

ЗАТВЕРДЖУЮ

Перший проректор

Львівського національного

університету імені Івана Франка

кандидат економічних наук, доцент

Андрій ГУКАЛЮК



_____ 2023 р.

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації декана хімічного факультету Львівського національного університету імені Івана Франка

Дмитріва Григорія Степановича

“Взаємодія літію з *d*-металами та *p*-елементами III-V груп”,
представлену на здобуття наукового ступеня доктора хімічних наук за спеціальністю 02.00.01 – неорганічна хімія

Призначені рішенням Вченої ради Львівського національного університету імені Івана Франка від 29 березня 2023 року, протокол № 45/3, рецензенти:

- Котур Богдан Ярославович – професор кафедри неорганічної хімії, професор, доктор хімічних наук за спеціальністю 02.00.01 – неорганічна хімія;
- Бабіжецький Володимир Станіславович – провідний науковий співробітник кафедри неорганічної хімії, старший дослідник, доктор хімічних наук за спеціальністю 02.00.01 – неорганічна хімія;

- Сливка Юрій Іванович – доцент кафедри неорганічної хімії, старший дослідник, доктор хімічних наук за спеціальністю 02.00.01 – неорганічна хімія

розглянувши докторську дисертацію Дмитріва Григорія Степановича “Взаємодія літію з *d*-металами та *p*-елементами III-V груп” (тема дисертації затверджена ухвалою Вченої ради Львівського національного університету імені Івана Франка від 31 травня 2023 року, протокол № 48/5), наукові публікації, в яких висвітлені основні отримані наукові результати, а також результати фахового семінару кафедри неорганічної хімії від 22 травня 2023 року, протокол № 12/5, **ухвалили:**

1. Дисертаційна робота Дмитріва Григорія Степановича, представлена на здобуття наукового ступеня доктора хімічних наук за спеціальністю 02.00.01 – неорганічна хімія, є кваліфікаційною науковою працею, підготовленою у вигляді рукопису. За обсягом, актуальністю, рівнем наукової новизни та практичної цінності робота відповідає вимогам п.п. 7–9 «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 1197 від 17 листопада 2021 року.

Актуальність теми досліджень. Фактично, з часів зародження цивілізації, для забезпечення потреб людини постійно створюються нові матеріали. Одну з ключових ролей, починаючи з бронзового віку, а далі з настанням залізної доби і до цього часу відіграють метали і їх сплави, що, безсумнівно, визначає стан науково-технічного прогресу та сьогоденного розвитку економіки. Дослідження металічних систем залишається надзвичайно актуальним, особливо у зв’язку з новими викликами, які стоять перед матеріалами, котрі використовуються в сучасній техніці.

Особливим металом в періодичній системі хімічних елементів, який заслуговує уваги, є літій, адже він найлегший серед усіх відомих металів і є металом з найнижчим електродним потенціалом, що робить його просто незамінним у високоенергоємних хімічних джерелах струму. Поряд з тим, не слід його недооцінювати у застосуванні як легуючого металу до певних видів

сплавів, зокрема для зменшення густини сплаву чи покращення певних фізичних та фізико-хімічних характеристик, такі як корозійностійкість, міцність та пластичність. Окрім того, літій має свою нішу застосування і в атомній енергетиці, як теплоносій.

d-Метали є надзвичайно різноманітними за фізичними та хімічними властивостями; за способами їхнього застосування. Фактично, немає жодної галузі промисловості, де б не використовувались *d*-метали, чи сплави на їх основі. Це є як великотонажне виробництво сталей чи сплавів на основі міді та цинку, так і використання інших *d*-металів як спеціальних додатків до сплавів. *d*-Метали та їхні сполуки мають широке застосування як конструкційні матеріали, каталізatori, анодні матеріали в хімічних джерелах струму, акумулятори водню, термоелектричні сплави та багато іншого.

Існує суттєва різниця у фізичних та хімічних властивостях *p*-елементів, навіть якщо брати до уваги лише елементи III-V груп, адже серед них є як типові неметали, тверді, як бор чи карбон, чи м'які як фосфор, так і метали, зокрема широко поширений в природі та з надзвичайно різноманітними способами застосування алюміній. Враховуючи це, можна зрозуміти наскільки різноманітними властивостями володіють сполуки цих елементів.

Поєднання літію, *d*-металів та *p*-елементів значно розширює можливість отримати надсучасних матеріалів з надзвичайно цікавими функціональними властивостями. Фактично, сьогодні основою для пошуку нових матеріалів і надалі залишається дослідження діаграм стану багатокomпонентних систем. Подальшим кроком є визначення кристалічної структури інтерметалічних фаз, які утворюються в цих системах, і на основі знань про структуру, як кристалічну, так і електронну, можна передбачати ті чи інші властивості нових інтерметалічних фаз. Такий комплексний підхід дозволить отримувати матеріали із комплексом необхідних властивостей і успішно їх застосовувати на практиці у майбутньому.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана на кафедрі неорганічної хімії Львівського національного

університету впродовж 1999-2022 років в рамках таких держбюджетних тем: “Кристалохімія інтерметалічних сполук (діаграми стану, структура, властивості) – основа пошуку нових матеріалів” , номер держреєстрації 0103U001888 (2003-2005 рр.); “Умови утворення та кристалохімічні особливості нових інтерметалідів”, номер держреєстрації 0106U001300 (2006-2008 рр.); “Інтерметаліди літію та цинку як електродні матеріали для хімічних джерел енергії”, номер держреєстрації 0106U001309 (2006-2008 рр.); “Нові інтерметаліди: синтез, структура та кристалохімічні закономірності”, номер держреєстрації 0109U002070 (2009-2011 рр.); “Високоенергоємні електродні матеріали для металогідридних та літієвих хімічних джерел струму”, номер держреєстрації 0109U002077 (2009-2010 рр.); “Інтерметаліди для анодів літій-іонних та металогідридних батарей”, номер держреєстрації 0111U001089 (2011-2012 рр.); “Синтез, кристалічна структура, властивості нових сполук і фазові рівноваги в металічних системах”, номер державної реєстрації 0112U001279 (2012-2014 рр.); “Нові високоенергоємні електродні матеріали для літій-іонних та металогідридних акумуляторів”, номер державної реєстрації 0113U003056 (2013-2014 рр.); “Синтез і кристалохімія нових інтерметалічних сполук з функціональними властивостями”, номер державної реєстрації 0115U003257 (2015-2017 рр.); “Синтез і кристалохімія нових інтерметалідів подвійного призначення”, номер державної реєстрації 0115U003257 (2018-2020 рр.); “Синтез нових інтерметалічних сполук і кристалохімічний алгоритм створення високоефективних матеріалів”, номер державної реєстрації 0121U109766 (2021-2023 рр.) та українсько-німецьких проектів “Потрійні фазові діаграми, які включають фази Цинтля з структурним типом NaTl (B32)”, номер державної реєстрації 0104U0109558 (2004-2005 рр.) та “Нові легкі інтерметаліди літію для акумуляторів водню”, номер державної реєстрації 0109U005600 (2009-2010 рр.).

Ступінь обґрунтованості наукових положень і висновків, які сформульовані в дисертації. В ході виконання дисертаційної роботи було застосовано низку методів синтезу інтерметалічних сполук, а саме:

електродугова плавка, плавка в муфельній печі в залізних тиглях, плавка в індукційній печі в танталових тиглях (останній метод здійснювався в аргоновому рукавичному боксі) з наступним гомогенізуючим відпалом, отримані сплави також досліджувались різноманітними методами, а саме: рентгенофазовий аналіз, *in situ* високотемпературна порошкова дифракція, рентгеноструктурний аналіз (методи порошку та монокристалу), диференційна скануюча калориметрія, розрахунок електронної густини, поміри низки властивостей: електрохімічні дослідження сплавів, електрохімічне літіювання та делітіювання, відбивальна оптична здатність. В процесі досліджень використовувалось сучасне програмне забезпечення: POWDER CELL-2.3, FullProf, SHELXS, SHELXL, CrysalisRed, DIAMOND, TB-LMTO-ASA, wxDragon.

Широкий набір експериментальних методів та різноманітне програмне забезпечення, яке було використано під час роботи дозволили встановити закономірності у будові, природі хімічного зв'язку та властивостях сполук у системах літію з *d*-металами та *p*-елементами III-V груп; визначити фазові рівноваги у відповідних системах, підібрати фази для матеріалів хімічних джерел струму та знайти сплави з особливими оптичними властивостями. Завдяки застосуванню взаємодоповнюючих методів досліджень з використанням сучасного програмного забезпечення можна зробити висновки про обґрунтованість та достовірність отриманих результатів, які відповідають сучасним уявленням в галузі неорганічної хімії, а також хімічного матеріалознавства.

Наукова новизна одержаних результатів. Одержані результати забезпечують новий вклад в розвиток наукового напрямку, який, поєднуючи комплекс теоретичних та експериментальних методів, дозволяє встановити основні закономірності у будові, природі хімічного зв'язку та властивостях інтерметалічних сполук у системах літію з *d*-металами та *p*-елементами III-V груп:

1. Здійснено уточнення діаграм стану трьох подвійних систем: Li-Ag, Li-Sb та Li-Bi, які тривалий час досліджувались, але не повністю коректно.

2. Побудовано та уточнено ізотермічні перетини діаграм стану 10 потрібних систем (Li-Zr-Si, Li-Cu-Al, Li-Cu-Bi, Li-Ag-Al, Li-Ag-Ga, Li-Ag-In, Li-Ag-Sn, Li-Ag-Sb, Li-B-C, Li-Al-Sb), в яких існує 36 сполук. На основі експериментальних та літературних даних встановлена закономірність, що із зростанням металічних властивостей *p*-елементів в межах групи звужується концентраційна область в якій утворюються інтерметалічні сполуки.

3. Окремо встановлено існування чотирьох неперервних рядів твердих розчинів: $\text{Li}(\text{Al}_{1-z}\text{Zn}_z)$ та $\text{Li}(\text{Ga}_{1-z}\text{Zn}_z)$ зі структурою фази Цинтля (структурний тип (СТ) NaTl), $\text{Li}_{17}(\text{Si}_{4-x}\text{Sn}_x)$ зі структурою СТ $\text{Li}_{17}\text{Pb}_4$ та $\text{LiCu}_{2-x}\text{Ag}_x\text{Sn}$ зі структурою СТ MnCu_2Al .

4. Проведено класифікацію власних СТ сполук, які утворюються в досліджуваних системах згідно класифікації П.І. Крип'якевича. Встановлено закономірність, що із зростанням номеру періоду для *d*-металів та *p*-елементів зростає кількість власних СТ, які належать до 10 класу, і зменшується кількість СТ, які належать до 5 класу.

5. Проведено розрахунок електронної структури для низки сполук, що дозволило визначити типи зв'язків у цих сполуках: $\text{Li}_{12}\text{Cu}_{12,60}\text{Al}_{14,37}$, $\text{Li}_8\text{Cu}_{12+x}\text{Al}_{6-x}$ ($x = 1,16$), $\text{Li}_{18}\text{Cu}_{15}\text{Al}_7$ та $\text{Li}_{12}\text{Cu}_{16+x}\text{Al}_{26-x}$ ($x = 3,2$) (в сполуках окрім металевого зв'язку, який є домінуючим, також існує ковалентна взаємодія Al-Al), $\text{Li}_{15}\text{Cu}_{19}\text{Al}_{16}$ (відсутня ковалентна взаємодія, лише металевий зв'язок), $\text{Li}_{1,36}\text{Zr}_4\text{Si}_4$ (утворення зигзагоподібних полікатіонних ланцюгів із атомів Li та Zr з концентруванням електронної густини на окремих атомах Si), $\text{Li}_{2-x}\text{Ag}_{1+x}\text{In}_3$ ($x = 0,05$) (навколо атомів Li та Ag спостерігається майже нульова локалізація електронів, тоді як концентрація електронів зосереджується навколо атомів In, які агломеровані в хвилеподібні ланцюги), $\text{Li}_2\text{B}_2\text{C}$ (сполука має металевий характер з наявністю найміцніших зв'язків $\text{B}\cdots\text{C}$ та дещо слабших зв'язків $\text{B}\cdots\text{B}$), LiBC_3 (навколо атомів Li електронна густина прямує до нуля, тоді як максимальне значення функції електронної локалізації

спостерігається між атомами В і С, а також між атомами С і С в борграфітовому та графітовому шарах), $\text{Li}_4\text{Ge}_2\text{B}$ (в структурі сполуки атоми В і Ge утворюють негативно заряджені поліаніони $n[\text{B}_3\text{Ge}_6]^{12m-}$, заряд яких компенсується позитивно зарядженими полікатіонами $12n[\text{Li}]^{m+}$), $\text{Li}_9\text{Al}_4\text{Sn}_5$ (атоми Sn та Al утворюють негативно заряджені поліаніони $n[\text{Al}_4\text{Sn}_5]^{m-}$, заряд яких компенсується позитивно зарядженими полікатіонами літію).

6. Визначено оптимальний сплав складу $\text{Li}(\text{Zn}_{0,2}\text{Al}_{0,8})$ як анодного матеріалу для літій-іонних батарей з високою ємністю. Особлива еволюція базової мікроструктури забезпечується через постійні фазові переходи в процесі літування-делітування між неперервним рядом твердих розчинів (структурний тип NaTl) та композитною сумішшю Al (структурний тип Cu) і Zn (структурний тип Mg). Для покращення функціональності анодних матеріалів на основі інтерметалічних сполук (ІМС) запропоновано додавати карбонові нанотрубки.

7. На прикладі модельної системи Li-Ag-In вперше запропоновано новий підхід до експресного визначення фаз в потрійних системах, які містять літій, а саме процес електрохімічного делітування багатої на літій фази (модельна фаза $\text{Li}_{278}\text{Ag}_{40}\text{In}_{114}$) в режимі *in situ* з одночасним отриманням порошкових дифрактограм на синхротронному випромінюванні високої інтенсивності.

8. На основі спектрів оптичного відбиття з наступним порівнянням координати кольоровості x і y на колірному просторі Міжнародної комісії з освітлення (CIE) 1931 вперше визначено кольорові інтерметаліди, які можна отримати без дорогоцінних металів і які були б привабливими для застосування: LiCu_2Al (червоний, $x = 0,329$, $y = 0,362$), LiCu_2Ga (жовтий, $x = 0,412$, $y = 0,382$), Li_2ZnGa (фіолетовий, $x = 0,329$, $y = 0,309$) та Li_2ZnIn (світло-блакитний, $x = 0,309$, $y = 0,315$). Стабілізувати поверхню сплавів для їхнього подальшого застосування можна за допомогою безколірного індиферентного лаку.

9. Проведено кристалохімічний аналіз нових структурних типів, зокрема виведено новий гомологічний ряд загальної формули $M_{2k+l+2n}M'_{2l+n}X_{k+l+n}$,

представником якого є СТ $\text{Li}_9\text{Al}_4\text{Sn}_5$ ($k = 2$, $l = 1$ і $n = 2$, Li_2Sn (для блоку M_2X), LiAl_2Sn (для блоку MM'_2X) і Li_2AlSn (для блоку $M_2M'X$), усі блоки отримано із СТ W), виведено СТ $\text{Li}_{2-x}\text{Ag}_{1+x}\text{In}_3$ з СТ AlB_2 та СТ $\text{Li}_4\text{Ge}_2\text{B}$ з СТ Li_5Sn_2 або СТ Mo_2B_5 за допомогою співвідношення група–підгрупа на основі формалізму Берніггаузена, вибрано нову сполуку, $\text{Li}_{18}\text{Cu}_{15}\text{Al}_7$, для майбутніх електрохімічних досліджень, в структурі якої виокремлено шари з атомів літію, розташовані перпендикулярно напрямку $[0\ 0\ 1]$.

Практичне значення одержаних результатів. В першу чергу, результати є важливими для неорганічної хімії, оскільки розширюють знання про взаємодію компонентів в системах літію з d -металами та p -елементами III-V груп на предмет фазових рівноваг в системах та кристалічну і електронну структуру відповідних сполук. Зокрема, поповнено бази даних кристалічних структур сполук ICSD, CCDC та RCD (всього 26 записів).

Результати отримані під час дослідження електрохімічних властивостей сплавів з області гомогенності неперервних твердих розчинів $\text{Li}(\text{Zn}_z\text{Al}_{1-z})$ мають важливе значення для створення нових анодних матеріалів для літієвих хімічних джерел струму, зокрема $\text{Li}(\text{Zn}_{0,2}\text{Al}_{0,8})$, з покращеними експлуатаційними властивостями за рахунок композитної структури.

Визначено кольорові інтерметаліди, які не містять дорогоцінних металів і є перспективними для застосування, зокрема LiCu_2Al та LiCu_2Ga .

Одержані результати впроваджено в навчальний процес на хімічному факультеті Львівського національного університету імені Івана Франка, зокрема в таких курсах як “Функціональні матеріали”, “Фізичні властивості неорганічних матеріалів”, “Вибрані розділи кристалохімії неорганічних сполук”, “Нові матеріали на основі інтерметалічних сполук”, “Методи визначення електронної структури”, “Металознавство”.

Особистий внесок здобувача. Формулювання ідеї дослідження, постановка завдань, огляд та аналіз літератури за темою дисертації автор здійснив самостійно. Також автор виконав більшу частину експериментальних

досліджень починаючи із синтезу сплавів і завершуючи математичною обробкою результатів, включно з вибором об'єктів та методів досліджень.

Також автор отримав частину результатів у тісній співпраці з низкою науковців, аспірантів та студентів кафедри неорганічної хімії Львівського національного університету імені Івана Франка: Т. Приставським, Г. Заторською, В. Мілашюс, М. Созанським, Н. Галапац, К. Зайцевою, В. Корданом, І. Тарасюком, та закордонними партнерами: Е. Бартошак-Адамською, М. Яскульським (отримання масивів монокристалних даних та обговорення кристалічної структури, Університет імені Адама Міцкевича м. Познань, Польща), Г. Паулі (синтез сплавів в залізних тиглях, Технічний університет м. Дармштадт, Німеччина), І. Чумаком (отримання масивів монокристалних даних та електрохімічні дослідження, Лейбніц інститут твердого тіла та дослідження матеріалів, м. Дрезден, Німеччина та Технологічний Інститут м. Карлсруе, Німеччина), В. Цесельським, Б. Марціняком, В. Прохвічом, Б. Рожджинською-Келбік, К. Ключязк (отримання масивів монокристалних даних та електрохімічні дослідження, Університет гуманітарних та природничих наук ім. Яна Длугоша, м. Ченстохова, Польща), А. Маром (спектральні дослідження кольорових сплавів, Університет Альберти, м. Едмонтон, Канада). Неоціненну допомогу під час планування та виконання експериментів надав професор Гельмут Еренберг (Технічний університет м. Дармштадт, Німеччина, Лейбніц інститут твердого тіла та дослідження матеріалів, м. Дрезден, Німеччина та Технологічний Інститут м. Карлсруе, Німеччина), зокрема це стосується замовлення чистих металів, доступу до аргонових боксів, порошкових дифрактометрів, зокрема *in-situ* високотемпературної дифракції, а також отримання дифрактограм на синхротроні DESY (м. Гамбург, Німеччина). І на останок, слід відмітити вагому допомогу на усіх етапах досліджень та обговорення результатів професора Володимира Павлюка (Львівський національний університет імені Івана Франка).

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертації доповідались і обговорювались на Європейських з'їздах кристалографів (2001, м. Краків, Польща; 2010, м. Дармштадт, Німеччина; 2019, м. Відень, Австрія); Міжнародних семінарах з фізики та хімії твердого тіла (1999, с. Злотий Поток, Польща; 2004, м. Львів; 2006, м. Львів; 2007, с. Устронь Сльонський, Польща; 2009, с. Шклярська Поремба, Польща; 2010, м. Львів; 2013, м. Ченстохова, Польща; 2015, м. Львів; 2018, м. Львів), Міжнародних конференцій з твердотільних сполук перехідних елементів (2003 м. Лінц, Австрія; 2006, м. Краків, Польща; 2008, м. Дрезден, Німеччина; 2010, м. Ансі, Франція), Наукових конференціях “Львівські хімічні читання” (2003, 2005, 2007, 2009, 2013, 2017, 2019, 2021, м. Львів), Міжнародних конференціях з кристалохімії інтерметалічних сполук (2005, 2007, 2010, 2013, 2016, 2019, м. Львів), Українських конференціях з неорганічної хімії (2008, м. Львів; 2018, м. Дніпро), а також Симпозіумі “Батареї та акумулятори, хімічні джерела струму в науці та техніці (2004, м. Познань, Польща), Кристалографічному конферсаторіумі (2008, м. Вроцлав, Польща), Дискусії з електродних матеріалів літєвих батарей (2009, м. Аркашон, Франція), Китайсько-Німецькому симпозіумі з твердотільних батарей (2015, м Карлсруе, Німеччина), ЄВРОМАТ (2017, м. Салоніки, Греція) та на щорічних звітних наукових конференціях викладачів та співробітників Львівського національного університету імені Івана Франка.

2. Дисертаційна робота Дмитріва Г. С. містить особисто отримані здобувачем науково обґрунтовані результати, а кількість та якість наукових праць, опублікованих за її матеріалами, відповідають Наказу МОН України № 1220 від 23 вересня 2019 року «Про опублікування результатів дисертацій на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук». За матеріалами дисертації опубліковано 67 наукових робіт, а саме: 30 статей (зокрема, 7 – у наукових фахових виданнях України, 20 – у наукових журналах, що індексуються міжнародними наукометричними базами Scopus та / або WoS), 37 тез доповідей на наукових конференціях різного рівня. Основні результати

дисертації розкрито, насамперед, в 7 публікаціях у виданнях, які віднесені до першого (Q1), 6 – до другого (Q2) та 5 – до третього (Q3) квантилів, відповідно до класифікації SCImago Journal Rank.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

Наукові праці, що розкривають основні наукові результати дисертації

1. **Dmytriv G.S.**, Prystavskij T.O., Pavlyuk V.V., Kevorkov D.G., Vodak O.I. Interaction of the components in the Li-Al-Sb ternary system at 470 K. Prace Naukowe WSP. Chemia. **1999**. 3. 71-76 (закордонне фахове видання). *(Особистий внесок здобувача: планування експерименту, синтез сплавів, отримання та інтерпретація дифрактограм, спільна робота з авторами щодо оформлення та обговорення рукопису статті).*

2. Zatorska G.M., **Dmytriv G.S.**, Pavlyuk V.V., Bartoszak-Adamska E., Jaskólski M. Crystal Structure of the New Intermetallic Compound $Zr_{2-x}Si_{1-x}Li_{x+y}$ ($x = 0.17$, $y = 0.12$) and its Relation with the Disilicide $ZrSi_2$. J. Alloys and Compounds. **2002**. 346. 154-157. (входить до наукометричних баз, що індексуються Scopus, WoS, видання віднесене до першого квантилю (Q1) відповідно до класифікації SCImago Journal Rank). *(Особистий внесок здобувача: отримання дифракційного масиву даних з монокристалу, кристалохімічний аналіз структури сполуки, спільна робота з авторами щодо оформлення та обговорення рукопису статті).*

[https://doi.org/10.1016/S0925-8388\(02\)00493-0](https://doi.org/10.1016/S0925-8388(02)00493-0)

3. Zatorska G.M., **Dmytriv G.S.**, Pavlyuk V.V., Davydov V.M., Bartoszak-Adamska E., Jaskólski M. Crystallographic investigation of the ternary compounds in the Zr-Li-Si system. J. of Light Metals. **2002**. 2. 77-80. (входить до наукометричних баз, що індексуються Scopus, WoS, видання віднесене до першого квантилю (Q1) відповідно до класифікації SCImago Journal Rank). *(Особистий внесок здобувача: кристалохімічний аналіз структури сполук, спільна робота з авторами щодо оформлення та обговорення рукопису статті).*

[https://doi.org/10.1016/S1471-5317\(02\)00025-1](https://doi.org/10.1016/S1471-5317(02)00025-1)

4. **Dmytriv G.**, Pauly H., Ehrenberg H., Pavlyuk V., Vollmar E. Homogeneity range of the NaTl-type Zintl phase in the ternary system Li-In-Ag. *J. Solid State Chem.* **2005**. 178(9). 2825-2831. (входить до наукометричних баз, що індексуються Scopus, WoS, видання віднесене до другого квартилю (Q2) відповідно до класифікації SCImago Journal Rank). (*Особистий внесок здобувача: планування експерименту, синтез сплавів, отримання та уточнення порошкових дифрактограм, спільна робота з авторами щодо оформлення та обговорення рукопису статті*).

<https://doi.org/10.1016/j.jssc.2005.06.033>

5. Pavlyuk V., **Dmytriv G.**, Chumak I., Ehrenberg H., Pauly H. The crystal structure of the LiAg₂In compound *J. Solid State Chem.* **2005**. 178. 3303-3307. (входить до наукометричних баз, що індексуються Scopus, WoS, видання віднесене до другого квартилю (Q2) відповідно до класифікації SCImago Journal Rank). (*Особистий внесок здобувача: планування експерименту, синтез сплавів, отримання та уточнення порошкових дифрактограм, спільна робота з авторами щодо оформлення та обговорення рукопису статті*).

<https://doi.org/10.1016/j.jssc.2005.08.005>

6. Pavlyuk V.V., **Dmytriv G.S.**, Tarasiuk I.I., Pauly H., Ehrenberg H. The ternary indide Li₂₇₈(In,Ag)₁₅₄: a new $n = 6$ variant of cubic $n \times n \times n$ W-type superstructures. *Intermetallics.* **2007**. 15. 1409-1415. (входить до наукометричних баз, що індексуються Scopus, WoS, видання віднесене до першого квартилю (Q1) відповідно до класифікації SCImago Journal Rank). (*Особистий внесок здобувача: планування експерименту, кристалохімічний аналіз структури сполуки, спільна робота з авторами щодо оформлення та обговорення рукопису статті*).

<https://doi.org/10.1016/j.intermet.2007.04.014>

7. **Dmytriv G.**, Pavlyuk V., Tarasiuk I., Pauly H., Ehrenberg H., Marciniak B., Prochwicz W., Schroeder G. Li-Zn-{Al,Sn} Zintl Phase alloys for the anode materials of lithium batteries. *Вісник Львівського університету. Серія хімічна.*

2007. 48. 172-178. (фахове видання). (*Особистий внесок здобувача: планування експерименту, електрохімічні дослідження, спільна робота з авторами щодо оформлення та обговорення рукопису статті*).

8. Pavlyuk V.V., **Dmytriv G.S.**, Tarasiuk I.I., Pauly H., Ehrenberg H. $\text{Li}_{12}\text{Cu}_{16+x}\text{Al}_{26-x}$ ($x = 3.2$): a new intermetallic structure type. Acta Cryst. **2008.** C64. i15-i17. (входить до наукометричних баз, що індексуються Scopus, WoS, видання віднесене до третього квартилю (Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal Rank). (*Особистий внесок здобувача: кристалохімічний аналіз структури сполуки, спільна робота з авторами щодо оформлення та обговорення рукопису статті*).

<https://doi.org/10.1107/S0108270108022476>

9. Pavlyuk V.V., **Dmytriv G.S.**, Tarasiuk I.I., Pauly H., Ehrenberg H. $\text{Li}_8\text{Cu}_{12+x}\text{Al}_{6-x}$ ($x = 1.16$): a new structure type related to Laves phases. Acta Cryst. **2008.** C64. i73-i75. (входить до наукометричних баз, що індексуються Scopus, WoS, видання віднесене до третього квартилю (Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal Rank). (*Особистий внесок здобувача: кристалохімічний аналіз структури сполуки, спільна робота з авторами щодо оформлення та обговорення рукопису статті*).

<https://doi.org/10.1107/S0108270107065985>

10. Тарасюк І., **Дмитрів Г.**, Павлюк В., Паулі Г., Еренберг Г. Взаємодія компонентів у потрійній системі Li-Ag-Sb. Вісник Львівського університету. Серія хімічна. **2008.** 49. 58-63. (фахове видання). (*Особистий внесок здобувача: рентгенофазовий аналіз, спільна робота з авторами щодо оформлення та обговорення рукопису статті*).

11. Chumak I., **Dmytriv G.**, Pavlyuk V., Oswald S., Eckert J., Trill H., Eckert H., Pauly H., Ehrenberg H. $\text{Li}(\text{Al}_{1-z}\text{Zn}_z)$ alloys as anode materials for rechargeable Li-ion batteries // J. Mater. Res. **2010.** 25(8). 1492-1499. (входить до наукометричних баз, що індексуються Scopus, WoS, видання віднесене до першого квартилю (Q1) відповідно до класифікації SCImago Journal Rank). (*Особистий внесок здобувача: планування експерименту, синтез сплавів, отримання та*

уточнення порошкових дифрактограм, електрохімічні дослідження, спільна робота з авторами щодо оформлення та обговорення рукопису статті).

<https://doi.org/10.1557/JMR.2010.0191>

12. Pavlyuk V.V., **Dmytriv G.S.**, Tarasiuk I.I., Chumak I.V., Pauly H., Ehrenberg H. Polymorphism of LiAg. *Solid State Sci.* **2010**. 12. 274-280. (входить до наукометричних баз, що індексуються Scopus, WoS, видання віднесене до першого квартилю (Q1) відповідно до класифікації SCImago Journal Rank). (Особистий внесок здобувача: планування експерименту, високотемпературний дифракційний експеримент, спільна робота з авторами щодо оформлення та обговорення рукопису статті).

<https://doi.org/10.1016/j.solidstatesciences.2009.11.006>

13. **Dmytriv G.**, Pavlyuk V., Tarasiuk I., Ehrenberg H., Chumak I., Pauly H. Crystal structure of the $\text{Li}_{18}\text{Cu}_{15}\text{Al}_7$ intermetallic compound. *Acta Cryst.* **2010**. A66. s150-s151. (закордонне фахове видання). (Особистий внесок здобувача: кристалохімічний аналіз структури сполуки, спільна робота з авторами щодо оформлення та обговорення рукопису статті).

<https://doi.org/10.1107/S0108767310096649>

14. Тарасюк І., **Дмитрів Г.**, Павлюк В., Паулі Г., Еренберг Г. Взаємодія компонентів у потрійній системі Li-Ag-Sn. Вісник Львівського університету. Серія хімічна. **2010**. 51. 10-17. (фахове видання). (Особистий внесок здобувача: інтерпретація дифрактограм та кристалохімічний аналіз структури сполуки, спільна робота з авторами щодо оформлення та обговорення рукопису статті).

15. **Dmytriv G.S.**, Pavlyuk V.V., Pauly H., Eckert J., Ehrenberg H. New real ternary and pseudoternary phases in the Li-Au-In-system. *J. Solid State Chem.* **2011**. 184. 1328–1332. (входить до наукометричних баз, що індексуються Scopus, WoS, видання віднесене до до першого квартилю (Q1) відповідно до класифікації SCImago Journal Rank). (Особистий внесок здобувача: планування експерименту, синтез сплавів, отримання та уточнення порошкових дифрактограм, рентгенофазовий аналіз, кристалохімічний аналіз структури

сполуки, спільна робота з авторами щодо оформлення та обговорення рукопису статті).

<https://doi.org/10.1016/j.jssc.2011.03.020>

16. Pavlyuk V., **Dmytriv G.**, Tarasiuk I., Chumak I., Ehrenberg H. $\text{Li}_{12}\text{Cu}_{12.60}\text{Al}_{14.37}$: a new ternary derivative of the binary Laves phases. Acta Cryst. **2011**. C67. i59-i62. (входить до наукометричних баз, що індексуються Scopus, WoS, видання віднесене до третього квартилю (Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal Rank). (*Особистий внесок здобувача: кристалохімічний аналіз структури сполуки, спільна робота з авторами щодо оформлення та обговорення рукопису статті).*

<https://doi.org/10.1107/S0108270111048566>

17. Галапац Н., Тарасюк І., **Дмитрів Г.**, Павлюк В. Поліморфізм бінарної сполуки Li_3Sb . Вісник Львівського університету. Серія хімічна. **2012**. 53. 133-139. (фахове видання). (*Особистий внесок здобувача: планування експерименту, інтерпретація дифрактограм та кристалохімічний аналіз структури сполуки, спільна робота з авторами щодо оформлення та обговорення рукопису статті).*

18. Chumak I., Pavlyuk V., **Dmytriv G.**, Pauly H., Ehrenberg H. The crystal and electronic structure of the $\text{Li}_{2-x}\text{Ag}_{1+x}\text{In}_3$ ($x = 0.05$) indide. J. Solid State Chem. **2013**. 197. 248-253. (входить до наукометричних баз, що індексуються Scopus, WoS, видання віднесене до другого квартилю (Q2) відповідно до класифікації SCImago Journal Rank). (*Особистий внесок здобувача: планування експерименту, синтез сплавів, отримання та уточнення порошкових дифрактограм, кристалохімічний аналіз структури сполуки, спільна робота з авторами щодо оформлення та обговорення рукопису статті).*

<https://doi.org/10.1016/j.jssc.2012.08.049>

19. **Дмитрів Г.**, Тарасюк І., Павлюк В. Система Li-Ag-Ga . Вісник Львівського університету. Серія хімічна. **2014**. 55. 29-36. (фахове видання). (*Особистий внесок здобувача: планування експерименту, інтерпретація*

дифрактограм та кристалохімічний аналіз структури сполуки, спільна робота з авторами щодо оформлення та обговорення рукопису статті).

20. Pavlyuk V., Milashys V., **Dmytriv G.**, Ehrenberg H. A new tetragonal structure type for $\text{Li}_2\text{B}_2\text{C}$. Acta Cryst. **2015**. C71. 39-43. (входить до наукометричних баз, що індексуються Scopus, WoS, видання віднесене до третього квартилю (Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal Rank). *(Особистий внесок здобувача: отримання дифракційного масиву даних з монокристалу, кристалохімічний аналіз структури сполуки, спільна робота з авторами щодо оформлення та обговорення рукопису статті).*

<https://doi.org/10.1107/S2053229614025510>

21. **Дмитрів Г.**, Созанський М., Павлюк В., Тарасюк І., Еренберг Г. Система Li–Cu–Bi. Вісник Львівського університету. Серія хімічна. **2015**. 56. 40-45. (фахове видання). *(Особистий внесок здобувача: планування експерименту, інтерпретація дифрактограм та кристалохімічний аналіз структури сполуки, спільна робота з авторами щодо оформлення та обговорення рукопису статті).*

22. Pavlyuk V., Sozanskyi M., **Dmytriv G.**, Indris S., Ehrenberg H. Amendment of the Li-Bi Phase Diagram Crystal and Electronic Structure of Li_2Bi . J. Phase Equilib. Diffus. **2015**. 36. 544-553. (входить до наукометричних баз, що індексуються Scopus, WoS, видання віднесене до другого квартилю (Q2) відповідно до класифікації SCImago Journal Rank). *(Особистий внесок здобувача: планування експерименту, фазовий аналіз дифрактограм, кристалохімічний аналіз структури сполуки, диференційна скануюча калориметрія, спільна робота з авторами щодо оформлення та обговорення рукопису статті).*

<https://doi.org/10.1007/s11669-015-0409-z>

23. Pavlyuk V., Ciesielski W., Rozdzyńska-Kielbik B., **Dmytriv G.**, Ehrenberg H. $\text{Li}_4\text{Ge}_2\text{B}$ as a new derivative of the Mo_2B_5 and Li_5Sn_2 structure types. Acta Cryst. **2016**. C72. 561-565. (входить до наукометричних баз, що індексуються Scopus, WoS, видання віднесене до третього квартилю (Q3) відповідно до класифікації

SCImago Journal Rank). *(Особистий внесок здобувача: планування експерименту, синтез сплавів, кристалохімічний аналіз структури сполуки, спільна робота з авторами щодо оформлення та обговорення рукопису статті).*

<https://doi.org/10.1107/S2053229616009384>

24. Pavlyuk V., **Dmytriv G.**, Tarasiuk I., Ehrenberg H. $\text{Li}_9\text{Al}_4\text{Sn}_5$ as a new ordered superstructure of the $\text{Li}_{13}\text{Sn}_5$ type. *Acta Cryst.* **2017**. C73. 337-342. (входить до наукометричних баз, що індексуються Scopus, WoS). *(Особистий внесок здобувача: планування експерименту, кристалохімічний аналіз структури сполуки, спільна робота з авторами щодо оформлення та обговорення рукопису статті).*

<https://doi.org/10.1107/S205322961700420X>

25. Milashius V., Pavlyuk V., Kluziak K., **Dmytriv G.**, Ehrenberg H. LiBC_3 : a new borocarbide based on the graphene and heterographene networks. *Acta Cryst.* **2017**. C73. 984-989. (входить до наукометричних баз, що індексуються Scopus, WoS). *(Особистий внесок здобувача: кристалохімічний аналіз структури сполуки, спільна робота з авторами щодо оформлення та обговорення рукопису статті).*

<https://doi.org/10.1107/S2053229617015182>

26. Milashius V., Pavlyuk V., **Dmytriv G.**, Ehrenberg H. Phase equilibria and crystal structure relationships in the ternary Li–B–C system. *Inorg. Chem. Front.* **2018**. 5. 853-864. (входить до наукометричних баз, що індексуються Scopus, WoS, видання віднесене до першого квартилю (Q1) відповідно до класифікації SCImago Journal Rank). *(Особистий внесок здобувача: планування експерименту, рентгенофазовий аналіз дифрактограм, кристалохімічний аналіз структури сполук, спільна робота з авторами щодо оформлення та обговорення рукопису статті).*

<https://doi.org/10.1039/C7QI00787F>

27. **Dmytriv G.**, Pavlyuk V., Ehrenberg H. Peculiarities of solid solutions with NaTl-type structure in Li-Zn-X (X = Al,Ga,In) systems. *Acta Cryst.* **2019**. A75.

є422. (закордонне фахове видання). (*Особистий внесок здобувача: планування експерименту, синтез сплавів, отримання та інтерпретація дифрактограм, спільна робота з авторами щодо оформлення та обговорення рукопису статті*).

<https://doi.org/10.1107/S2053273319091344>

28. Mishra V., Iyer A. K., Mumbaraddi D., Oliynyk A.O., Zuber G., Boucheron A., **Dmytriv G.**, Bernard G.M., Michaelis V.K., Mar A. Coloured intermetallic compounds LiCu_2Al and LiCu_2Ga . J. Solid State Chem. **2020**. 292. 121703. (входить до наукометричних баз, що індексуються Scopus, WoS, видання віднесене до другого квартилю (Q2) відповідно до класифікації SCImago Journal Rank). (*Особистий внесок здобувача: планування експерименту, вибір складу фаз для синтезу, інтерпретація дифрактограм, аналіз оптичних властивостей, спільна робота з авторами щодо оформлення та обговорення рукопису статті*).

<https://doi.org/10.1016/j.jssc.2020.121703>

29. Jomaa M., Mishra V., Mumbaraddi D., Chaudchray M., **Dmytriv G.**, Michaelis V.K., Mar A. Coloured intermetallic compounds Li_2ZnGa and Li_2ZnIn . J. Solid State Chem. **2022**. 306. 122792. (входить до наукометричних баз, що індексуються Scopus, WoS, видання віднесене до другого квартилю (Q2) відповідно до класифікації SCImago Journal Rank). (*Особистий внесок здобувача: планування експерименту, вибір складу фаз для синтезу, інтерпретація дифрактограм, аналіз оптичних властивостей, спільна робота з авторами щодо оформлення та обговорення рукопису статті*).

<https://doi.org/10.1016/j.jssc.2020.121703>

30. Зайцева К., **Дмитрів Г.** Кристалічна структура сполук Li_2CuGa та LiCu_2Ga // Вісник Львівського університету. Серія хімічна. **2022**. 63. 82-87. (фахове видання). (*Особистий внесок здобувача: планування експерименту, синтез сплавів, отримання та інтерпретація дифрактограм, спільна робота з співавтором щодо оформлення та обговорення рукопису статті*).

<http://dx.doi.org/10.30970/vch.6301.082>

Публікації, що засвідчують апробацію матеріалів дисертації

1. **Dmytriv G.S.**, Prystavskij T.O., Pavlyuk V.V., Kevorkov D.G., Bodak O.I. Interaction of the components in the Li-Al-Sb ternary system at 470 K. Vth International Seminar on Physics and Chemistry of Solids. Zloty Potok k/Czestochowy (Poland), 1999, 26.

2. **Dmytriv G.**, Zatorska G., Pavlyuk V., Bartoszak-Adamska E., Jaskólski M. Crystal Structure of the New Intermetallic Compound $Zr_{2-x}Si_{1-x}Li_{x+y}$ ($x = 0.17$, $y = 0.12$) and its Relation with Disilicide $ZrSi_2$. 20th European Crystallographic Meeting, Kraków (Poland), 2001, 346.

3. **Dmytriv G.**, Pauly H., Ehrenberg H., Pavlyuk V., Fuess H. Preliminary results for the quasibinary Zintl phase cut $Li_x(Ag_{0.5}In_{0.5})_{1-x}$. 14th International Conference on Solid Compounds of Transition Elements, Linz (Austria), 2003, POII-05.

4. Заторська Г., **Дмитрів Г.**, Давидов В., Павлюк В. Нові тернарні галіди $ZrLi_2Ga$, $ZrLiGa$ та $Zr_2Li_{0.5}Ga_{0.5}$. IX наукова конференція "Львівські хімічні читання", Львів, 2003, Н16.

5. **Dmytriv G.**, Pavlyuk V., Dolotko O., Kozlov A., Marciniak B., Schroeder G. Nowe Materjaly Anodowe dla Litowych Chemicznych Źródeł Prądu. CLA Sympozjum "Ogniwa i Akumulatory Chemiczne Źródła Prądu w Nauce i Technice", Poznań (Poland), 2004, 65-66.

6. **Dmytriv G.**, Pauly H., Ehrenberg H. Solid solutions with NaTl structure in the Li-Ag-In and Li-Zn-Al systems. Xth International Seminar on Physics and Chemistry of Solids, Lviv, 2004, 76.

7. Pavlyuk V., **Dmytriv G.**, Chumak I., Ehrenberg H., Pauly H. The Crystal structure of $LiAu_2In$ and $LiAg_2In$. IX International Conference on Crystal Chemistry of Intermetallic Compounds, Lviv, 2005, 53.

8. Чумак І., Павлюк В., **Дмитрів Г.**, Паулі Г., Егренберг Г. Дослідження області гомогенності тернарної фази $LiAg_2In$. X наукова конференція "Львівські хімічні читання-2005", Львів, 2005, Н43.

9. Pavlyuk V., **Dmytriv G.**, Tarasiuk I., Ehrenberg H., Pauly H. The crystal structure of the $\text{Li}_{139}\text{Ag}_{20-x}\text{In}_{57+x}$ and $\text{Li}_{139}\text{Au}_{20-x}\text{In}_{57+x}$ ($x = 0\div 9$) ternary indides. 15th International Conference on Solid Compounds of Transition Elements, Krakow (Poland), 2006, 8.

10. **Dmytriv G.S.**, Pavlyuk V.V., Tarasiuk I.I., Ehrenberg H., Pauly H. Zintl Phases and compounds with related structures in the Li-{Ag,Au}-In systems. XII International Seminar on Physics and Chemistry of Solids, Lviv, 2006, 30.

11. Tarasiuk I.I., Pavlyuk V.V., **Dmytriv G.S.**, Ehrenberg H., Pauly H. A new $\text{Li}_8\text{Cu}_{12+x}\text{Al}_{6-x}$ and $\text{Li}_{12}\text{Cu}_{16+x}\text{Al}_{26-x}$ phases in the Li-Cu-Al system. X International Conference on Crystal Chemistry of Intermetallic Compounds, Lviv, 2007, 133.

12. **Dmytriv G.**, Pavlyuk V., Tarasiuk I., Ehrenberg H., Pauly H., Marciniak B. New compounds in the Li-Cu-Al system. XIII International Seminar on Physics and Chemistry of Solids, Ustronie Slaskie (Poland), 2007, 29.

13. Павлюк В., **Дмитрiв Г.**, Тарасюк І., Паулі Г., Еренберг Г. Про кристалічну структуру сполук LiCu_2Al , LiCu_2Sn та Li_2CuSn // XI наукова конференція “Львівські хімічні читання – 2007”, Львів, 2007, Н49.

14. Тарасюк І., Павлюк В., **Дмитрiв Г.**, Еренберг Г. Паулі Г. Кристалічна структура фаз $\text{Li}_{1+x}\text{T}_{2-x}\text{Sn}$ ($\text{T} = \text{Cu}, \text{Ag}$). XVII Українська конференція з неорганічної хімії, Львів, 2008, 121.

15. **Dmytriv G.**, Pavlyuk V., Tarasiuk I., Ehrenberg H., Pauly H. Interaction of components in the Li-Cu-Al system. 16th International Conference on Solid Compounds of Transition Elements, Dresden (Germany), 2008, 128.

16. **Dmytriv G.**, Pavlyuk V., Tarasiuk I., Ehrenberg H., Pauly H., Marciniak B. Crystal structures of the $\text{Li}_{12}\text{Cu}_{16+x}\text{Al}_{26-x}$ ($x = 3.2$), $\text{Li}_8\text{Cu}_{12+x}\text{Al}_{6-x}$ ($x = 1.16$), $\text{Li}_{12}\text{Cu}_{13}\text{Al}_{14}$ and LiCu_2Al ternary compounds. 50 Konwersatorium Krystalograficzne, Wrocław (Poland), 2008, 139-140.

17. Копоть С., Дмитрів Г., Павлюк В., Тарасюк І., Еренберг Г., Паулі Г. Взаємодія компонентів у системі Li–Ag–Al. XII наукова конференція “Львівські хімічні читання – 2009”, Львів, 2009, Н81.

18. Chumak I., Ehrenberg H., Trots D., Pavlyuk V., **Dmytriv G.**, Pauly H., Eckert J. Structural changes in $\text{Li}_{278}\text{Ag}_{40}\text{In}_{114}$ during electrochemical lithium extraction. Lithium Battery Discussion. Electrode materials, Arcachon (France), 2009, P44.

19. **Dmytriv G.S.**, Pavlyuk V.V., Tarasiuk I.I., Chumak I.V., Pauly H., Ehrenberg H. Phase transition in the LiAg binary compound. XV International Seminar on Physics and Chemistry of Solids, Szklarska Poręba (Poland), 2009, 23.

20. **Dmytriv G.**, Pavlyuk V., Tarasiuk I., Ehrenberg H., Chumak I., Pauly H. Crystal structure of the $\text{Li}_{18}\text{Cu}_{15}\text{Al}_7$ intermetallic compound. 26th European Crystallographic Meeting, Darmstadt (Germany), 2010, s150-s151.

21. **Dmytriv G.**, Pavlyuk V., Tarasiuk I., Ehrenberg H., Chumak I., Pauly H. Crystal structure of the $\text{Li}_{15}\text{Cu}_{19}\text{Al}_{16}$ compound. 17th International Conference on Solid Compounds of Transition Elements, Annecy (France), 2010, 90.

22. **Dmytriv G.**, Pavlyuk V., Tarasiuk I., Ehrenberg H., Chumak I., Pauly H. Lithium intermetallic compounds as perspective materials for anode materials. XVI International Seminar on Physics and Chemistry of Solids, Lviv, 2010, 43.

23. Tarasiuk I., Pavlyuk V., **Dmytriv G.**, Ehrenberg H., Pauly H. $\text{Li}_{12}\text{Cu}_{12.6}\text{Al}_{14.4}$ – a new ternary derivative of the W_6Fe_7 structure type. XI International Conference on Crystal Chemistry of Intermetallic Compounds, Lviv, 2010, 132.

24. Ehrenberg H., Chumak I., **Dmytriv G.**, Pavlyuk V., Pauly H., Oswald S. New concept for intermetallic composite anodes in Li-ion batteries. XI International Conference on Crystal Chemistry of Intermetallic Compounds, Lviv, 2010, 18.

25. Мілашюс В., Дмитрів Г., Тарасюк І., Павлюк В. Структурні дослідження фаз системи Li–В–С. XIV наукова конференція “Львівські хімічні читання – 2013”, Львів, 2013, Н85.

26. Созанський М., Дмитрів Г., Павлюк В. Система Li–Cu–Ві при 200°C. XIV наукова конференція “Львівські хімічні читання – 2013”, Львів, 2013, Н57.

27. **Dmytriv G.**, Pavlyuk V. Interaction of lithium with *d*- and some *p*-elements. XIX International Seminar on Physics and Chemistry of Solids and Advanced Materials, Czestochowa (Poland), 2013, 67.

28. **Dmytriv G.**, Halapats N., Pavlyuk V., Ehrenberg H. Crystal structure of a continuous solid solution in the Li-Cu-Ag-Sn system. XII International Conference on Crystal Chemistry of Intermetallic Compounds, Lviv, 2013, 118.

29. Tarasiuk I., **Dmytriv G.**, Korenovska N., Pavlyuk V., Knapp M., Ehrenberg H. The $\text{Li}_{17}\text{Si}_{4-x}\text{Sn}_x$ ($x = 0-4$) solid solution. XX International Seminar on Physics and Chemistry of Solids, Lviv, 2015, 101.

30. Ehrenberg H., Chumak I., Pavlyuk V., **Dmytriv G.** Structural compatibilities in solid state batteries. Second Sino German Symposium on All Solid State Battery, Karlsruhe (Germany), 2015, 62

31. **Dmytriv G.**, Pavlyuk V., Tarasiuk I., Ehrenberg H. Crystal and electronic structure of $\text{Li}_9\text{Al}_4\text{Sn}_5$. XIII International Conference on Crystal Chemistry of Intermetallic Compounds, Lviv, 2016, 85.

32. Milashius V., Pavlyuk V., **Dmytriv G.**, Ehrenberg H. New hexagonal structure type of LiBC_3 . XVI наукова конференція “Львівські хімічні читання – 2017”, Львів, 2017, H20.

33. **Dmytriv G.**, Pavlyuk V., Ehrenberg H. Pererspective method for receiving of nanostructured Zn-Al alloys. EUROMAT 2017, Thessaloniki (Greece), 2017, A7-I-P-TUE-P1-3.

34. **Dmytriv G.**, Pavlyuk V., Ehrenberg H. Peculiarities of quasisection $\text{Li}(\text{Zn}_{1-z}\text{In}_z)$ with Zintl phases. XX Українська конференція з неорганічної хімії за участю закордонних учених, Дніпро, 2018, 93.

35. **Dmytriv G.**, Pavlyuk V. Peculiarities of the interaction of *d*-metals with lithium and *p*-metals and semimetals. XIV International Conference on Crystal Chemistry of Intermetallic Compounds, Lviv, 2019, 39.

36. **Dmytriv G.**, Pavlyuk V., Ehrenberg H. Peculiarities of solid solutions with NaTl-type structure in Li-Zn-X ($X = \text{Al, Ga, In}$) systems. 32nd European Crystallographic Meeting, Vienna (Austria), 2019, 410.

37. Зайцева К.В., Дмитрів Г.С. Кристалічна структура сполук Li_2CuGa та LiCu_2Ga . XVIII наукова конференція “Львівські хімічні читання – 2021”, Львів, 2021, НЗЗ.

3. Дисертаційна робота к. х. н., доц. Дмитріва Григорія Степановича “Взаємодія літію з *d*-металами та *p*-елементами III-V груп”, відповідає паспорту спеціальності 02.00.01 – неорганічна хімія, затвердженому МОН України, за такими напрямками:

- Наукові основи синтезу неорганічних сполук;
- Будова та властивості неорганічних сполук;
- Розроблення наукових основ хімічних процесів одержання неорганічних сполук з комплексом різнофункціональних властивостей.

4. Дисертаційна робота к. х. н., доц. Дмитріва Григорія Степановича “Взаємодія літію з *d*-металами та *p*-елементами III-V груп” є завершеним науковим дослідженням в галузі неорганічної хімії, яке вирішує важливу наукову проблему встановлення закономірностей у будові, природі хімічного зв'язку та властивостях сполук у системах літію з *d*-металами та *p*-елементами III-V груп; визначенні фазових рівноваг у відповідних системах та пошуку фаз для матеріалів хімічних джерел струму та з особливими оптичними властивостями. Робота має істотне значення для розвитку неорганічної хімії, а також суміжних галузей – хімічного матеріалознавства та електрохімії. Дисертація містить обґрунтовані висновки на основі одержаних особисто здобувачем достовірних результатів, характеризується єдністю змісту, свідчить про особистий внесок здобувача в науку щодо розв'язання важливої теоретичної та низки прикладних проблем. Робота відповідає принципам академічної доброчесності.


5. Рекомендувати дисертаційну роботу декана хімічного факультету Львівського національного університету імені Івана Франка, к. х. н., доц.

Дмитріва Григорія Степановича “Взаємодія літію з *d*-металами та *p*-елементами III-V груп” до подання на спеціалізовану вчену раду за спеціальністю 02.00.01 – неорганічна хімія.

« 02 » 06 2023 року

Рецензенти:

Професор кафедри неорганічної хімії
Львівського національного університету
імені Івана Франка,
доктор хімічних наук, професор

 Богдан КОТУР

Провідний науковий співробітник
кафедри неорганічної хімії
Львівського національного університету
імені Івана Франка,
доктор хімічних наук, старший дослідник

 Володимир БАБІЖЕЦЬКИЙ

Доцент кафедри неорганічної хімії
Львівського національного університету
імені Івана Франка,
доктор хімічних наук, старший дослідник

 Юрій СЛИВКА

Власноручні підписи професора Богдана Котура, провідного наукового співробітника Володимира Бабіжецького та доцента Юрія Сливки підтверджую

Вчений секретар
Львівського національного університету
імені Івана Франка,
кандидат філологічних наук, доцент



 Ольга ГРАБОВЕЦЬКА