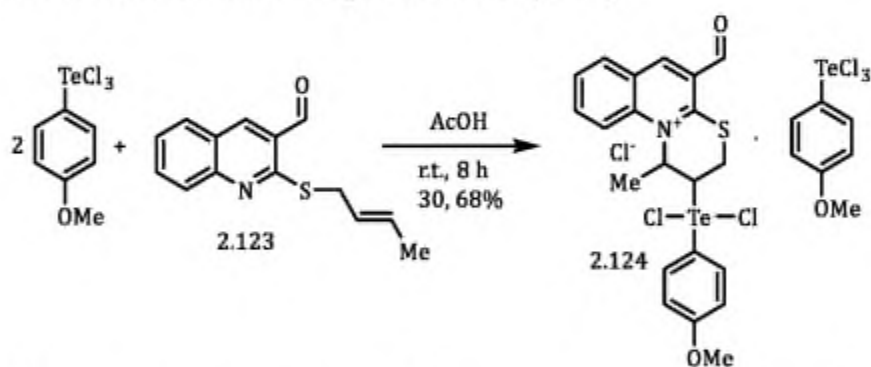


Рис. 2.50. Взаємодія *n*-метоксифенілтелуртрихлориду з 2-бутенільним тіоестером хінолін-3-карбальдегіду.

2.2.8. Синтез тіазинохінолінів.

Для дослідження впливу гетероциклу на регіохімію арилтелуроохлоування 2-бутенільних тіоестерів в реакції з *n*-метоксифенілтелуртрихлоридом використано 2-(бут-2-ен-1-ілтію)-3-фенілхіназолін-4(3H)-он та 2-(бут-2-ен-1-ілтію)-5,6-диметил-3-фенілтієно[2,3-*d*]піримідин-

4(3*H*)-ону (2.125). Взаємодію тіоетерів з *n*-метоксифенілтелуртрихлоридом проводили в аналогічних умовах, які використовували при циклізації хінолінового аналогу. Встановлено, що у вказаних умовах 2-бутенільні тіоетери (2.125) регіоселективно циклізуються арилтелуртрихлоридом до ангулярних солей (2.126) у вигляді комплексів з *n*-метоксифенілтелуртрихлоридом [120, 126] (Рис. 2.51).

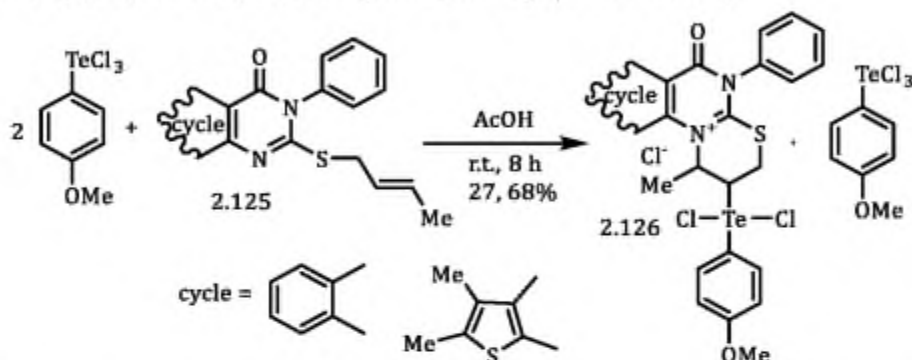


Рис. 2.51. Взаємодія *n*-метоксифенілтелуртрихлориду з бутенільними тіоетерами хіназоліну та тієнопіримідину.

У випадку термінально незаміщеного бутенільного тіоетеру тієнопіримідину (2.127) телуро-індукована циклізація арилтелуртрихлоридом відбувається аналогічно з анелюванням тіазинового циклу до остову піримідину та утворенням — хлориду 8-((дихлоро(4-метоксифеніл)-таланіл)метиле)-2,3-диметил-4-оксо-5-феніл-4,5,7,8-тетрагідротіа-зола[3,2-*a*]тієно[3,2-*e*]піримідин-9-ію (2.128) у вигляді комплексу з *n*-метоксифенілтелуртрихлоридом. Реакцію проводили в льодяній оцтовій кислоті при кімнатній температурі із різним співвідношенням вихідних реагентів [120] (Рис. 2.52).

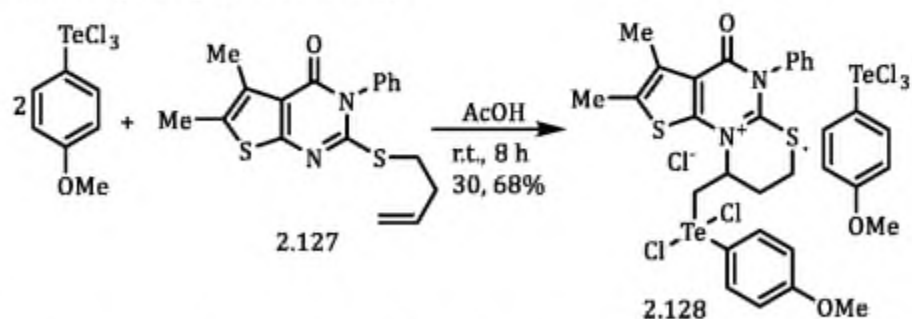


Рис. 2.52. Взаємодія *n*-метоксифенілтелуртрихлориду з бутенільним тіоетером тієнопіримідину.

2.2.9. Синтез телуродіазетидину.

У наведених вище реакціях циклізації описано утворення гетероциклів, які містять екзоциклічний атом телуру, але є роботи де описано методи синтезу циклічних сполук з ендоециклічним гетероатомом. Зокрема, сечовина (2.129) реагує з *p*-метоксифенілтелуртрихлоридом з утворенням чотиричленного циклу (2.130), який містить ендоециклічний атом телуру [127] (Рис. 2.53).

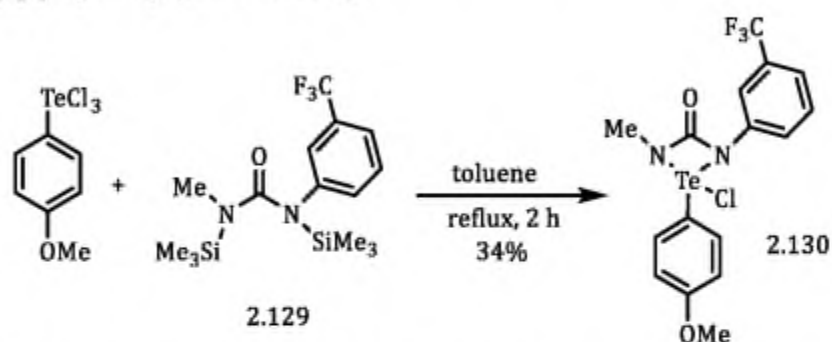


Рис. 2.53. Взаємодія *p*-метоксифенілтелуртрихлориду з сечовиною.

2.2.10. Синтез телуродіазафосфіт.

Чотиричленний гетероцикл (2.132) утворюється при взаємодії іліду фосфору (2.131) з арилтелуртрихлоридом [128] (Рис. 2.54).

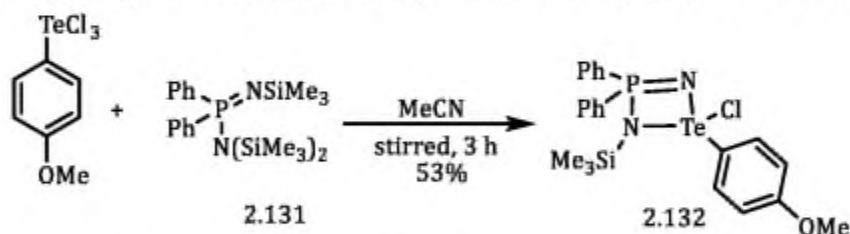


Рис. 2.54. Взаємодія *p*-метоксифенілтелуртрихлориду з сечовиною.

2.10. Синтез феноксителуринів.

Нагрівання *o*-фенілзаміщених телуртрихлоридів (2.133) приводить до утворення трициклічних похідних феноксителуринів (2.134) з чотирикоординованим атомом телуру [70] (Рис. 2.55).

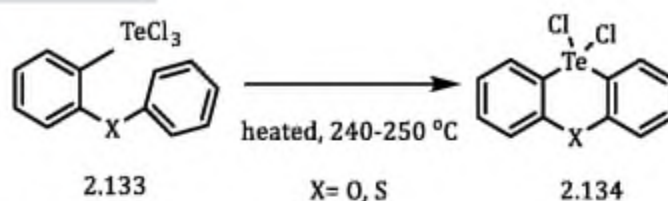


Рис. 2.55. Нагрівання *o*-заміщених арилтелуртрихлоридів.

Таким чином, показано, що арилтелуртригалогеніди являються зручними електрофільними реагентами для синтезу гетероциклічних сполук з екзо- та ендициклічним атомом телуру.... Для ефективного синтезу таких гетероциклів необхідна наявність кратного зв'язку та додаткового нуклеофільного центру – атома кисню, сульфуру та нітрогену.

Acknowledgment

Дослідження проводились за грантової підтримки НФДУ (проект № 216/0176).

Автори висловлюють подяку Збройним Силам України за забезпечення безпеки та можливості проведення наукових досліджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. WILLING, W. A. Eiwirkung von organomagnesiumverbindung auf die halogenide des selen. *Chemische Berichte*, 1915, vol. 48, p. 196-205.
2. BEHAGHEL, O.; SEIBERT, H. Zur Kenntnis von Arylselenhalogeniden (II. Mitteil). *Chemische Berichte*, 1933, vol. 66, p. 708-717.
3. FOSTER, D. G. Organic Selenium Compounds. II. A new type of aromatic selenium halide. *J. Am. Chem. Soc.* 1933. **Vol. 55**. P. 822–829.
4. PAULMIER, C.; OUTURQUIN, F.; PLAQUEVENT, J. Reactivity of α -arylseleno-aldehydes towards halogens and benzeneselenenyl chloride. *Tetrahedron Letters*, 1988, vol. 29, **46**, p. 5893-5896.

5. ENGMAN, L. Phenylselenium trichloride in organic synthesis. Reaction with unsaturated compounds. Preparation of vinylic chlorides via selenoxide elimination. *J. Org. Chem.* 1987. **Vol. 52**. P. 4086–4094.
6. MCKENZIE, L. C.; LAUREN, M. H. The Evolution of a Green Chemistry Laboratory Experiment: Greener Brominations of Stilbene. *Journal of Chemical Education* [online]. 2005, **82(2)**. doi:10.1021/ed082p306.
7. KRAWIECKA, B. Reaction of thiolo and seleno esters of phosphorus acids with halogens. 4. Halogenolysis of o,o-dineopentyl se-methyl (phenyl) phosphoroselenoates. *Phosphorus, Sulfur and Silicon and the Related Elements*, 1991, vol. 62, **14**, p. 199 – 210.
8. SOLOMONS, G. T.; CRAIG, B. *Organic chemistry*. 7th ed. New York: John Wiley and Sons, 2000. ISBN 0471190950.
9. ЛЕНДЄЛ, В. Г.; САНІ, А. Ю.; МИГАЛИНА, Ю. Ю.; ПАК, Б. Й.; БАЛОГ, І. М. Синтез пергідро-1,4-селен(телур)азинів, що містять сульфамідну групу. *ХГС*. 1989. **№ 4**. С. 564–567.
10. МИГАЛИНА, Ю. В.; ГРЯДІЛЬ, І. І.; СТАНІНЕЦЬ, В. І. Реакція фенілселентригалогенідів з алілбензолом та алілфеніловим ефіром як метод синтезу похідних дигідробензоселенофену та бензоселеноксану. *Тези Укр. респ. конф. з орг. хімії*. Одеса. 1982. С. 185.
11. Патент № 1031148 СРСР, SU C07C 163/00. Мигалина Ю.В., Гряділь І.І., Станінець В.І., Миговк І.М. 1-Феніл-1-галоген-2,6-дигало-

генметил-1,4-селеноксан або β,β 1-дибром- γ,γ 1-дифенілдібромселе-
нілдіпропіловий ефір, що проявляють антимікробну активність. За-
явка 23-04/3217829; подано 29.10.80.

12. BARNES, N. A.; GODFREY, S. M.; HALTON, R. T. A. A comparison of the solid state structures of the selenium(IV) compounds PhSeX_3 ($\text{X}=\text{Cl}, \text{Br}$). *Dalton Transactions*, 2005, **10**, p. 1759 – 1761. DOI: 10.1039/b504241k.
13. МИГАЛИНА, Ю. В.; ГРЯДІЛЬ, І. І.; СТАНІНЕЦЬ, В. І. Реакція фенілселентригалогенідів з гексадієном-1,5 як метод синтезу п'яти-членного гетероциклу з атомом Se (IV) у кільці. *Тези Української респ. конф. з орг. хімії*. Одеса. 1982. С. 184.
14. Elemental Composition of the Human Body. 17 June 2016 [online]. - : The Wayback Machine, 2016, 17 June 2016 [cit. 2021-11-26].
15. Патент № 1031166 СРСР, SU C07D 345/00. Мигалина Ю.В., Гряділь І.І., Станінець В.І., Миговк І.М. 1-Феніл-1,4-дигалоген-1-селенохромани, що проявляють антимікробну активність. Заявка 23-04/3226818; подано 29.12.80.
16. КРИВОВ'ЯЗ, А. О.; КРИВОВ'ЯЗ, О.О.; ФАРИНЮК, Ю.І.; ЛЕНДЄЛ, В.Г. Реакції похідних тіо-1,6-піримідинонів з електрофільними реагентами. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: Хімія*. 2008. Вип. 19. С. 11-15.
17. ЛЕНДЄЛ, В. Г.; КРИВОВ'ЯЗ, А. О. Реакції похідних тіо-1,6-піримідинонів з фенілселенійтрибромідом. *VI Всеукраїнська конференція молодих вчених та студентів з актуальних питань хімії* : зб.

наук. праць, 1-4 червня 2009 р., м. Дніпропетровськ. Дніпропетровськ: Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара, 2009. С. 24.

18. КРИВОВ'ЯЗ, А. О.; ГОЦУР, М. П.; ЛЕНДЄЛ, В. Г. Синтез та застосування селеновмісних гетероциклів на основі похідного тіо-1,6-піримідинону. *Актуальні проблеми синтезу і створення нових біологічно активних сполук та фармацевтичних препаратів : матеріали доповідей та збірник наукових статей, 23-25 квітня 2013 р., м. Львів.*
19. КРИВОВ'ЯЗ, А. О.; СЛИВКА, М. В.; КОВАЛЬ, Г. М.; ЛЕНДЄЛ, В. Г. Синтез селеновмісних гетероциклів на основі тісно[2,3-d]піримідину. *Синтез та шляхи використання нових хімічних речовин : зб. наук. праць IV науково-практичної конференції молодих вчених хіміків-органіків, 26-27 травня 2011 р., м. Херсон. Херсон: Херсонський національний технічний університет, 2011. С. 20.*
20. СЛИВКА, М. В.; КОВАЛЬ, Г. М.; КРИВОВ'ЯЗ, А. О.; ЛЕНДЄЛ, В. Г. Одержання та перспектива селеновмісних гетероциклів тісно[2,3-d] піримідину. *IX Всеукраїнська конференція молодих вчених та студентів з актуальних питань хімії : тези доповідей, 30 травня-2 червня 2011 р., м. Дніпропетровськ. Дніпропетровськ: Дніпропетровський університет ім. Олеся Гончара, 2011. С. 33.*
21. СЛИВКА, М. В.; КРИВОВ'ЯЗ, А. О.; РУСИН, І. Ф.; СЛИВКА, Мар. В. Синтез й бактерицидна активність селеновмісних конден-

- сованих похідних тієно [2,3-d] піримідину. *XXIII Українська конференція з органічної хімії : тези доповідей, 16-20 вересня 2013 р., м. Чернівці. Чернівці: Чернівецький національний університет ім. Юрія Федьковича, 2013. С. 255.*
22. ЛЕНДЄЛ, В. Г.; КРИВОВ'ЯЗ, А. О.; ЗБОРОВСЬКИЙ, Ю. Л.; СТАНІНЕЦЬ, В. І. Реакції похідних 2-алілоксотієно[2,3-d] піримідин-4-онів з фенілселентрибромідом. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: Хімія. 2001. Вип. 6. С.171-173.*
 23. ЛЕНДЄЛ, В. Г.; КРИВОВ'ЯЗ, А. О.; ЗБОРОВСЬКИЙ, Ю. Л.; СТАНІНЕЦЬ, В. І. Взаємодія 2-алілтїо-4-оксотієно[2,3-d] піримідинів з фенілтригалогенідами селену. *XIX Українська конференція з органічної хімії : зб. наук. праць, травень 2001 р., м. Львів. Львів: Львівська політехніка, 2001. С. 483.*
 24. ЛЕНДЄЛ, В. Г.; КРИВОВ'ЯЗ, А. О.; ЗБОРОВСЬКИЙ, Ю. Л.; СТАНІНЕЦЬ, В. І. Гетероциклізація 2-алілтїотієно[2,3-d]піримідин-4-онів під дією фенілселентригалогенідів. *Укр.хім.жс. 2002. Т.68, №3-4. С.111-114.*
 25. РУСИН, І. Ф.; СЛИВКА, Мих. В.; ТУРОВ, О. В.; ЛЕНДЄЛ, В. Г. Синтез Se(Те-)-вмісних конденсованих систем на основі 1,2,4-триазолу та тієно[2,3-d]-піримідину. *XXII Українська конференція з органічної хімії. Тези доповідей, Ужгород, 20-25 вересня 2010 р.—С.58.*
 26. КРИВОВ'ЯЗ, А. О.; ЗОДУН, О.; ЛЕНДЄЛ, В. Г. Електрофільна циклізація 2-алілтїоєтеру тіазоло[4,5-d] піримідин-7-ону. *XXII Українська конференція з органічної хімії : тези доповідей, вересень 2010*

- р., м. Ужгород. Ужгород: Ужгородський національний університет, 2010. С. 202.
27. SLIVKA, Mar. V.; KRYVOVYAZ, A. O.; SLIVKA, Mikh.V.; LENDEL, V.G. Electrophile halogenoheterocyclization propargyl derivatives thieno[2,3-d]pyrimidines. *V International conference Chemistry of Nitrogen Containing Heterocycles: Book of Abstracts*, 5-9 oktober 2009, s.Kharkiv. Kharkiv: N.Karazinnationaluniversity, 2009. P.131.
 28. КРИВОВ'ЯЗ, А. О.; СЛИВКА, М. В.; ЛАЗОРИК, О. Й.; ЛЕНДЄЛ, В. Г. Реакції бензилселентриброміду з алітїостерами тієно[2,3-d]піримі-дин-4-онами. *XXII Українська конференція з органічної хімії : тези доповідей, вересень 2010 р.*, м. Ужгород. Ужгород: Ужгородський національний університет, 2010. С. 204.
 29. КРИВОВ'ЯЗ, А. О.; СЛИВКА, М. В.; ЛЕНДЄЛ, В. Г. Реакції бензилселентриброміду з похідними тієно[2,3-d]піримі-дин-4-онами. *VII Всеукраїнська конференція молодих вчених та студентів з актуальних питань хімії : тези доповідей, 17-19 травня 2010 р.*, м. Дніпропетровськ. Дніпропетровськ: Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара, 2010. С. 20.
 30. КРИВОВ'ЯЗ, А. О.; КРИВОВ'ЯЗ, О. О., БАЛОГ, І. М.; ЛЕНДЄЛ, В. Г. Синтез функціональних похідних 2-меркаптобензімідазолу. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: Хімія*. 2008. **Вип. 20**. С. 74-77.
 31. ЛЕНДЄЛ, В. Г.; КРИВОВ'ЯЗ, А. О.; ЗБОРОВСЬКИЙ, Ю. Л.; СТАНІНЕЦЬ, В. І.; ТУРОВ, О. В. Взаємодія 2-аліл-(2-пропаргіл)-

- тіо-5-R-1,3,4-оксодіазолів з фенілселентригалогенідами. *Укр. хім. журн.* 2002. **Т. 68**, № 11. С. 47-52.
32. ЛЕНДЕЛ, В. Г.; КРИВОВ'ЯЗ, А. О.; ЗБОРОВСЬКИЙ, Ю. Л.; СТАНІНЕЦЬ, В. І. Взаємодія фенілселентригалогенідів з похідними 2-пропенілтіо-5-заміщеними-1,3,4-оксодіазолами. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: Хімія*. 2002. **Вип. 7**. С. 50-52.
 33. KRYVOVYAZ, A. O.; KOVAL, G.; LENDEL, V. Selenium-containing heterocycles on a 1,3,4-oxadiazole base. *Advanced in Heterocyclic Chemistry : Book of Abstract 2-nd International conference on Organic Chemistry, 25-27 September 2011 y., s. Tbilisi*. Tbilisi: Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Georgian Technical University, 2011. P. 138.
 34. ЛЕНДЕЛ, В. Г.; КРИВОВ'ЯЗ, А. О.; ЗБОРОВСЬКИЙ, Ю. Л.; СТАНІНЕЦЬ, В. І. Фенілселентригалогеніди, як циклізуючі агенти в синтезі селеновмісних гетероциклів. *Актуальні питання органічної та елементоорганічної хімії і аспекти викладання органічної хімії у вищій школі : зб. наук. праць*, вересень 2002 р., м. Ніжин. Ніжин: Ніжинський педагогічний університет, 2002. С. 17.
 35. Патент України № 72,113. Застосування 4-галогено-4-феніл-6-аміно-3-галогенометил-8Н-піримідо[2,1-b][1,4,3]-тіаселеназин-8-онів як бактерицидів і фунгіцидів. Кривов'яз А.О., Коваль Г.М., Сливка М.В., Лендел В.Г. August 10, 2012, Bull. № 15, 6р.

36. Патент України № 105,391. Застосування 4-галогено-4-феніл-6-аміно-3-галогенометил-8Н-піримідо[2,1-b][1,4,3]-тіаселеназин-8-онів як бактерицидів і фунгіцидів. Кривов'яз А.О., Коваль Г.М., Сливка М.В., Лендел В.Г. May 12, 2014, Bull. № 12, 6р.
37. KOVAL', G. M.; SLIVKA, Mar.V.; KRYVOVYAZ, A. O.; SLIVKA, Mikh.V.; LENDEL, V. G. Technology of the creation of selenium-, tellurium-containing heterocyclic bactericides. *Scientific Conference "BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES: Fundamental and Applied Problems"*. 2011. (Novy Svet, Crimea, Ukraine). P. 170.
38. ЛЕНДЕЛ, В. Г.; КРИВОВ'ЯЗ, А. О. Взаємодія 2-аліл-(пропаргіл-) тіо-3-феніл-4-оксо-5, 6-дизаміщених тієно [2, 3-d] піримідинів з фенілтрибромідом селену. *Полічка Карпатського краю*. 2000.
39. ЛЕНДЕЛ, В. Г.; КРИВОВ'ЯЗ, А. О. Реакції фенілтригалогенідів селену з похідними 2-аліл (пропаргіл-) тіо-4-оксотієно[2,3-d] піримідину. *Хімія азотовмісних гетероциклів : праці міжнар. конф., вересень 2010 р., м. Харків*. Харків: Харківський університет ім. Каразіна, 2000. С. 77.
40. КРИВОВ'ЯЗ, А. О. Реакції фенілселенійтригалогенідів з 2-(2-пропенілтіо)-, 2-(2-пропінілтіо) тієнопіримідин-4-(6)-онами та 1, 3, 4-оксадіазолами. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата наук. 02.00. 03 ... дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата ..., 2005.
41. ЛЕНДЕЛ, В. Г.; КРИВОВ'ЯЗ, А. О.; ЗБОРОВСЬКИЙ, Ю. Л.; СТАНІНЕЦЬ, В. І. Взаємодія похідних 2-пропаргілтіотієно[2,3-

- d]піримідин-4-онів з фенілселентригалогенідами. *Укр. хім. ж.* 2002. Т. 68, № 9. С. 43-46.
42. LENDEL, V. G.; KRYVOVYAZ, A. O.; ZBOROVSKII, Yu. L.; STANINETS, V.I. Reactions of phenylseleniumtrihalo-genides with heterocyclic compounds that bear S-allyl- and S-propargyl fragments. *The international symposium devoted to the 100-th anniversary of academician A.V. Kirsanov : Book of Abstract*, s. Kyiv. Kyiv : Institut of Organic Chemisry NAS Ukraine, 2002. P. 87.
43. Патент України № 53,671 U, Кривов'яз А.О., Коваль Г.М., Сливка М.В., Лендэл В.Г. Солі тієно[3',2':5,6]піримідино[2,1-b][1,4,3] тіаселеназин-12-ію, що мають антимікробну активність. 11.10.2010, Бюл.№ 19, 2010 р. 8 с.
44. Патент України № 72113 u. МПК C07D 293/00 C12Q 1/18. Застосування 4-галогено-4-феніл-6-аміно-3-галогенометил-8Н-піримідо[2,1-b][1,4,3]тіаселен-азін-8-ону як бактерициду та фунгіциду. Кривов'яз А.О., Коваль Г.М., Сливка М.В., Лендэл В.Г. Заявл. 06.01.2012, Опубл.10.08.2012, Бюл. № 15.
45. SLIVKA, M. V.; LENDEL, V. G.; KRYVOVYAZ, A. O.; SLIVKA, M. V. Reaction of selenium containing electrophiles with 2-allylthiotieno[2,3-d] pyrimidine. *Advanced in Heterocyclic Chemistry : Book of Abstract 2-nd International conference on Organic Chemistry*, 25-27 September 2011 y., s. Tbilisi. Tbilisi: Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Georgian Technical University, 2011. P. 103.

46. SHARGA, B. M.; KRIVOVJAZ, A. O.; SLIVKA, M. V.; LAMBRUCH, L. M.; CHEYPESH, A. V.; LENDEL, V. G. Synthesis and antimicrobial activity of phenylselenyl tribromide and its fused thienopyrimidine derivatives. *FARMACIA*. 2016. **64 (4)**. 512-520.
47. SLIVKA, M.; KRIVOVJAZ, A.; SLIVKA, M.; LENDEL, V. Stereoselective Synthesis of (E)-Halogenmethylen-[1,3]thiazolo[3,2-a]thieno[3,2-e]pyrimidinium and Analogous [1,3]oxazolo[3,2-a]thieno[3,2-e]pyrimidinium Halogenides from 3-N-Substituted 2-Propargylthio(oxy-)thieno[2,3-d]pyrimidin-4-ones. *Heterocyclic Communications*. 2013. **№ 19(3)**. P. 189-191.
48. СЛИВКА, М. В.; КРИВОВ'ЯЗ, А. О.; КОВАЛЬ, Г. М.; ФІЗЕР, М. М. Біологічна активність нових Se-, Те-вмісних триазолів. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: Медицина*. 2013. **Вип. 3 (48)**. С. 64-68.
49. Патент України № 98166 с2. МПК C07D 293/00 C12Q 1/18. Застосування солі тієно[3',2':5,6]піримідино[2,1-b][1,4,3]тіаселеназин-12-ію як бактерицидного агента. Кривов'яз А.О., Коваль Г.М., Сливка М.В., Лендел В.Г. Заявл. 30.04.2010, Опубл. 25.04.2012, Бюл. №8.
50. Патент України № 114460. Застосування селено- й телуровмісних похідних 1,2,4-триазол-3-тіолу як бактерицидів та фунгіцидів. Король Н.І. Пантьо В.В. Кривов'яз А.О., Коваль Г.М., Сливка М.В., Лендел В.Г. Бюл. №11, 2017 р., 6с.

51. Патент України № 61,996. Солі [1,3,4]оксадіазоло[2,3-*b*][1,4,3]тіаселеназин-4-ію і [1,3]тіазоло[2,3-*b*][1,4,3]оксадіазол-4-ію, що мають антимікробну активність. 10.08.2011, Бюл.№ 15, 2011 р. 10р
52. ЛЕНДЄЛ, В. Г.; КРИВОВ'ЯЗ, А. О.; ЗБОРОВСЬКИЙ, Ю. Л.; СТАНІНЕЦЬ, В. І.; ТУРОВ, О. В. Про характер зв'язку Se-Br у продуктах взаємодії фенілселентриброміду з похідними 2-аліл- та 2-пропаргілтіотієно[2,3-*d*]піримідин-4(3H)-онів. *Укр. хім. ж.* 2003. Т. 69, № 2. С. 110-112.
53. КРИВОВ'ЯЗ, А. О.; КРИВОВ'ЯЗ, О. О.; ЛЕНДЄЛ, В. Г. Функціоналізація 6-(1,3-диоксо-2,3-дигідро-1H-бензо[*de*]ізохінолін-2-іл)гексанової кислоти. *Наук. вісник Ужгород. ун-ту (Сер. Хімія)*, 2011, №1(25). С. 59-62.
54. MORGAN, G. T.; KELLETT, R. E. CXL.—Interactions of tellurium tetrachloride and aryl alkyl ethers. Part II. *Journal of the Chemical Society (Resumed)*.1926, 1080-1088. doi: 10.1039/JR9262901080
55. MORGAN, G. T.; ELVINS, O. C. CCCLX.—Interactions of tellurium tetrachloride and monoketones. *Journal of the Chemical Society, Transactions*. 1925, **127**, 2625-2632. doi: 10.1039/CT9252702625.
56. HUANG Ch.-K.; MARHOLD H.; O'BRIEN D. H.; IRGOLIC K. J. The reactions of tellurium tetrachloride with acetone. *Heteroatom Chemistry*. 1994, **5** (5,6), 463-467.
57. O'BRIEN, D. H.; IRGOLIC, K. J.; HUANG, C.-K. The reactions of tellurium tetrachloride with aliphatic monoketones. *Heteroatom Chemistry*. 1990, **1**(3), 215-223. doi: 10.1002/hc.520010304

58. HAN, L.-B.; KAMBE, N.; IKURA, M.; RYU, I.; SONODA, N. Selective formation of trichloro(2-oxoalkyl)telluriums and dichlorobis(2-oxoalkyl)telluriums from tellurium tetrachloride and enol silyl ethers[†]. *Heteroatom Chemistry*. 1993, **4**(2-3), 229-234. doi: 10.1002/hc.520040217
59. MORGAN, G. T.; THOMASON, R. W. XC.—Interaction of tellurium tetrachloride and the higher β -diketones. Part II. *Journal of the Chemical Society, Transactions*. 1922, **125**, 754-759. doi: 10.1039/CT9242500754
60. MORGAN, G. T.; DREW, H. D. K. CVI.—Researches on residual affinity and co-ordination. Part VIII. Interaction of tellurium tetrachloride and β -diketones. *Journal of the Chemical Society, Transactions*. 1922, **121**, 922-940. doi: 10.1039/CT9222100922
61. BAECKVALL, J. E.; BERGAMAN, J.; ENGMAN, L. Stereochemistry and mechanism of chlorotelluration of olefins. *The Journal of Organic Chemistry*. 1983, **48**(22), 3918-3922. doi: 10.1021/jo00170a009
62. SABIR, M.E.A.; MALIK, M. A.; Smith, B.C. 2-Alkoxy-trans-cycloalkyltellurium(IV) trihalides. *Inorganica Chimica Acta*. 1989, **162**(2), 157-160. doi: 10.1016/S0020-1693(00)83135-7
63. FUKUZAWA, S.-I.; IRGOLIC, K. J.; O'BRIEN, D. H. Tellurium tetrachloride: Addition to cyclohexene and preparation from tellurium dioxide and trimethylchlorosilane. *Heteroatom Chemistry*. 1990, **1**(1), 43-47. doi: 10.1002/hc.520010107
64. ENGMAN Lars. Anomalous addition of tellurium tetrachloride to allylic esters. Short synthesis of trans-(2S,3S)-2,3-epoxybutane. *Journal*

- of the American Chemical Society. 1984, 106, **14**, 3977–3984. doi: 10.1021/ja00326a015
65. CUNHA, R. L. O. R.; ZUKERMAN-SCHPECTOR, J.; CARACELLI, I.; COMASSETO, J. V. Revisiting the addition reaction of TeCl_4 to alkynes: The crystal structure and docking studies of 1-chloro-2-trichlorotelluro-3-phenyl-propen-2-ol. *Journal of Organometallic Chemistry*. 2006, **691** (23), 4807-4815. doi: 10.1016/j.jorganchem.2006.05.055.
 66. WYNNE, K. J.; PEARSON, P. S. Preparation and properties of methyltellurium trichloride. Factors affecting the state of aggregation of Group VI halides and organohalides. *Inorganic Chemistry*. 1970, **9**(1), 106–109. doi: 10.1021/ic50083a022.
 67. ENGMAN, L. Alkoxytelluration of olefins for the preparation of bis(.beta.-alkoxyalkyl) ditellurides and (.beta.-alkoxyalkyl)tellurium trichlorides. *Organometallics*. 1989, **8**(8), 1997–2000. doi: 10.1021/om00110a026.
 68. FUKUZAWA, S.; IRGOLIC, K. J.; O'BRIEN, D. H. Acetoxytelluration of alkenes with tellurium tetrachloride and lithium acetate. *Organometallics*. 1990, **9**(12), 3073–3080. doi: 10.1021/om00162a019.
 69. WOHLTMANN, W.; MOSTAGHIMI, F.; BOLSINGER, J.; LORK, E.; MEBS, S.; BECKMANN, J. Synthesis and halogenation of bis(8-methoxynaphthyl)ditelluride. *Inorganica Chimica Acta*. 2018, **475**, 73-78. doi: 10.1016/j.ica.2017.08.011.

70. PETRAGNANI, N. Aryl tellurium trihalides—I. *Tetrahedron*. 1960, **11**(1-2), 15-21. doi: 10.1016/0040-4020(60)89003-5.
71. SASAMORI, T.; SUGAMATA, K.; TOKITOH, N. Halogenation reactions of a ditelluride having bulky aryl groups leading to the formation of organotellurium halides. *Heteroatom Chemistry*. 2010, **22**(3/4), 405-411. doi: 10.1002/hc.20698.
72. da SILVA, F.D.; SIMÕES, C. A. D. P.; dos SANTOS, S. S.; LANG, E. S. Synthesis of organytellanyl(IV) trihalides [2-(Me₂NCH₂)C₆H₄TeX₃] (X = Cl, Br, I) and their rare zwitterionic derivatives containing organytellanyl(II) groups. *Journal of Organometallic Chemistry*. 2017, **832**, 66-71. doi: 10.1016/j.jorganchem.2017.01.015
73. LEDESMA, G. N.; LANG, E. S.; ABRAM, U. 2,4,6-Triphenylphenyltellurium(IV) triiodide – supramolecular self-assembling in organotellurium triiodides. *Journal of Organometallic Chemistry*. 2004, **689**(12), 2092-2095. doi: 10.1016/j.jorganchem.2004.03.034.
74. SINGH, P.; CHAUHAN, A. K. S.; BUTCHER, R. J.; DUTHIE, A. Synthesis and structural aspects of 1-naphthyltellurium(IV) trichloride (1), bis(mesityl)tellurium(IV) dichloride (2) and bis(chlorobis(2-thiophenyl)tellurium)oxide (3). *Polyhedron*. 2013, **62**, 227-233. doi: 10.1016/j.poly.2013.06.044
75. RAKESH, P.; SINGH, H. B.; BUTCHER, R. J. Isolation and molecular structures of novel organotellurium(iv) halides, oxyhalide and mixed halide. *Dalton Transactions*. 2012, **41**, 10707-10714. doi: 10.1039/C2DT30645J

76. SABTI, A. B.; AL-FREGI, A. A.; YOUSIF, M.Y. Synthesis and Antimicrobial Evaluation of Some New Organic Tellurium Compounds Based on Pyrazole Derivatives. *Molecules*. 2020, **25**, 3439. doi: 10.3390/molecules25153439
77. KUT, D. Z.; KUT, M. M.; ONYSKO, Yu.; BALOG, I. M.; LENDEL, V. G. Synthesis and bromination of bis-heteryl ditellurides. Scientific Bulletin of the Uzhhorod University. Series «Chemistry». 2020, **2** (44), 51-57. doi: 10.24144/2414-0260.2020.2.51-57
78. AL-RUBAIE, A. Z.; AL-JADAAN, S. A. S. Synthesis and polycondensation of some new organotellurium compounds containing hydroxymethyl groups. *Applied Organometallic Chemistry*. 2002, **16** (11), 649-654. doi: 10.1002/aoc.369
79. AL-ASADI, R.H.; AL-MASOUDI, W. A.; ABDUAL-RASSOL, K.S. Synthesis, Biological Activity and Computational Study of Some New Unsymmetrical Organotellurium Compounds Derived from 2-Amino-5-carboxyphenyl Mercury(II) Chloride. *Asian Journal of Chemistry*. 2016, **28** (6), 1171-1176. doi: 10.14233/ajchem.2016.19139
80. SRIVASTAVA, K.; SHAH, P.; SINGH, H. B.; BUTCHER, R. J. Isolation and Structural Characterization of Some Aryltellurium Halides and Their Hydrolyzed Products Stabilized by an Intramolecular Te...N Interaction. *Organometallics*. 2011, **30** (3), 534- 546. doi: 10.1021/om1009022
81. AL-FREGI, A. A.; AL-SALAMI, B. K.; AL-KHAZRAGIE, Z. K.; AL-RUBAIE, A. Z. Synthesis, characterization and antibacterial studies

- of some new tellurated azo compounds. *Phosphorus, Sulfur, and Silicon and the Related Elements*. 2019, **194** (12), 33-38. doi: 10.1080/10426507.2018.1470179
82. AL-RUBAIE, A. Z.; AL-FREGI, A. A.; AL-JADAAN, S. A. S. Synthesis of a New Series of 2-(2-Hydroxynaphthylazo)aryltellurium Compounds. *Phosphorus, Sulfur, and Silicon and the Related Elements*. 2011, **186** (1), 115-124. doi: 10.1080/10426507.2010.485154
83. AL-MASOUDI, W. A.; AL-ASADI, R.H.; OTHMAN, R.M., AL-MASOUDI, N.A. Synthesis, antimicrobial activity, computational and modeling studies of some new organotellurium compounds containing azo moieties. *European Journal of Chemistry*. 2015, **6** (4), 374-380. doi: 10.5155/eurjchem.6.4.374-380.1254
84. AL-RUBAIE, A. Z.; AL-MASOUDI, W. A.; AL-JADAAN, S. A. N.; JALBOUT, A. F.; HAMEED, A. J. Synthesis, characterization, and computational study of some new organotellurium compounds containing azomethine groups. *Heteroatom Chemistry*. 2008, **19**, 307-315. doi: 10.1002/hc.20437
85. AL-FREGI, A.A.; JAID H. A.-S.; ABDULSAHIB, H.T. Synthesis and characterization of some new organotellurium compounds based on quinoline. *European Journal of Chemistry*. 2017, **8** (3), 218-223. doi: 10.5155/eurjchem.8.3.218-223.1578
86. REICHEL, L.; KIRSCHBAUM, E. Über aromatische Tellurverbindungen. (I. Mitteilung über Organometallverbindungen).

- Justus Liebigs Annalen der Chemie*. 1936, **523** (1), 211-223. doi: 10.1002/jlac.19365230113
87. DREW, H. D. K. XXXIII.—Cyclic organo-metallic compounds. Part I. Compounds of tellurium. *Journal of the Chemical Society (Resumed)*. 1926, **129**, 223-231. doi: 10.1039/JR9262900223
88. PRINCIVAL, C.; dos SANTOS, A. A.; COMASSETO, J. V. Solventless and Mild Procedure to Prepare Organotellurium(IV) Compounds under Microwave Irradiation. *Journal of the Brazilian Chemical Society*. 2015, **26** (5), 832-836. doi: 10.5935/0103-5053.20150059
89. BERGMAN, J. Tellurium in organic chemistry—I : A novel synthesis of biaryls. *Tetrahedron*. 1972, **28** (12), 3323-3331. doi: 10.1016/S0040-4020(01)93674-9.
90. BERGMAN, J.; ENGMAN, L. Synthesis and reactions of 2-naphthyltellurium trichloride. *Tetrahedron*. 1980, **36** (9), 1275-1276. doi: 10.1016/0040-4020(80)87030-X
91. SCHUMANN, H.; MAGERSTÄDT, M. ^{125}Te -NMR-spektren von organotellurhalogeniden. *Journal of Organometallic Chemistry*. 1982, **232** (2), 147-150. doi: 10.1016/S0022-328X(00)87641-X
92. PETRAGNANI, N.; STEFANI, H. A. Advances in organic tellurium chemistry. *Tetrahedron*. 2005, **61** (7), 1613- 1679. doi: 10.1016/j.tet.2004.11.076
93. ZENI, G.; LUDTKE, D. S.; PANATIERI, R. B.; BRAGA, A. L. Vinylic tellurides: from preparation to their applicability in organic

- synthesis. *Chemical Reviews*. 2006, **106** (3), 1032-1076. doi: 10.1021/cr0505730
94. CUNHA, R. L. O. R.; GOUVEA, I. E.; JULIANO, L. A glimpse on biological activities of tellurium compounds. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*. 2009, **81** (3), 393–407. doi: 10.1590/S0001-37652009000300006
95. TIEKINK, E. R. T. Therapeutic potential of selenium and tellurium compounds: opportunities yet unrealised. *Dalton Transactions*. 2012, 41, 6390-6395. doi: 10.1039/C2DT12225A
96. HALPERT, G.; SREDNI, B. The effect of the novel tellurium compound AS101 on autoimmune diseases. *Autoimmunity Reviews*. 2014, **13** (12), 1230-1235. doi: 10.1016/j.autrev.2014.08.003
97. BA, L. A.; DÖRING, M.; JAMIER, V.; JACOB, C. Tellurium: an element with great biological potency and potential. *Organic & Biomolecular Chemistry*. 2010, **8**, 4203-4216. doi: 10.1039/c0Ob00086h
98. CUNHA, R. L. O. R.; URANO, M. E.; CHAGAS, J. R.; ALMEIDA, P. C.; TRINDADE, C. B.; TERSARIOL, I. L. S.; COMASSETO, J. V. Tellurium-based cysteine protease inhibitors: evaluation of novel organotellurium(IV) compounds as inhibitors of human cathepsin B. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*. 2005, **15** (3), 755–760. doi: 10.1016/j.bmcl.2004.11.012
99. MALUF, S. E. C.; MELO, P. M. S.; VAROTTI, F. P.; GAZARINI, M. L.; CUNHA, R. L. O. R.; CARMONA, A. K. Hypervalent or-

- ganotellurium compounds as inhibitors of *P. falciparum* calcium-dependent cysteine proteases. *Parasitology International*. 2016, **65** (1), 20–22. doi: 10.1016/j.parint.2015.09.006
100. PIOVAN, L.; MILANI, P.; SILVA, M. S.; MORAES, P. G.; DEMASI, M.; ANDRADE, L. H. 20S proteasome as novel biological target for organochalcogenanes. *European Journal of Medicinal Chemistry*. 2014, **73**, 280–285. doi: 10.1016/j.ejmech.2013.12.011
101. SILBERMAN, A.; KALECHMAN, Y.; HIRSCH, S.; ERLICH, Z.; SREDNI, B.; ALBECK, A. The Anticancer Activity of Organotelluranes: Potential Role in Integrin Inactivation. *ChemBioChem*. 2016, **17** (10), 918–927. doi: 10.1002/cbic.201500614
102. COMASSETO, J. V.; FERRAZ, H. M. C.; PETRAGNANI, N.; BRANDT, C. A. Cyclofunctionalization of unsaturated alcohols with aryltellurium trihalides. *Tetrahedron Letters*. 1987, **28**(46), 5611 – 5614. doi: 10.1016/S0040-4039(00)96793-5
103. COMASSETO, J. V.; GRAZINI, M. V. A. Cyclization of Olefinic Benzyl Ethers with Aryltellurium Trichlorides. *Synthetic Communications*. 1992, **22** (6), 949-954. doi: 10.1080/00397919208020859
104. BORECKA, B.; CAMERON, T. S.; MALIK, M. A.; SMITH, B. C. Stereospecific reactions of aryltellurium(IV) trichlorides with 3-cyclohexene-1-methanol and 3-cyclohexene-1,1-dimethanol: the X-ray crystal structure of 2',4'-dimethoxyphenyl(trans-6-oxabicyclo[3.2.1]oct-4-yl)tellurium(IV) dichloride. *Canadian Journal of Chemistry*. 1995, **73** (2), 255-263. doi: 10.1139/v95-035

105. COMASSETO, J. V.; PETRAGNANI, N. Cyclofunctionalization with Aryltellurium Trichlorides. *Synthetic Communications*. 1983, **13** (11), 889-899. doi: 10.1080/00397918308059542
106. FERRAZ, M. H. C.; COMASSETO, J. V.; BORBA, E. B. Telurociclofuncionalizacao de compostos 2-alque-nil-1,3-dicarbonilicos. *Química Nova*. 1992, **15** (4), 298- 301.
107. FERRAZ, H. M. C.; SANO, V. K.; NUNES, M. R. S; BIANCO, G. G. Synthesis of Cyclic Enol Ethers from Alkenyl- β -dicarbonyl Compounds. *The Journal of Organic Chemistry*. 2002, **67** (12), 4122-4126. doi: 10.1021/jo011089
108. FERRAZ, M. H. C.; SANO, M. K.; SCALFO, A. C. Tellurium and Iodine Promoted Cyclofunctionalization of Alkenyl Substituted β -Keto Esters. *Synlett*. 1999, **5**, 567-568. doi: 10.1055/s-1999-2679.
109. STEFANI, H. A.; PETRAGNANI, N.; BRANDT, C. A.; RANDO, D. G.; VALDUGA, C. J. Seleno and Telluro Cyclofunctionalization of α,γ -Diallyl- β -ketoesters: Polysubstituted Furan Derivatives. *Synthetic Communications*. 1999, **29** (20), 3517-3531. doi: 10.1080/00397919908085985
110. KUT, M.; FIZER, M.; ONYSKO, M.; LENDEL, V. Reactions of N-alkenyl Thioureas with p-alkoxyphenyltellurium Trichlorides. *Journal of Heterocyclic Chemistry*. 2018, **55** (10), 2284-2290. doi: 10.1002/jhet.3281
111. KUT, M.; ONYSKO, M.; LENDEL, V. Electrophile cyclization of N (S, Se)-alkenyl derivatives of pyrimidinone with p-

- metoxyphenyltellurium trichloride. *Scientific Bulletin of the Uzhhorod University. Series «Chemistry»*. 2019, **42** (2), 63-72. doi: 10.24144/2414-0260.2019.2.63-72
112. KUT, M.; ONYSKO, M.; LENDEL, V. The Influence of Condensed Cycle on Regiochemistry of Electrophilic Heterocyclization of 3-Alkenyl-2-Thioxopyrimidin-4-One by p-Alkoxyphenyltellurium Trichloride. *Journal of Heterocyclic Chemistry*. 2018, **55** (4), 888-892. doi: 10.1002/jhet.3114
113. KUT, M.; FIZER, M.; ONYSKO, M.; LENDEL, V. Influence halogen in reaction aryltellur tryhalohenide electrophilic cyclization of N-alkenyl of 2-tioxobenzo (thieno)pyrimidin-4-ones. *Scientific Bulletin of the Uzhhorod University. Series «Chemistry»*. 2018, **39** (1), 62-65. doi: 10.24144/2414-0260.2018.1.62-65
114. KUT, M.; ONYSKO, M.; LENDEL, V. Investigation of interaction of 2-s-alkenyl derivative quinasolone aryltellurium trichlorides. *SBUU. S: «Chemistry»*. 2019, **41**(1), 86-89. doi: 10.24144/2414-0260.2019.1.86-89
115. POVIDAYCHYK, M.; KUT, M.; SVALJAVYN, O.; ONYSKO, M.; LENDEL, V. Electrophilic heterocyclization of 5-methyl-6-tioxopyrazolo[3,4-d]pyrimidine-4-on. *SBUU. S: «Chemistry»*. 2018, **39** (1), 66-70. doi: 10.24144/2414-0260.2018.1.66-70
116. GEVCI, T.O., KUT, M.M., ONYSKO, M.Yu., LENDEL, V.G. Heterocyclization of 5-allyl-6-thioxo-1-methylpyrazolo[3,4-d]pyrimidin-4-one by metoxyphenyltellurium trichloride. *SBUU. S: «Chemistry»*. 2015, **34**(2), 67-70

117. KUT, M.; ONYSKO, M.; LENDEL, V. Electrophile cyclization of 6-methallythio-5-phenyl-1,5-dihydro-4H-pyrazolo[3,4-d]pyrimidin-4-one by p-methoxyphenyltellurium trichloride. *SBUU. S: «Chemistry»*. 2019, **41** (1), 90-93. doi: 10.24144/2414-0260.2019.1.90-93
118. KUT, M.; ONYSKO, M.; LENDEL, V. Heterocyclization of 5,6-disubstituted 3-alkenyl-2-thioxothieno[2,3-d]pyrimidin-4-one with p-alkoxyphenyltellurium trichloride. *Heterocyclic Communications*. 2016, **22** (6), 347-350. doi: 10.1515/hc-2016-0169.
119. KUT M.M.; ONYSKO, M.Y.; LENDEL, V.G. Tellurocyclization of fused S-alkenyl derivatives of 4-oxopyrimidin-2-thione. *Scientific Bulletin of the Uzhhorod University. Series «Chemistry»*. 2017, **37**(1), 86-88.
120. KUT, M.; KUT, D.; ONYSKO, M. Regioselectivity of the tellurium-induced cyclisation of terminally substituted allyl, butenyl and propargyl thioethers of thienopyrimidine. *SBUU. S: «Chemistry»*. 2022, **48** (2), 54-60. doi: 10.24144/2414-0260.2022.2.54-60
121. KUT, M.; ONYSKO, M.; LENDEL, V. Regio- and stereoselectivity of telluroinduced cyclization of 6-methyl-2-propargylthiopyrimidin-4(3H)-one on p-alkoxyphenyltellurium trichlorides. *SBUU. S: «Chemistry»*. 2020, **43** (1), 40-45. doi: 10.24144/2414-0260.2020.1.40-45.
122. SABO, T.; KUT, D.; KUT, M.; ONYSKO, M.; LENDEL, V. Telluro-induced cyclization of 2-allylthioquinolinecarbaldehyde. *SBUU. S: «Chemistry»*. 2021, **46**(2), 74-79. doi: 10.24144/2414-0260.2021.2.74-79.

123. KUT, D.; KUT, M.; ONYSKO, M.; LENDEL, V. Aryltellurochlorination of 4,5-diaryl-substituted 3-allylthio-1,2,4-triazoles. *Scientific Bulletin of the Uzhhorod University. Series «Chemistry»*. 2021, **47** (1), 88-92. doi: 10.24144/2414-0260.2022.1.88-92
124. KUT, M.M., SUKHAREV, S.M., ONYSKO, M.Yu., LENDEL, V.G. Aryltellurochlorination of 5-aryl(heteryl)substituted N-allyl-1,2,4-triazole-3-thione derivatives. *Ukrainian Chemistry Journal*. 2023, **89** (8), 109-116. doi: 10.33609/2708-129X.89.08.2023.109-116
125. RUSYN, I.F., STEBIVKA, L.V., KUT, M.M., ONYSKO, M.Yu., LENDEL, V.G. Interaction of propenyl derivatives of 1,2,4-triazole with 4-alcoxyphenyltellurium trichlorides. *Scientific Bulletin of the Uzhhorod University. Series «Chemistry»*. 2017, **38** (2), 112-115
126. SABO, T.; KUT, D.; KUT, M.; ONYSKO, M.; LENDEL, V. Telluro-induced cyclisation 2-(but-2-enylthio)quinolinecarbaldehyde and quinoline-4-one. *Scientific Bulletin of the Uzhhorod University. Series «Chemistry»*. 2022, **48** (2), 73-78. doi: 10.24144/2414-0260.2022.2.73-78
127. ROESKY, H.W.; MUENZENBERG, J.; BOHRA, R.; NOLTEMEYER, M. Syntheses and crystal structures of compounds containing short Te-N bonds. *Journal of Organometallic Chemistry*. 1991, **418** (3), 339-348. doi: 10.1016/0022-328X(91)80219-A
- CHIVERS, T.; RAO, M. N. S. Telluradiazaphosphetidines: preparation and spectroscopic characterization of the PN₂TE ring. *Phosphorus, Sulfur and Silicon and the Related Elements*. 1992, **69** (1-2), 197-199. doi: 10.1080/10426509208036870