

УДК 546.548

<https://doi.org/10.37827/ntsh.chem.2023.73.007>

Роман ГЛАДИШЕВСЬКИЙ, Світлана ПУКАС

ПЕТРО-БОГДАН КРИП'ЯКЕВИЧ: СТАНОВЛЕННЯ ЛЬВІВСЬКОЇ НАУКОВОЇ КРИСТАЛОХІМІЧНОЇ ШКОЛИ

*Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Кирила і Мефодія, 6, 79005 Львів, Україна
e-mail: svitlana.pukas@lnu.edu.ua*

Наукова школа “Кристалохімія”, яка діє на кафедрі неорганічної хімії Львівського національного університету імені Івана Франка, має 60-річну історію та світове визнання в галузі кристалохімії інтерметалічних сполук, що охоплює вивчення взаємодії компонентів у металічних системах, діаграм фазових рівноваг, кристалічної структури, хімічних і фізичних властивостей сполук та їхнє застосування. Школу заснували Євген Черкашин, Євген Гладішевський, Петро-Богдан Крип'якевич. За час існування Школи науковці кафедри дослідили взаємодію понад 70 хімічних елементів у близько 3000 багатокомпонентних системах: побудували ізотермічні перерізи діаграм стану для 1400 систем, встановили утворення і визначили кристалічну структуру 6700 сполук, відкрили 520 структурних типів. Отриманий великий експериментальний матеріал і глибокий аналіз теоретичних відомостей про структуру інтерметалічних сполук дали змогу відкрити низку важливих кристалохімічних закономірностей інтерметалідів. Петро-Богдан Крип'якевич запропонував загальновизнану в світі систематику структурних типів інтерметалічних сполук за координацією атомів, яку внесено в Міжнародний історичний атлас кристалографії. Євген Гладішевський та його послідовниця Оксана Бодак систематизували види спорідненостей між структурними типами та способи перетворення одних типів в інші. Інші науковці поширили дослідження на споріднені класи сполук: Мар'ян Миськів сформував на кафедрі науковий напрям кристалохімії комплексних сполук купрум(I) галогенідів з органічними лігандами, Володимир Павлюк започаткував дослідження гідридів – акумуляторів водню, Роман Гладішевський систематизував структурні типи неорганічних сполук і розпочав дослідження надпровідних оксидів з високою критичною температурою. Доробок Львівської наукової кристалохімічної школи в галузі кристалохімії інтерметалічних сполук становить 20 % світових досягнень. Загальна кількість наукових публікацій кафедри у 2023 році досягла 5500, з них 56 монографій та довідників. Науковцями кафедри отримано 153 авторських свідоцтва та патенти. За науковим напрямом Школи підготовлено 165 кандидатів і 26 докторів хімічних наук. Одинадцять прецедентів Школи є лауреатами Державної премії України в галузі науки і техніки.

Ключові слова: кристалохімія, неорганічна хімія, матеріалознавство, кристалічна структура, структурний тип, наукова школа.

Дослідження в галузі хімії у Львівському університеті проводяться починаючи з XVIII століття, а кафедру неорганічної хімії в сучасному вигляді було засновано в 1895 році. Символічно, що в цьому ж році було відкрито рентгенівське випромінювання, з використанням якого тісно пов'язана діяльність кафедри. На початку кафедра неорганічної хімії була багатопрофільною, викладачі читали курси неорганічної, аналітичної та фізичної хімії, а також хімічної технології для студентів філософського, медичного та природничого факультетів. З кафедри неорганічної хімії у 1922 році виділилася друга у світі кафедра кристалографії (завідувач проф. Зигмунд Вейберг; згодом вона увійшла до складу геологічного факультету), у 1937 році – кафедра фізичної хімії (завідувач проф. Віктор Кемуля), а у 1945 році – кафедра аналітичної хімії (завідувач доц. Никифор Круговий).

У перші три десятиліття наукова тематика кафедри неорганічної хімії була спрямована головню на дослідження природної сировини Галичини – нафти, природних газів, солей і мінеральних вод, питань органічної, фізичної та аналітичної хімії, хімічної технології та хімії металів.

Значним поштовхом для розвитку кристалографії та кристалохімії в Україні стало створення в 1918 році Української академії наук. Її перший президент, видатний учений Володимир Вернадський, приділяв особливу увагу явищам ізоморфізму, поліморфізму, ізомерії, анізотропії, енантіоморфізму, симетрії, псевдосиметрії. Його ідеї випереджали час, вони були сформульовані ще до остаточного формування атомної теорії.

З 1945 року праці науковців кафедри неорганічної хімії стосуються проблеми кристалохімії інтерметалічних сполук, що охоплює вивчення взаємодії компонентів у металічних системах, діаграм фазових рівноваг, кристалічної структури, хімічних і фізичних властивостей та їхнє застосування. Тоді це був маловивчений розділ неорганічної хімії, однак висока наукова кваліфікація завідувача кафедри Євгена Черкашина, ентузіазм молодих науковців Євгена Гладишевського та Петра-Богдана Крип'якевича, наявність добре обладнаних лабораторій стали успішним початком розвитку нового наукового напрямку у Львівському університеті та Україні, який згодом, на підставі отриманих вагомих наукових результатів, визнали як наукову школу “Кристалохімія”. 1959 рік вважається роком заснування Школи, яку офіційно визнав Мінвуз УРСР та Міністерство освіти і науки України.

Паралельно в Україні розвивалися й інші напрями кристалохімічних досліджень. Зокрема, Київська школа кристалохімії координаційних сполук, діяльність якої пов'язана з іменами Андрія Голуба, Костянтина Яцимирського, Віктора Скопенка.

Сьогодні кристалохімія – це наука, що вивчає залежність між хімічним складом, внутрішньою структурою та властивостями кристалічних речовин. Саме за таким алгоритмом проводять дослідження на кафедрі неорганічної хімії у рамках наукової школи “Кристалохімія”, що стосуються найперше інтерметалідів, але й також споріднених сполук. Інтерметалід – це більше ніж сполука між металами, це також хімічна сполука між металами і неметалами, в якій проявляються металічний тип зв'язку і металічні властивості.

За час існування Школи науковці кафедри дослідили взаємодію понад 70 хімічних елементів у близько 3000 багатокомпонентних системах: побудували ізотермічні перерізи діаграм стану для майже 1400 систем, встановили утворення і визначили кристалічну структуру понад 6700 сполук, відкрили 520 структурних типів. Результати досліджень досить повно відображено в міжнародній базі даних неорганічних матеріалів Pauling File [1]. Це найбільша у світі база даних для

матеріалознавців, у якій поєднано діаграми фазових рівноваг (56 тис.), дані про кристалічні структури (380 тис.) і фізичні властивості (175 тис.) неорганічних сполук. Згідно зі статистикою, найбільше публікацій у галузі кристалохімії неорганічних сполук мають вчені з наукових центрів Києва, Харкова, Львова, Луцька, Ужгорода. В Києві та Харкові пріоритет у галузі цих досліджень належить установам НАН України, тоді як на Заході України – університетам.



Колектив кафедри неорганічної хімії Львівського університету в 1960 році.

Зліва направо, перший ряд: Євген Гладішевський, Петро-Богдан Крип'якевич, Галина Кирчів, Євген Черкашин, Надія Велесик, Федір Деркач; другий ряд: Людмила Борусевич, Наталія Білоніжко, Вікторія Євдокименко, Олена Емес-Мисенко, Рамона Заречнюк, Марта Костур, Володимир Телегус; третій ряд: Олег Заречнюк, Василь Марків, Юрій Кузьма, Оксана Ревак, Роман Сколоздра, Михайло Теслюк (з архіву КНХ).

The staff of the Department of Inorganic Chemistry at the University of Lviv in 1960.

From left to right, front row: Evgen Gladyshevskii, Petro-Bogdan Krypyakevych, Galyna Kyrchiv, Evgen Cherkashyn, Nadiya Velesyk, Fedir Derkach; second row: Lyudmyla Borusevych, Nataliya Bilonizhko, Viktoriya Yevdokymenko, Olena Emes-Mysenko, Ramona Zarechnyuk, Marta Kostur, Volodymyr Telegus; third row: Oleg Zarechnyuk, Vasyl Markiv, Yuriy Kuzma, Oksana Revak, Roman Skolozdra, Mykhaylo Teslyuk (from the archive of the DIOC).

Доробок Львівської наукової кристалохімічної школи в галузі кристалохімії інтерметалічних сполук становить 20 % світових досягнень. Дослідження в цій галузі проводять також вчені наукових центрів Європи, США, Китаю. Свій авторитет Львівська наукова школа "Кристалохімія" здобула завдяки ключовим відкриттям. Тут вперше було синтезовано галід CeAl_2Ga_2 [2], алюмінід ZrNiAl [3] – структурні прототипи тисяч інших сполук; борид $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ [4] – найпотужніший

постійний магніт; силіцид CeCu_2Si_2 [5] – сполука, яка вперше виявила співіснування магнетизму і надпровідності; германід $\text{Gd}_5\text{Si}_2\text{Ge}_2$ [6] – матеріал рефрижератора завтрашнього дня.

Великий експериментальний матеріал, отриманий на кафедрі неорганічної хімії, а також глибокий аналіз літературних відомостей про кристалічну структуру інтерметалічних сполук дали змогу визначити низку фундаментальних закономірностей взаємодії елементів у системах різних типів. Особливо вагомим є досягнення львівських кристалохіміків у дослідженні потрійних систем, одним із компонентів яких є рідкісноземельний метал, а також систем, до складу яких входять бор, алюміній, галій, індій, карбон, силіцій, германій, станум, фосфор, стибій, літій, цинк. Запропоновано першу загальновізану в світі систематику структурних типів інтерметалічних сполук за координацією атомів, яку внесено в Міжнародний історичний атлас кристалографії (Петро-Богдан Крип'якевич [7]), систематизовано види спорідненостей між структурними типами та способи перетворення одних типів в інші (Євген Гладишевський, Оксана Бодак [8, 9]), відкрито низку важливих кристалохімічних закономірностей інтерметалідів, систематизовано структурні типи неорганічних сполук (Роман Гладишевський [10]).

У 80-х роках на кафедрі сформувався науковий напрям з кристалохімії комплексних сполук купрум(I) галогенідів з органічними лігандами (Мар'ян Миськів); з кінця ХХ століття на кафедрі вивчають також оксиди – високотемпературні надпровідники (Роман Гладишевський) та гідриди – акумулятори водню (Володимир Павлюк).

За час існування Школи кафедра неорганічної хімії підготувала понад 1000 випускників, з яких кожен шостий (165) захистив кандидатську дисертацію, а кожен шостий кандидат наук (26) захистив докторську дисертацію і це становить феномен Школи, бо Школу творять особистості. На кафедрі неорганічної хімії докторські дисертації захистили: Євген Черкашин, Євген Гладишевський, Петро-Богдан Крип'якевич, Юрій Кузьма, Олег Заречнюк, Оксана Бодак, Роман Сколодзра, Мар'ян Миськів, Володимир Павлюк, Богдан Котур, Володимир Олійник, Борис Михалічко, Роман Гладишевський, Степан Чихрій, Ярослав Каличак, Анатолій Федорчук, Володимир Бабіжецький, Юрій Сливка. Випускники кафедри Юрій Ворошилов, Володимир Яргись, Дарія Семенишин, Леонід Василечко, Ігор Завалій, Любомир Гулай, Віталій Ромака, Андрій Стецьків захистили дисертації, працюючи в інших установах. Окрім того, за кордоном були затверджені у званні професора ще чотири кандидати наук, випускники кафедри: Віталій Печарський і Петро Завалій (США), Юрій Гринь (Німеччина), Ярослав Філінчук (Бельгія).

Науковці кафедри неорганічної хімії Львівського університету заклали основи сучасної кристалохімії неорганічних сполук. У 2022 році загальна кількість наукових публікацій кафедри досягла 5500, з них 56 монографій і довідників, вони отримали 153 авторських свідоцтва та патенти. Комплексність та міждисциплінарність наукових досліджень, які проводять на кафедрі, забезпечують гармонійний розвиток трьох основних складових кристалохімії: склад – структура – властивості.

Одним із засновників Львівської наукової школи “Кристалохімія” був Петро-Богдан Крип'якевич (10.02.1923 – 02.12.1980) – доктор хімічних наук, доцент, старший науковий співробітник Львівського університету імені Івана Франка. В Історичному атласі кристалографії [11], виданому Міжнародною спільнотою криста-

логографів, Петро-Богдан Крип'якевич визнаний одним із видатних кристалографів світу середини ХХ століття.

Петро-Богдан народився 10 лютого 1923 року у Львові в родині українського історика, академіка Івана Крип'якевича та його дружини Марії (з дому Сидорович). Його дід Петро, на честь якого йому дали ім'я, був священиком. Оскільки у родині галицької інтелігенції було прийнято називати дітей подвійними іменами, то друге ім'я йому дали на згадку про улюбленого героя Івана Крип'якевича – Богдана Хмельницького. Разом із молодшим на два роки братом Романом він мав чимало захоплень: шахи, марки, музика. Змалку Петро-Богдан мріяв стати кондуктором, бо вважав, що у них гарна форма. А з 13 років складав “Пляни трамваєвих колій у Львові”, колекціонував трамвайні квитки.



Марія Сидорович та Іван Крип'якевич – батьки Петра-Богдана (Львів, 1942 рік).

Mariya Sydorovych and Ivan Krypyakevych – Petro-Bogdan's parents (Lviv, 1942).



Роман і Петро-Богдан Крип'якевичі (Львів, 1929 рік).

Roman and Petro-Bogdan Krypyakevych (Lviv, 1929).

Навчався Петро-Богдан у Філії Першої Української академічної гімназії. У спогадах про навчання в гімназії Петро-Богдан згадував, що ця гімназія мала своє місце в історії родини. У 1912–1925 роках батько, Іван Крип'якевич, навчав у гімназії. З того часу дещо в гімназії змінилося на гірше – частину вчителів-українців замінили поляками та ввели викладання польською мовою таких предметів як історія та географія, а дещо і на ліпше – після тривалих заходів гімназія одержала нове, більш відповідне приміщення. Крім звичайних класів, у гімназії вже були фізико-хімічний та біологічний кабінети. У 1940 році Петро-Богдан Крип'якевич одержав атестат зрілості як випускник-відмінник середньої школи №2 м. Львова.

Здобувати вищу освіту почав як студент 1 курсу хімічного відділу природничого факультету Львівського університету. 30 червня 1941 року до Львова увійшли німецькі війська, почалися арешти, репресії. Усі заклади вищої освіти Львова закрили, однак згодом, відчуваючи нестачу кваліфікованих працівників, німецька влада навесні 1942 року організувала державні професійні курси на базі закладів вищої освіти. У Львівському політехнічному інституті відкрили Технічні професійні курси за одинадцятьма напрямками, серед яких була промислова хімія. Тож під час німецької окупації Петро-Богдан Крип'якевич навчався та закінчив Технічні професійні курси у Львівській політехніці, а з 1944 року продовжив навчання на хімічному факультеті Віденського політехнічного інституту. Після повернення до

Львова у 1945 році вступив на четвертий курс хімічного факультету Львівського університету. Проте навіть цей курс закінчити йому не вдалося. Купаючись в озері, заразився поліомієлітом: у той рік була епідемія цієї інфекційної хвороби. Кілька днів мав дуже високу температуру, яку ніяк не вдавалося збити. Ліків відповідних не було, тож унаслідок недуги Петро-Богдан отримав мозаїчне ураження м'язів. Одна рука розгиналася, а друга згиналася, так само й ноги. Щоб хоч якось рухатися, давати собі раду, а також вчитися і працювати, мав спеціальну конструкцію зі шкіри й металу, в якій ставав на милиці і міг пересуватися помешканням.



Гімназисти Петро-Богдан і Роман з вуйком Сидоровичем (Львів, 1938 рік).

High-school students Petro-Bogdan and Roman with their uncle Sydorovych (Lviv, 1938).



Петро-Богдан Крип'якевич на лікуванні (Грузія, 1949 рік).

Petro-Bogdan Krypyakevych on medical treatment (Georgia, 1949).

Навчання Петро-Богдан закінчив у 1951 році екстерном з відзнакою. Виняткові всебічні здібності, добре знання іноземних мов – польської, німецької, російської та англійської, відмінне навчання і надзвичайна працьовитість, попри інвалідність, були вирішальними для зарахування Петра-Богдана Крип'якевича на посаду лаборанта ще до закінчення університету, а згодом старшого лаборанта кафедри неорганічної хімії для виконання наукової роботи. До перших його обов'язків належали постійний перегляд і реферування наукових літературних джерел.

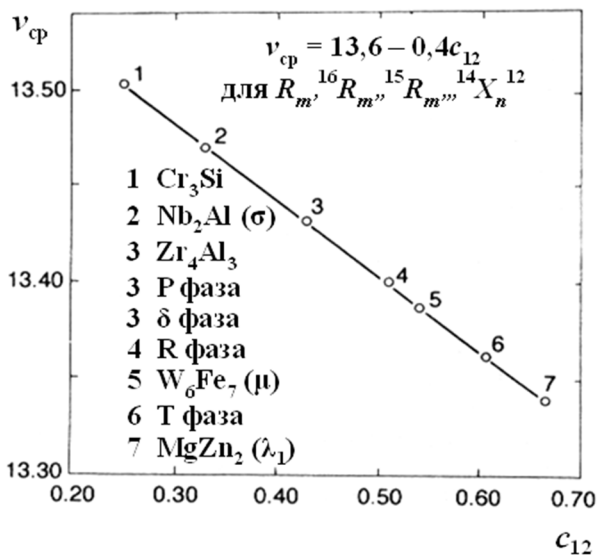
Перша публікація Петра-Богдана вийшла друком у 1948 році. Це була студентська наукова праця про електролітичну провідність і міжмолекулярну взаємодію [12]. В цей час на кафедрі неорганічної хімії почав формуватися науковий напрям “Кристалохімія інтерметалічних сполук”, до якого він активно долучився. У 1949 році разом з керівником кафедри, доцентом Євгеном Черкашиним опублікував теоретичну працю з питань класифікації проміжних фаз з погляду хімічної

індивідуальності [13], а вже через рік результати першого експериментального дослідження – кристалічну структуру тернарної фази CuMgSn [14].

Одночасно у 1952–1956 роках Петро-Богдан Крип'якевич навчався в аспірантурі кафедри неорганічної хімії, яку успішно завершив захистом кандидатської дисертації у 1957 році. В кандидатській дисертації на тему “Дослідження з кристалохімії металічних сполук з високими координаційними числами” [15], яку виконував під керівництвом проф. Євгена Черкашина, він розглянув актуальні питання кристалохімії, поліморфізму та морфотропії інтерметалічних сполук з ікосаедричною координацією атомів.

Кристалохімія цього важливого класу неорганічних сполук широко опрацьована у подальших працях Петра-Богдана Крип'якевича і стала предметом його докторської дисертації на тему “Структурні типи інтерметалічних сполук” [16], яку він захистив у Львові в 1972 році. Опонентами дисертації були світила кристалохімічної науки: академік АН СРСР Микола Белов, член-кореспондент АН СРСР Георгій Бокій. У дисертації Петро-Богдан Крип'якевич дав детальний опис координаційних характеристик 550 відомих на цей час структурних типів інтерметалічних сполук та їхню класифікацію.

Детальний аналіз структурних типів інтерметалічних сполук з ікосаедричною координацією менших за розміром атомів став основою важливого висновку про лінійну залежність середнього координаційного числа від вмісту атомів з ікосаедричною координацією [17], який сьогодні відомий у кристалохімії як “феномен Ярмольюка-Крип'якевича”.



Кристалохімічний феномен
Ярмольюка-Крип'якевича.

Crystal-chemical phenomenon
of Yarmolyuk-Krypyakevych.

Після захисту кандидатської дисертації працював на посадах доцента, старшого наукового співробітника кафедри неорганічної хімії, а з 1967 року був керівником окремої бюджетної науково-дослідної кафедральної групи кристалохімії та металічних сплавів. Зважаючи на стан здоров'я, Петро-Богдан Крип'якевич не часто

бував на кафедрі, працював вдома, де у нього було своєрідне відділення кафедри неорганічної хімії. До нього приходили аспіранти, колеги. Він керував дисертаціями, студентськими роботами, консулював. За необхідності, з допомогою брата Романа, прибував на кафедру, чи то на конференцію, чи на засідання спеціалізованої Вченої ради, чи на засідання кафедри.



Перші випускники хімічного факультету Львівського університету.
Зліва направо: Роман Кучер, Євген Гладисhevський, Петро-Богдан Крип'якевич,
Людмила Глушкова, Емілія Деркач, Ігор Малєєв, Зоя Галанець,
Михайло Теслюк, Ольга Приб (1962 рік, з архіву КНХ).

The first graduates of the Faculty of Chemistry at the University of Lviv.
From left to right: Roman Kucher, Evgen Gladyshevskii, Petro-Bogdan Krypyakevych,
Lyudmyla Glushkova, Emiliya Derkach, Igor Maleyev, Zoya Galanets,
Mykhaylo Teslyuk, Olga Pryb (1962, from the archives of the DIOC).

Петру-Богдану Крип'якевичу була притаманна висока організація праці, скрупульозність і педантичність. Кожний робочий день був ретельно спланований: тривалість консультацій, час на опрацювання наукової літератури, написання статей. До того ж добровільно взяв на себе обов'язок розглядати всі наукові статті працівників кафедри, навіть не як співавтор. Жодна стаття не йшла до друку, доки її не прочитав Петро-Богдан Крип'якевич, а якщо мав зауваження чи якісь рекомендації, то запрошував автора на співбесіду. Це забезпечувало кафедрі високий науковий рівень публікацій.

В цей час активно почала налагоджуватися співпраця з закордонними вченими, які охоче приймали запрошення та приїжджали до Львова. Співробітники кафедри також представляли результати наукових досліджень на різноманітних форумах за кордоном. Зокрема, на IX Міжнародному конгресі кристалографів в Кіото, Японія (1972 рік) була представлена доповідь Євгена Гладисhevського та Петра-Богдана Крип'якевича "Гомологічні серії нових структурних типів тернарних силіцидів".

У 1971 році на базі кафедри неорганічної хімії Львівського університету провели Всесоюзну конференцію з кристалохімії інтерметалічних сполук.



Засідання кафедри неорганічної хімії в методичному кабінеті.

Зліва направо: Михайло Теслюк, Ігор Смолянінов, Юлія Колісниченко, Євген Черкашин, Ольга Соболева, Євген Гладисhevський, Юрій Кузьма, Іван Залуцький, Петро-Богдан Крип'якевич, Федір Деркач, Володимир Телегус (1960 рік, з архіву КНХ).

Meeting of the Department of Inorganic Chemistry in the office of methodology.

From left to right: Mykhaylo Teslyuk, Igor Smolyaninov, Yuliya Kolisnychenko, Evgen Cherkashyn, Olga Sobolyeva, Evgen Gladyshevskii, Yuriy Kuzma, Ivan Zalutskiy, Petro-Bogdan Krypyakevych, Fedir Derkach, Volodymyr Telegus (1960, from the archive of the DIOC).

На конференції заслухали 127 доповідей, у тім числі 20 доповідей співробітників кафедри. Відповідальним редактором збірника тез доповідей був Петро-Богдан Крип'якевич. Ця конференція мала успіх, її почали проводити регулярно, кожні три-чотири роки і лише у Львові. Відтоді організовано та проведено 14 Конференцій з кристалохімії інтерметалічних сполук (п'ять всесоюзних: у 1971, 1974, 1978, 1983, 1989 роках зі запрошенням іноземних учених і дев'ять міжнародних – International Conference on Crystal Chemistry of Intermetallic Compounds у 1995, 1999, 2002, 2005, 2007, 2010, 2013, 2016, 2019 роках). До участі у конференції зазвичай зголошуються близько двох сотень учасників з усього світу.

Петро-Богдан Крип'якевич був учасником перших трьох конференцій, і не тільки як редактор збірника тез, а й як лектор, виступав із пленарними доповідями: “Політипія, гомеотіпія та гомологія структурних рядів $Zr_4Al_3-MgZn_2$ і $MgZn_2-CaCu_5$ ”, “Залежність середнього координаційного числа в структурах родин сигма-фази від вмісту атомів з ікосаедричною координацією” (1971), “Деякі питання систематики структурних типів інтерметалічних сполук” (1974), “Переходи між структурними типами, що супроводжуються диспропорціонуванням координаційного числа” (1978).

У 1977 році Петро-Богдан Крип'якевич опублікував монографію – “Структурні типи інтерметалічних сполук” [7], в якій проаналізовано відомі тоді систематики типів кристалічних структур та викладено власний принцип систематики. Такий

принцип полягав у визначенні критерію, який мав відображати взаємодію між атомами в структурах і найкращим критерієм, на думку Петра-Богдана Крип'якевича, є координація атомів.



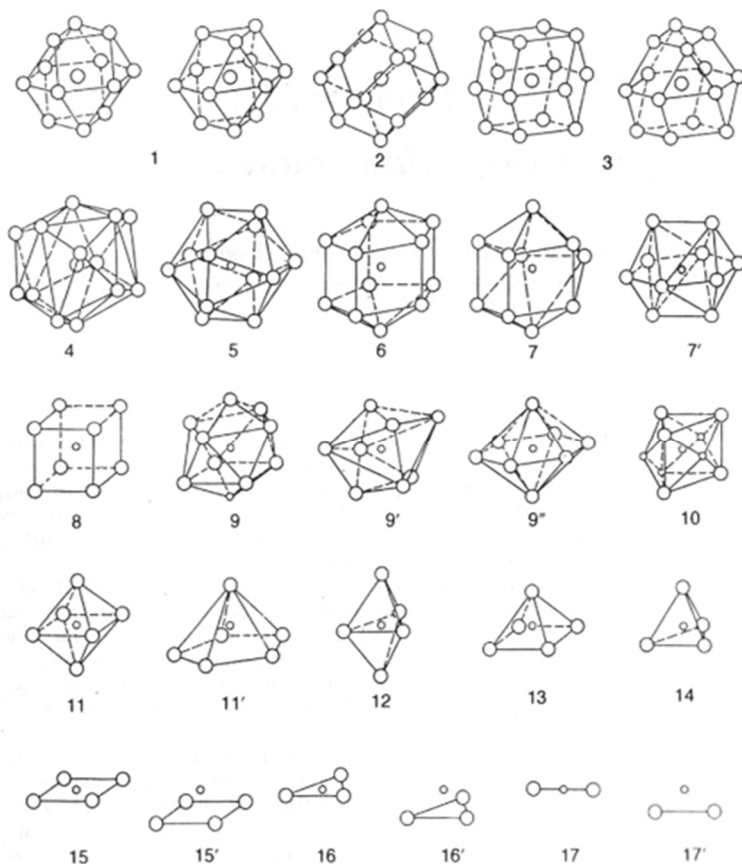
Євген Гладішевський і Петро-Богдан Крип'якевич дискутують про кристалохімію з колегою Ервіном Парте з Женевського університету (Львів, 1972 рік).

Evgen Gladyshevskii and Petro-Bogdan Krypyakevych discuss crystal chemistry with their colleague Erwin Parthé from the University of Geneva (Lviv, 1972).

У першій частині монографії подано огляд структурних типів, що були систематизовані, а в другій частині – аналіз спорідненостей між типами, які існують незалежно від того, до якого класу систематики ці типи зачислені.

Створена Петром-Богданом Крип'якевичем систематика структурних типів інтерметалічних сполук загальноновизнана серед науковців та зміцнила авторитет Львівської наукової школи “Кристалохімія” у світі. Вона і сьогодні має надзвичайно важливе значення. У кожній дисертаційній роботі – чи то докторській, чи то кандидатській, виконаній на кафедрі неорганічної хімії Львівського університету, систематика розвивається і доповнюється.





Систематика структурних типів інтерметалічних сполук за координацією атомів.

Systematization of structure types of intermetallic compounds according to the coordination.

Класи:

- 1 – кубооктаедр і антикубооктаедр (координаційне число – КЧ = 12);
- 2 – ромбододекаедр (КЧ = 14);
- 3 – 14-вершинники (КЧ = 14);
- 4 – 13-вершинник (КЧ = 13);
- 5 – ікосаедр (КЧ = 12);
- 6 – 12-вершинник (комбінація пентагональної призми і пентагональної дупіраміди, КЧ = 12);
- 7 – 10-вершинник (ікосаедр без двох вершин, КЧ = 10);
- 7' – 10-вершинник (КЧ = 10);
- 8 – дефектний ромбододекаедр, куб (КЧ = 8);
- 9 – тетрагональна антипризма та її похідні з однією або двома додатковими вершинами (КЧ = 8 ÷ 10);
- 9' – 8-вершинник (КЧ = 8);

- 9'' – гексагональна дипіраміда (КЧ = 8);
 10 – тригональна призма та її похідні з 1–5 додатковими вершинами (КЧ = 6 ÷ 11);
 11 – октаедр (КЧ = 6);
 11' – пентагональна піраміда (КЧ = 6);
 12 – тригональна дипіраміда (КЧ = 5);
 13 – тетрагональна піраміда (КЧ = 5);
 14 – тетраедр (КЧ = 4);
 15 – квадрат (центральний атом в центрі або навпроти центра чотирикутника, КЧ = 4);
 16 – трикутник (центральний атом в центрі або навпроти центра трикутника, КЧ = 3);
 17 – лінійна або кутова координація (КЧ = 2).

Петро-Богдан Крип'якевич зробив вагомий внесок у розвиток вітчизняної та світової науки в галузі кристалохімії неорганічних сполук. Крім монографії, він є автором чи співавтором 236 наукових праць, які широко відомі світовій науковій спільноті.

Одним із показників рейтингу науковця є цитованість його праць. Сьогодні це ілюструє індекс Гірша (h-індекс), який розраховується у наукометричній базі даних Scopus. Однак у цій базі враховані не всі статті, а статистика цитування статей розпочинається лише з певного року. Індекс Гірша Петра-Богдана Крип'якевича становить 8 при 17 статтях і загальній кількості цитувань 143. Найбільша кількість цитувань спостерігалась у 2022 році – 15 цитувань. Найбільш цитованою є стаття “Кристалічна структура CeFeSi і споріднених сполук” у Журналі структурної хімії у співавторстві з Оксаною Бодак та Євгеном Гладишевським [18]. У цій



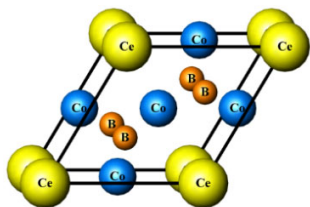
статті автори визначили структуру сполуки CeFeSi , що належить до типу PbFC1 , та побудували карту розподілу сполук за співвідношенням параметрів комірки та різницею в радіусах атомів. Такі карти допомагають цілеспрямовано підійти до синтезу нових сполук. Цю публікацію вже п'ять разів цитували у 2022 році.

Наукові дослідження Петра-Богдана Крип'якевича – це ґрунтовний аналіз і опис структурних типів інтерметалічних сполук, розгляд взаємозв'язків між структурними типами, що дають змогу запропонувати усі можливі способи переходу одних типів в інші.

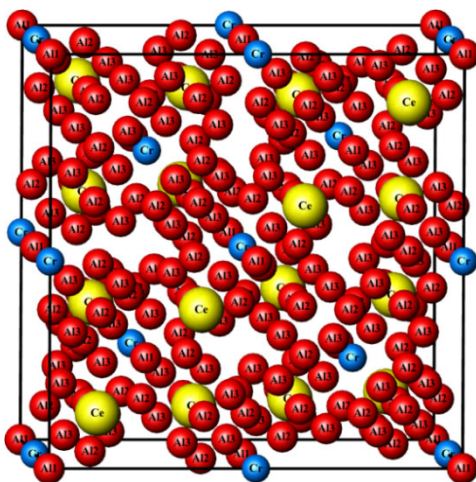
Згідно з Pearson's Crystal Data [19] – базою даних кристалічних структур неорганічних сполук – 51 хімічний елемент входить до складу сполук, які досліджував Петро-Богдан Крип'якевич.

Його науковий доробок становить 0,2 % від загальної кількості інформації зазначеної в базі. За кількістю результатів, представлених у цій базі, він посідає 116 позицію із майже 124 000 авторів.

Загалом у цій базі міститься 701 введення, що відповідають 589 фазам, які були вивчені Петром-Богданом Крип'якевичем. Кристалічні структури цих фаз належать до 125 структурних типів, з яких 31 – відкритий ним. Серед типів, відкритих Петром-Богданом Крип'якевичем, є прості: такі, що містять 6 атомів на елементарну комірку – гексагональна структура CeCo_3B_2 [20], але є й складні з 184 атомами в елементарній комірці – кубічна структура $\text{CeCr}_2\text{Al}_{20}$ [21]. Обидві ці структури впорядковані.



CeCo_3B_2
 $hP6, P6/mmm$
 $a = 5,057, c = 3,036 \text{ \AA}$


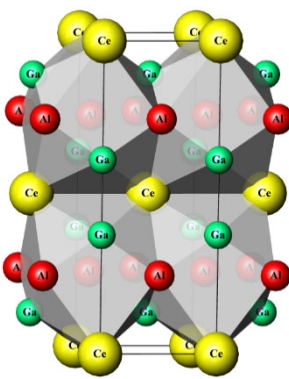

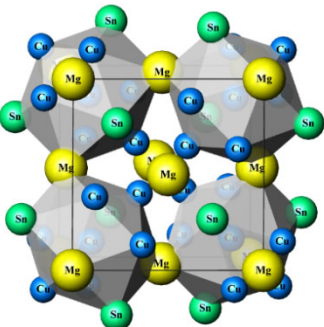

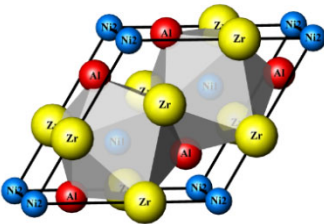


$\text{CeCr}_2\text{Al}_{20}$
 $cF184, Fd-3m$
 $a = 14,44 \text{ \AA}$

Серед типів, відкритих Петром-Богданом Крип'якевичем, варто виокремити п'ять, які сьогодні мають найбільше представників. Понад 100 ізоструктурних сполук відомо для структурних типів: CeMn_4Al_8 [22] – 111, $\text{CeCr}_2\text{Al}_{20}$ [21] – 196, MgCu_4Sn [23] – 220, ZrNiAl [3] – 772. Для структури типу CeAl_2Ga_2 [2], що є надструктурою до типу BaAl_4 , відомо про існування 1084 ізоструктурних сполук. Структурний тип CeAl_2Ga_2 – це один із найбільш поширених структурних типів серед інтерметалічних сполук. Більше представників відомо тільки для структурних типів NaCl (1569) та MgCu_2 (1246) [19].

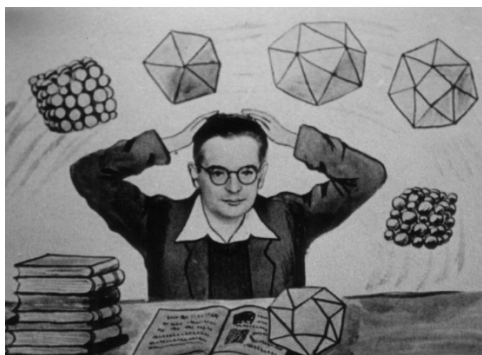
Застосовуючи систематику структурних типів П.-Б. Крип'якевича, відкриті ним структурні типи можна зачислити до трьох із 17 класів систематики:

- **клас 5:** 19 структурних типів – структури з ікосаедричною координацією менших за розміром атомів $3d$ -металів від Cr до Zn та p -елементів III періоду Al та Si ;
- **клас 10:** 8 структурних типів – структури із тригонально-призматичною координацією менших за розміром атомів Ni , Cu , B та C ;
- **клас 1:** 4 структурні типи – структури з кубооктаедричною координацією атомів Al .

<p>клас 1</p> 	 <p>CeAl₂Ga₂, <i>tI10</i>, <i>I4/mmm</i>, <i>a</i> = 4,229, <i>c</i> = 11,14 Å [2]</p>	<p>HoAl₃, <i>hR60</i>, <i>R-3m</i> CeAl₂Ga₂, <i>tI10</i>, <i>I4/mmm</i> ZrNi₂Al₅, <i>tI16</i>, <i>I4/mmm</i> LaAl₄, <i>oI30</i>, <i>Imm2</i></p>
<p>клас 5</p> 	 <p>MgCu₄Sn, <i>cF24</i>, <i>F-43m</i>, <i>a</i> = 7,044 Å [23]</p>	<p>Ce₃Ni₆Si₂, <i>cI44</i>, <i>Im-3m</i> Nb₅Ni, <i>cF96</i>, <i>Fd-3m</i> Mn₃Ni₂Si, <i>cF96</i>, <i>Fd-3m</i> CeCr₂Al₂₀, <i>cF184</i>, <i>Fd-3m</i> MgCu₄Sn, <i>cF24</i>, <i>F-43m</i> Li_{0,11}MgZn_{1,89}, <i>hP84</i>, <i>P6₃/mmc</i> LiMg₂Zn₃, <i>hP96</i>, <i>P6₃/mmc</i> Ce₂Mn₇Al₁₀, <i>hR57</i>, <i>R-3m</i> Ce₂Co₁₅Al₂, <i>hR57</i>, <i>R-3m</i> Ce₃Zn₂₂, <i>tI100</i>, <i>I4₁/amd</i> CeMn₄Al₈, <i>tI26</i>, <i>I4/mmm</i> Nb₄Co₃Si₇, <i>tI56</i>, <i>I4/mmm</i> Mo₃CoSi, <i>tI56</i>, <i>I-4c2</i> Nb₂Cr₄Si₅, <i>oI44</i>, <i>Ibam</i> Mn₁₄(Mn_{0,11}Co_{0,64}Si_{0,25})₂₃, <i>oP74</i>, <i>Pnmm</i> W₂FeSi, <i>oP26</i>, <i>Pbam</i> PrCo₂Ga, <i>oP8</i>, <i>Pmmm</i> V₂(Co_{0,57}Si_{0,43})₃, <i>mS50</i>, <i>C2/m</i> Mg₄Zn₇, <i>mS110</i>, <i>C2/m</i></p>
<p>клас 10</p> 	 <p>ZrNiAl, <i>hP9</i>, <i>P-62m</i> <i>a</i> = 6,917, <i>c</i> = 3,472 Å [3]</p>	<p>LiCu₂Sn, <i>hP8</i>, <i>P6₃/mmc</i> CeCo₃B₂, <i>hP6</i>, <i>P6/mmm</i> ZrNiAl, <i>hP9</i>, <i>P-62m</i> ZrCo₃B₂, <i>hR54</i>, <i>R-3</i> (Re,Co)₇B₄, <i>tP22</i>, <i>P4/mbm</i> (V_{0,3}Cr_{0,7})₃C_{1,44}, <i>oS20</i>, <i>Cmcm</i> NbCoB, <i>oP30</i>, <i>Pmmm</i> Cr₃AlB₄, <i>oP8</i>, <i>Pmmm</i></p>

За 30 років самовідданої праці у Львівському університеті Петро-Богдан Крип'якевич виховав не одне покоління науковців, безпосередньо був керівником кандидатських дисертацій 12 аспірантів і співробітників кафедри. Під його керівництвом виконували дисертації: Олег Заречнюк (захист у 1964 році), Володимир Протасов (1965), Михайло Теслюк (1965), Василь Марків (1966), Вікторія Євдокименко (1967), Іван Залуцький (1968), Дмитро Франкевич (1969), Галин Олексів (Кирчів) (1970), Веніаміна Бурнашова (1970), Ярослав Ярмолюк (1972), Ореста Залуцька (1974), Елеонора Мельник (1975).

У спогадах колеги та учні Петра-Богдана Крип'якевича згадували про шляхетність родини Крип'якевичів, привітність, доброзичливість. Вже в першу мить знайомства відчувався дух взаємної поваги, розуміння та підтримки. Вся оточуюча їх атмосфера була наповнена духовністю. У цій атмосфері зростала й племінниця Петра-Богдана Івановича – Іванка, сьогодні відома художниця, іконописиця, майстрина сакрального мистецтва.



Дружній шарж “Голова йде обертом”.

Friendly cartoon “The head is spinning”.



Авторка екслібрису: українська художниця-графік Стефанія Гебус-Баранецька.

Bookplate by the Ukrainian graphic artist Stefaniya Gebus-Baranetska.

Петро-Богдан Крип'якевич присвятив своє життя кристалохімії. Був переконаний, що етика науки полягає в дотриманні таких норм наукової діяльності: чистота проведення експерименту, наукова сумлінність у теоретичних дослідженнях, високий професіоналізм, безкорисливий пошук і відстоювання істини. Навіть його екслібрис має кристалохімічну нотку, характеризується симетрією, на ньому зображено відкриту книгу з упаковкою куль-атомів. Петро-Богдан Крип'якевич не обмежувався лише наукою, мав багато різносторонніх захоплень: шахи, музика, образотворче мистецтво, філателія, історія, література. Його улюблений вірш Івана Франка “Встане славна Мати Україна”, вперше говорений у Києві у 1898 році, і сьогодні надзвичайно актуальний.

Кожний думай: тут, в тім місці,
Де стою я у вогни,
Важиться тепер вся доля
Величезної війни;

...

Як подамся, не достою,
Захитаюся мов тїнь, –
Пропаде кривава праця
Многих, многих поколінь.



На засіданні кафедри неорганічної хімії та хемічної комісії Наукового товариства ім. Шевченка, присвячене 100-річчю від дня народження Петра-Богдана Крип'якевича.

Вгорі зліва: Олександра Крип'якевич, вгорі справа: Роман Гладишевський, внизу: Світлана Пукас (Львів, 2023 рік).

From the meeting of the Department of Inorganic Chemistry and the Chemical Commission of the Shevchenko Scientific Society, dedicated to the 100th anniversary of the birth of Petro-Bogdan Krypyakevych. Top left: Oleksandra Krypyakevych, top right: Roman Gladyshevskii, bottom: Svitlana Pukas (Lviv, 2023).

У 2003 році до 80-річчя від дня народження Петра-Богдана Крип'якевича видано бібліографічний довідник [24]. У 2023 році на хімічному факультеті Львівського національного університету імені Івана Франка відбулося спільне засідання кафедри неорганічної хімії та хемічної комісії Наукового товариства ім. Шевченка, присвячене 100-річчю від дня народження Петра-Богдана Крип'якевича. У заході взяла участь Олександра Крип'якевич – дружина Романа, брата Петра-Богдана – художниця декоративного стилю, громадська діячка, членкиня Спілки художників України. На засіданні проректор з наукової роботи Львівського національного університету імені Івана Франка, академік НАН України, професор Роман Гладисhevський ознайомив учасників із передісторією, зародженням і розвитком Львівської наукової кристалохімічної школи й акцентував увагу на внеску Петра-Богдана Крип'якевича у становлення Школи. Про життєвий шлях видатного кристалохіміка Петра-Богдана Крип'якевича розповіла кандидатка хімічних наук, доцентка кафедри неорганічної хімії Світлана Пукас.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Villars P., Cenzual K., Daams J.L.C., Hulliger F., Okamoto H., Osaki K., Prince A., Iwata S.* Pauling File, Inorganic Materials Database and Design System, Binaries Edition. – Crystal Impact (Distributor), Bonn, Germany, 2001.
2. *Zarechnyuk O.S., Krypyakevych P.I., Gladyshevskii E.I.* Ternary intermetallic compounds with a BaAl₄-type superlattice. *Phys. Crystallogr.* 1965. Vol. 9. P. 706–708.
3. *Krypyakevych P.I., Markiv V.Ya., Melnyk E.V.* Crystal structures of ZrNiAl, ZrCuGa compounds and their analogues. *Dopov. Akad. Nauk Ukr. RSR. Ser. A.* 1967. No. 8. P. 750–753. (in Ukrainian).
4. *Chaban N.F., Kuzma Yu.B., Bilonizhko N.S., Kachmar O.O., Petriv N.V.* Ternary systems (Nd,Sm,Gd)–Fe–B. *Dopov. Akad. Nauk Ukr. RSR. Ser. A.* 1979. No. 5. P. 873–875. (in Ukrainian).
5. *Bodak O.I., Gladyshevskii E.I., Krypyakevych P.I.* Crystal structure of the compound CeNi₂Si₂ and isostructural compounds in related systems. *Inorg. Mater.* 1966. Vol. 2. P. 1861–1864.
6. *Muratova L.O., Bodak O.I., Gladyshevskii E.I.* System gadolinium–germanium–silicon. *Visn. Lviv. Univ., Ser. Khim.* 1975. Vol. 17. P. 30–32 (in Ukrainian).
7. *Krypyakevych P.I.* Structure Types of Intermetallic Compounds. – Nauka, 1977. 288 p. (in Russian).
8. *Gladyshevskii E.I.* Crystal Chemistry of Silicides and Germanides. – *Metalurgiya*, 1971. 296 p. (in Russian).
9. *Gladyshevskii E.I., Bodak O.I.* Crystal Chemistry of Intermetallic Compounds of Rare-Earth Metals. – *Vyshcha Shkola*, Lviv, 1982. 255 p. (in Russian).
10. *Villars P., Cenzual K., Daams J., Gladyshevskii R., et al.* Crystal Structures of Inorganic Compounds. – Springer-Verlag, Berlin, Germany, 2004–2012. 5688 p.
11. *Lima-de-Faria J.* (Ed.). *Historical Atlas of Crystallography.* – Kluwer Academic Publ., Dordrecht, Netherlands, 1990. 158 p.
12. *Krypyakevych P.* Electrolytic conductivity and intermolecular interaction. *Scientific works of students of Lviv University.* 1948. No. 1. P. 83–100. (in Russian).
13. *Cherkashyn E.E., Krypyakevych P.I.* Classification of intermediate phases from the point of view of chemical individuality. *Vidom. Sec. Fiz.-Khim. Analizu Akad. Nauk SRSR.* 1949. No. 19. P. 443–451. (in Russian).

14. *Krypyakevych P.I., Gladyshevskii E.I., Cherkashyn E.E.* Crystal structure of the CuMgSn ternary phase. *Dopov. Akad. Nauk SRSR. Ser. A.* 1950. Vol. 75(2). P. 205–207. (in Russian).
15. *Krypyakevych P.I.* Research on the crystal chemistry of metallic compounds with high coordination numbers. *Avtoref. dys. na zdobuttya nauk. stupenya. kandydata khim. nauk.* Lviv, 1957. 12 p. (in Russian).
16. *Krypyakevych P.I.* Structure types of intermetallic compounds. *Avtoref. dys. na zdobuttya nauk. stupenya. doktora khim. nauk.* Lviv, 1972. 38 p. (in Russian).
17. *Bodak O.I., Gladyshevskii E.I., Krypyakevych P.I.* Crystal structure of CeFeSi and related compounds. *J. Struct. Chem.* 1970. Vol. 11. P. 283–288. (<https://doi.org/10.1007/BF00745235>).
18. *Yarmolyuk Ya.P., Krypyakevych P.I.* On average weighted coordination numbers and the genesis of structures with the closest packing of atoms of unequal size and normal coordination polyhedra. *Phys. Crystallogr.* 1974. Vol. 19. P. 539–545.
19. *Villars P., Cenzual K.* (Eds.). *Pearson's Crystal Data, Crystal Structure Database for Inorganic Compounds, Release 2021/22.* – ASM International, Materials Park, OH, USA, 2021.
20. *Kuzma Yu.B., Krypyakevych P.I., Bilonizhko N.S.* Crystal structure of the CeCo₃B₂ compound and its analogues. *Dopov. Akad. Nauk Ukr. RSR. Ser. A.* 1969. No. 10. P. 939–941. (in Ukrainian).
21. *Krypyakevych P.I., Zarechnyuk O.S.* Compounds RCr₂Al₂₀ in the systems of rare earth metals and calcium and their crystal structures. *Dopov. Akad. Nauk Ukr. RSR. Ser. A.* 1968. No. 4. P. 364–367. (in Ukrainian).
22. *Krypyakevych P.I., Zarechnyuk O.S.* Crystal structures of ternary compounds in the systems cerium-transition metal-aluminum. *Phys. Crystallogr.* 1963. No. 7. P. 436–446.
23. *Gladyshevskii E.I., Krypyakevych P.I., Teslyuk M.Yu.* Crystal structure of the ternary phase Cu₄MgSn. *Dokl. Akad. Nauk SSSR.* 1952. Vol. 85. P. 81–84. (in Russian).
24. *Gladyshevskii E., Pukas S., Lyaskovska N., Romaniv O., Lutsyshyn Yu.* (Eds.). *Petro-Bogdan Ivanovych Krypyakevych (1923–1980). Bibliographic guide.* – Gran, Ivano-Frankivsk, 2005. 124 p. (in Ukrainian).

SUMMARY

Roman GLADYSHEVSKII, Svitlana PUKAS

PETRO-BOGDAN KRYPYAKEVYCH: FOUNDATION OF LVIV SCIENTIFIC SCHOOL ON CRYSTAL CHEMISTRY

*Ivan Franko National University of Lviv,
Kyryla i Mefodiya St., 6, 79005 Lviv, Ukraine
e-mail: svitlana.pukas@lnu.edu.ua*

The Scientific School “Crystal Chemistry”, which is established at the Department of Inorganic Chemistry at the Ivan Franko National University of Lviv, is well-known all over the world for their contributions in the field of crystal chemistry of intermetallic compounds. The activities cover studies of the interaction of components in metallic systems, phase diagrams, crystal structures, chemical and physical properties, and applications. The School was founded 60 years ago, by Evgen Cherkashyn, Evgen Gladyshevskii, and Petro-Bogdan Krypyakevych. Since the foundation of the School, scientists have investigated interactions involving more than 70 different chemical elements in about 3,000 multicomponent systems: constructed isothermal sections of the phase diagrams of 1,400 systems, confirmed or revealed the formation and determined the crystal structures of 6,700 compounds, and discovered 520 new structure types. The analysis of the large amount of experimental material and various theoretical data on the crystal structures of intermetallic compounds made it possible to deduce a number of important crystal chemical regularities among intermetallic compounds. Petro-Bogdan Krypyakevych proposed a universally recognized method to systematize the structure types of intermetallic compounds based on the coordination of the atoms, which is included in the International Historical Atlas of Crystallography. Evgen Gladyshevskii and his successor Oksana Bodak

systematized the relationships between structure types and the transformations of one type into another. Other members extended the work to other classes of compounds: Maryan Myskiv formed a direction on crystal chemistry of complex compounds of copper(I) halides with organic ligands, Volodymyr Pavlyuk initiated research on hydrides – hydrogen accumulators, and Roman Gladyshevskii, in addition to contributing to the systematization of structure types of inorganic compounds, extended the research to superconducting oxides with high critical temperature. The contributions of Lviv Scientific School on Crystal Chemistry can be estimated to 20 % of the world achievements in the field of crystal chemistry of intermetallic compounds. The total number of scientific publications of the department reached 5,500 in 2023, including 56 monographs and handbooks. Scientists of the School are also the coauthors of 153 copyright certificates and patents. Under the scientific direction of the School, 191 doctors in chemical sciences (165 Ph.D., 26 Prof.) have been formed, and eleven members of the School are laureates of the State Prize of Ukraine in the field of science and technology.

Keywords: crystal chemistry, inorganic chemistry, materials science, crystal structure, structure type, scientific school.

Стаття надійшла: 25.06.2023.
Після доопрацювання: 28.08.2023.
Прийнята до друку: 29.09.2023.