

Реферат роботи

«Нові матеріали на основі багатоконпонентних халькогенідів A^I (Cu, Ag), D^{IV} (Si, Ge, Sn), D^{II} (Fe, Mn, Co, Ni) та PЗМ: кристалічна структура та властивості»»

Робота «Нові матеріали на основі багатоконпонентних халькогенідів A^I (Cu, Ag), D^{IV} (Si, Ge, Sn), D^{II} (Fe, Mn, Co, Ni) та PЗМ: кристалічна структура та властивості» присвячена вивченню впливу структурних елементів на властивості синтезованого матеріалу. У роботі синтезовано кристалічні структури різних типів, що дозволяє зробити широко спектральний аналіз структурних елементів і впливу їх на властивості. Досліджено неординарні поведінкові характеристики різних структур в процесі легування рідкісноземельними металами. Найбільш важливим є встановлення взаємозв'язку між другою координаційною сферою та термоелектричними і оптичними властивостями.

Наукова новизна: вперше досліджено кристалічну структуру наступних фаз: $Tl_2B^{II}D^{IV}X_4(B^{II}-Cd, Hg; D^{IV}-Si, Ge; X-Se, Te)$, $R_3Co(Ni)_{0.5}SiS_7$ ($R - Ce, Pr$), $Cu_2MHf_3S_8$ ($M \rightarrow Mn, Fe, Co, i Ni$), $R'_xR''_yR'''_zPbSi_2S_8$ ($R' - La, R'' - Tb, R''' - Er$), $La_3Pb_{0.1}Ga_{1.6}Se_7$, $Pr_3Pb_{0.1}Ga_{1.6}Se_7$, $AgBi_{1-x}Sb_xS_2$ ($x = 0-1$), $Cu_2CoSnS_{4-x}Se_x$, $Cu_{8-x}Ge_{1-x}P_xS_6$, $Ag(Cu)_2CdHf_3S_8$, $Ag_3SbS_3:Pr$, $Pr_3Ag_{4x}Ge_{1.25-x}Se_7$ ($x = 0,10; 0,15$), $R_3Ni_{0.5}SiS_7$ ($R - Y, Sm, La$); встановлено вплив ковалентної складової зв'язку на розподіл електронної густини у структурах $Cu_2MeHf_3S_8$ ($Me - Mn, Fe, Co, Ni$); встановлено області вирощування монокристалів тіогалатів у межах квазіпотрійної системи $HgS-Ga_2S_3-Bi(Sb)_2S_3$; утворення твердих розчинів заміщення $Cu_{8-x}Ge_{1-x}P_xS_6$ та $Ag_{8-x}Ge(Sn)_{1-x}P_xS_6$ зі зростанням температури значно розширює область високотемпературної кубічної фази (ПГ $Fm\bar{4}3$) та знижує температуру поліморфного переходу усіх вихідних сполук; термоелектрична добротність ZT досягає високого значення 0,75 для матеріалу $Cu_2CoSnSe_4$. Найкращі термоелектричні характеристики спостерігаються у випадку присутності двох валентних електронів на d -підрівні атомів в октаедричних пустотах, що є суттєвим для подальшого підвищення термоелектричних характеристик у тіошпінелях. Фази, що кристалізуються в просторових групах $R\bar{6}_3$ і R_3c володіють добротними нелінійно-оптичними властивостями.

Актуальність роботи: розвиток матеріалознавства є неможливий без розуміння впливу кристалічної структури на властивості речовини. Дослідження багатоконпонентних халькогенідів відкриває можливості для створення нових матеріалів з унікальними властивостями. Насамперед, ці матеріали є актуальними для різних галузей, таких як електроніка, енергетика, оптика тощо, оскільки проведені дослідження вказують на підвищення термоелектричних властивостей, оптичних характеристик, теплопровідності у халькогенідах A^I (Cu, Ag), D^{IV} (Si, Ge, Sn), D^{II} (Fe, Mn, Co, Ni) та PЗМ. Використання багатоконпонентних халькогенідів є більш екологічно чистим в порівнянні з іншими матеріалами, що містять токсичні складові. Як результат, це сприяє створенню більш сталого розвитку та зменшенню негативного впливу на довкілля. Отримані нові матеріали є перспективними для створення нових пристроїв, систем енергетичного збереження, сенсорів тощо.

Оригінальність: Всі речовини отримані вперше. Для фаз $\text{Cu}_2\text{MnF}_3\text{S}_8$ ($\text{M} \rightarrow \text{Mn, Fe, Co, i Ni}$) розроблена методика синтезу з подвійною переплавою і проміжковим контролем чистоти матеріалу. У роботі описано новий підхід опису властивостей речовин з точки зору другого координаційного оточення, що дозволяє використовувати макропідхід для прогнозування важливих характеристик під час синтезу матеріалів із заданими властивостями.

Обґрунтованість методології та методів дослідження: Макроскопічний підхід статистичного оцінювання матеріалу – це складова частина сучасного матеріалознавства. Отримання матеріалів у вакуумованих ампулах у муфельних печах з програмним керуванням дозволяє отримувати високоякісні нові матеріали, що мають практичне застосування. У роботі використано метод одно температурного синтезу з наступним гартуванням ампул (без їх розвакуування) у воді за кімнатної температури, що дозволяє стабілізувати кристалічну структуру та фіксувати її зміни за різних температурних показників. Дослідження отриманих матеріалів відбувалося з використанням сучасних підходів та методів. Зокрема, у роботі використано пакет програм CASTEP, в якому реалізовано метод псевдопотенціалу з основою у вигляді плоских хвиль; пакет програм WINCSD – для розрахунку кристалічної структури нових фаз; програму Vesta – для візуалізації кристалічної структури; Диференційно-термічний аналіз – для визначення температур плавлення речовин, побудови діаграм стану та ізотермічних перерізів відповідних систем; Scanning Electron Microscopy (SEM) – для дослідження складу отриманих матеріалів та характеру поверхні (виявлення дефектів, домішок, перевірка чистоти матеріалу, наявності границі зерен тощо); апаратне забезпечення NETZSCH SBA 458 Nemesis – для визначення коефіцієнта Зеєбека і питомого електричного опору; коефіцієнт теплопровідності було виміряно за допомогою приладу NETZSCH LFA 457; квантово-хімічні розрахунки проводилися за допомогою пакету програм Firefly QC, який базується на вихідному коді GAMESS; аналіз хімічного зв'язку для досліджуваних матеріалів проводили за значенням функції локалізації електронів (ELF); теоретичні результати обчислення смугової структури DFT були отримані за допомогою методу повнопотенційної розширеної плоскої хвилі + локальних орбіталей (FP-APW + lo), які є складовими пакету WIEN2k; структурні, електронні та оптичні властивості кристалів розглянуто в рамках розрахунків з використанням теорії функціоналу густини (DFT).

Основні ідеї роботи:

1. Встановити зв'язок між природою хімічного зв'язку отриманих кристалічних структур та присутністю легуючих наповнювачів;
2. Встановити вплив другого координаційного оточення на термоелектричні, оптичні та нелінійно-оптичні характеристики матеріалів;
3. Дослідити перехідні кристалічні структури, у яких високосторційні сегменти переходять у кубооктаедричне оточення з підвищенням симетрії речовини.

Основні науково-технічні результати роботи:

1. Проведено синтез нових фаз $\text{Tl}_2\text{B}^{\text{II}}\text{D}^{\text{IV}}\text{X}_4(\text{B}^{\text{II}}-\text{Cd, Hg; D}^{\text{IV}}-\text{Si, Ge; X}-\text{Se, Te}), \text{R}_3\text{Co}(\text{Ni})_{0,5}\text{SiS}_7$ ($\text{R} - \text{Ce, Pr}$), $\text{Cu}_2\text{MnF}_3\text{S}_8$ ($\text{M} \rightarrow \text{Mn, Fe, Co, i Ni}$),

- $R'_x R''_y R'''_z \text{PbSi}_2\text{S}_8$ (R' – La, R'' – Tb, R''' – Er), $\text{La}_3\text{Pb}_{0.1}\text{Ga}_{1.6}\text{Se}_7$, $\text{Pr}_3\text{Pb}_{0.1}\text{Ga}_{1.6}\text{Se}_7$, $\text{AgBi}_{1-x}\text{Sb}_x\text{S}_2$ ($x = 0-1$), $\text{Cu}_2\text{CoSnS}_{4-x}\text{Se}_x$, $\text{Cu}_{8-x}\text{Ge}_{1-x}\text{P}_x\text{S}_6$, $\text{Ag}(\text{Cu})_2\text{CdHf}_3\text{S}_8$, $\text{Ag}_3\text{SbS}_3:\text{Pr}$, $\text{Pr}_3\text{Ag}_{4x}\text{Ge}_{1.25-x}\text{Se}_7$ ($x = 0,10; 0,15$), $\text{R}_3\text{Ni}_{0.5}\text{SiS}_7$ (R – Y, Sm, La) з різною кристалічною структурою; Отримані фази $\text{Tl}_2\text{B}^{\text{II}}\text{D}^{\text{IV}}\text{X}_4$ (B^{II} –Cd, Hg; D^{IV} – Si, Ge; X–Se, Te) знайшли своє застосування для сонячної енергетики (DOI: [10.1016/j.jallcom.2023.170093](https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2023.170093)) в термоелектричних дослідженнях (DOI: [10.3390/ma15082843](https://doi.org/10.3390/ma15082843)), як нові напівпровідникові матеріали для оптоелектроніки (DOI: [10.1016/j.jssc.2021.122453](https://doi.org/10.1016/j.jssc.2021.122453)) тощо. Вони є добротними матеріалами, що за деякими показниками (недорого вартісними вихідними речовинами, опто- та термоелектричними характеристиками) не поступаються відомим аналогам з тетраедричною структурою (*Xu Luh and others, <https://doi.org/10.1002/aenm.201200650>; Morelli, Donald T., Lu, Xu, and Ozolins, Vidvuds. Thermoelectric materials based on tetrahedrite structure for thermoelectric devices. United States: N. p., 2017. Web*)
2. Для халькогенідних фаз $\text{Ce}_{0.5}\text{Tb}_{1.5}\text{PbSi}_2\text{S}_8$, $\text{Ce}_{0.5}\text{Y}_{1.5}\text{PbSi}_2\text{S}_8$, $\text{Ce}_{0.5}\text{Er}_{1.5}\text{PbSi}_2\text{S}_8$, $\text{Pr}_{1.5}\text{Tb}_{0.5}\text{PbSi}_2\text{S}_8$, $\text{Pr}_{1.5}\text{Y}_{0.5}\text{PbSi}_2\text{S}_8$ і $\text{Pr}_{1.5}\text{Er}_{0.5}\text{PbSi}_2\text{S}_8$ встановлено, що одночасне введення в структуру РЗМ з іонними радіусами, що суттєво відрізняються між собою, призводить до формування в кристалах структурних дефектів, які проявляються у вигляді певних особливостей в низькочастотній ділянці Раманівського спектру та в суттєвому збільшенні напівширини смуг в Раманівських спектрах.
 3. Аналіз другого координаційного оточення дає підстави стверджувати, що якщо лише 1/6 октаедричних і 2/8 тетраедричних пустот є заповненими, тоді під впливом зовнішніх чинників (наприклад температури) можна стимулювати міграцію атомів купруму. Завдяки цьому є можливість регулювання величини zT (коефіцієнта Зеєбека) та зменшувати рухливість заряджених частинок з ростом температури, що дозволяє отримувати матеріали, які є аналогами, наприклад, LiCuFeS_2 (DOI: [10.1524/zkri.2010.0000](https://doi.org/10.1524/zkri.2010.0000)), який використовують як катод.
 4. За результатами ДТА підтверджено гіпотезу про евтектичний характер утворення фази $\text{Cu}_2\text{HgSnS}_4$. Матеріал належить до вузькозонних напівпровідників, що актуальні для сонячної енергетики (<https://doi.org/10.1016/j.solener.2021.07.071>). Згідно з роботою Sumit Kukreti, матеріал має >17% фотоелектричної реакції з контрольованими дефектами.
 5. У тетрарних халькогенідах $\text{R}_3\text{Co}(\text{Ni})_{0.5}\text{SiS}_7$ (R – Ce, Pr) встановлено існування нескінченних ланцюжків $[\text{Co}(\text{Ni})_6\text{S}]_n$, що є важливим для електричних властивостей матеріалу. Подібні матеріали малодосліджені світовою науковою спільнотою. Виходячи з будови матеріалу, вони є нецентросиметричними, а отже, можуть володіти нелінійно-оптичними властивостями.
 6. Матеріали на основі $\text{Cu}_2\text{M}\text{Hf}_3\text{S}_8$ ($M \rightarrow \text{Mn, Fe, Co, i Ni}$) характеризуються досить низькою термоелектричною провідністю і є новими перспективними функціональними матеріалами з низькою ґратковою

- теплопровідністю. Такі матеріали є аналогами відому матеріалу дослідженому в роботі *Narottam P. Bansal i Dongming Zhu* (DOI: [10.1016/j.ceramint.2004.09.018](https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2004.09.018)).
7. Матеріали на основі $R'_x R''_y R'''_z \text{PbSi}_2 \text{S}_8$ ($R' - \text{La}$, $R'' - \text{Tb}$, $R''' - \text{Er}$) є новим типом матеріалів з можливістю взаємного заміщення РЗМ, що є важливим для різних технологій. Відомо, що отримання чистих РЗМ є складним і дорого вартісним завданням, що викладане труднощами розділення двох або трьох РЗМ. Можливість синтезу матеріалів з одночасною присутністю трьох РЗМ є важливим фактом здешевлення технології отримання нецентросиметричних матеріалів, у яких можна прогнозовано отримувати задані термоелектричні показники. Атоми РЗМ з високим координаційним числом значно покращують термоелектричні характеристики. Гіпотезу підтверджує робота *Wan-Yu Liu* (<https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.137278>).
 8. Доволі часто виникає проблема синтезу матеріалів з високою чистотою. У роботі «Вплив заміщення $\text{Bi} \rightarrow \text{Sb}$ на структурні зміни в межах твердого розчину $\text{AgBi}_{1-x}\text{Sb}_x\text{S}_2$ ($x = 0-1$)» наведено взаємозв'язок позитивного впливу ізовалентного заміщення на чистоту матеріалу. Заміщення атомів з меншим радіусом на атоми з більшим радіусом дозволяє зменшити існуючі пустоти і, відповідно, можливість домішкових включень у структуру. Також ретельним підбором атомів для ізовалентного заміщення, можна переконатися, що заміщені атоми мають подібні розміри та валентності до вихідних атомів у кристалічній решітці. Це зводить до мінімуму порушення структури решітки та зменшує ймовірність введення домішок, які можуть погіршити чистоту матеріалу. Така поведінка матеріалу підтверджена також науковцями *Hui Suna, Xu Lub and Donald T. Morelli* у роботі (*Isovalent substitutes play in different ways: effects of isovalent substitution on the thermoelectric properties of $\text{CoSi}_{0.98}\text{B}_{0.02}$*).
 9. Заміщення, що стосуються аніонної підґратки, є важливим питанням у способі покращення термоелектричних властивостей. Досліджений матеріал $\text{Cu}_2\text{CoSnS}_{4-x}\text{Se}_x$, що був отриманий вперше, показав, що заміна атомів S атомами Se призводить до кращої симетрії у кристалічній структурі та вищої рухливості носіїв у зразках із вищим вмістом селену. Ця робота демонструє, що кристалічна симетрія та неоднорідність зв'язку відіграють важливу роль у транспортних властивостях матеріалів DLS і забезпечують шлях для розробки нових перспективних матеріалів для перетворення енергії. Подібні матеріали широко застосовуються в сонячній енергетиці, зокрема, інститутом ЕМПА, Швейцарія (<https://www.empa.ch/web/empa/thin-films-photovoltaics>).
 10. Дослідження електронної структури матеріалу, синтезованого на основі $\text{Cu}_2\text{HgGeS}_4$ показали, що модифікація НТ- $\text{Cu}_2\text{HgGeS}_4$ є прямозонним напівпровідником. Такі напівпровідникові матеріали є актуальними уже 10 років поспіль. Про що свідчать роботи світових вчених *Ascension Murciego, M. Inmaculada Pascua та ін.*
 11. Нелінійно-оптичні матеріали для лазерів нічного бачення – це важлива тема на тлі російської агресії в Україні. Матеріали на основі

$\text{Ag}_3\text{As}(\text{Sb})\text{S}_3$:РЗМ є важливою складовою таких досліджень. На основі проведеного аналізу кристалічної структури та другого координаційного оточення, було встановлено, що додавання легуючої компоненти РЗМ підвищує поріг руйнування такого матеріалу. Ця проблематика була освітлена в роботі Bardsley W (<https://doi.org/10.1007/BF01476789>). У роботі *Band Structure Calculation and Optical Properties of Ag_3AsS_3 Crystals* вдалося знайти спосіб вирішення проблеми за рахунок введення легуючої компоненти РЗМ.

За результатами представленої роботи опубліковано 10 статей в журналах, що входять до науково-метричних баз Scopus та Web of Science (Q1, Q2 і Q3, 8 статей – у вітчизняних фахових журналах категорії «Б» та 5 тез-доповідей на міжнародних та всеукраїнських конференціях.

К.х.н., старший викладач
Кафедри неорганічної та фізичної хімії

ВНУ ім. Лесі Українки



Олександр СМІТЮХ

Кількість публікацій за роботою: 10 статей в журналах, включених до категорії "А" (у т.ч. 7 зарубіжних виданнях) та 8 статей у журналах, включених до категорії "Б", 5 тез доповідей. Загальна кількість посилань на публікації авторів/h-індекс за роботою згідно з базами даних складає відповідно: Web of Science 24/3, Scopus 41/4, Google Scholar 65/4.

	Власне ім'я та прізвище кожного з авторів роботи (кількість рядків залежно від кількості авторів)	Згідно з базами даних за останні 5 років					
		Web of Science		Scopus		Google Scholar	
		кількість посилань/h-індекс		кількість посилань/h-індекс		кількість посилань/h-індекс	
1	Олександр СМІТЮХ	21	3	38	3	45	3

Перелік наукових публікацій, висунутих на присудження Премії

№з/п	Назва публікації	Вихідні дані/ реквізити публікації	Авторський доробок (кількісний показник)
1	2	3	4

I. Монографії/ підручники/ посібники/ методики/

-	-	-	-
---	---	---	---

II. Статті в журналах, включених до категорії "А" Переліку наукових фахових видань України та у закордонних виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus

№з/п	Назва	Вихідні дані/ реквізити публікації	Співавтори
1	Effect of the crystal structure and chemical bonding on the electronic and thermal transport in $Cu_2MeHf_3S_8$ (Me – Mn, Fe, Co, Ni) thiospinels	<i>Physics and chemistry of solid state</i> , 2023. V.24, No.2. pp.235-243(https://doi.org/10.15330/pcss.24.2.235-243)	Oksana Soroka, Oleg Marchuk
2	Structure Evolution and Bonding Inhomogeneity toward High Thermoelectric Performance in $Cu_2CoSnS_{4-x}Se_x$ Materials	<i>Chemistry of Materials</i> , 2023. 35. 4772-4785. (https://doi.org/10.1021/acs.chemmater.3c00586)	Taras Parashchuk, Oleksandr Cherniushok, Oleg Marchuk, Krzysztof T. Wojciechowski
3	Band structure calculation and optical properties of Ag_3AsS_3 crystal	<i>Physics and chemistry of solid state</i> . 2023. 24(1). 17-22. (https://doi.org/10.15330/pcss.24.1.17-22)	Rudysh M.Ya., Myronchuk G.L., Ponedelnyk S.M., Marchuk O.V.
4	New Quaternary Compounds $R_3Ni_{0.5}SiS_7$ (R – Y, Sm, La) with the	<i>Physics and Chemistry of Solid State</i> , 2022. V. 23, No. 4. pp. 640-646 (https://doi.org/10.15330/pcss.23.4.640-646)	Oleg Marchuk

	$\text{La}_3\text{Mn}_{0.5}\text{SiS}_7$ Structure		
5	High-temperature orthorhombic phase of $\text{Cu}_2\text{HgGeS}_4$: Electronic structure and principal optical constants as evidenced from the experiment and theory	<i>Journal of Solid State Chemistry</i> . 2022. Online 18 June. 123313 (https://doi.org/10.1016/j.jssc.2022.123313)	Tuan V.Vu, Marchuk O.V., Tkach V.A., Myronchuk D., Myronchuk G.L., Khyzhun O.Y.
6	Effect of rare-earth doping on the structural and optical properties of the Ag_3AsS_3 crystals	<i>Optical and Quantum Electronics</i> , 2022. 54(4). N.224. (https://doi.org/10.1007/s11082-022-03542-w)	Marchuk O.V., Kogut Y.M., Wojciechowski K.T., Fedorchuk A.O.
7	The Crystal Structure of $\text{La}_3\text{Pb}_{0.1}\text{Ga}_{1.6}\text{S}_7$ and $\text{Pr}_3\text{Pb}_{0.1}\text{Ga}_{1.6}\text{S}_7$ Compounds	<i>Physics and Chemistry of Solid State</i> , 2022. V. 23(No. 1). pp. 96-100. (https://doi.org/10.15330/pcss.23.1.96-100)	Blashko N.M., Marchuk O.V.
8	Crystal Structure and Thermoelectric Properties of Novel Quaternary $\text{Cu}_2\text{MHf}_3\text{S}_8$ (M-Mn, Fe, Co, and Ni) Thiospinels with Low Thermal Conductivity	<i>Chemistry of Materials</i> , 2022, Volume 34, Issue 5, Pages 2146 – 2160. (https://doi.org/10.1021/acs.chemmater.1c03593)	Cherniushok O., Tobola J., Knura R., Marchuk O.V., Parashchuk T., Wojciechowski K.T.
9	Crystal Structure of Chalcogenides $\text{R}'_x\text{R}''_y\text{R}'''_z\text{PbSi}_2\text{S}_8$ ($\text{R}' - \text{La}$, $\text{R}'' - \text{Tb}$, $\text{R}''' - \text{Er}$)	<i>Physics and Chemistry of Solid State</i> , 2021. V. 22(No. 4). pp. 621-629 (https://doi.org/10.15330/pcss.22.4.621-629)	Marchuk O.V., Prots Yu., Fedorchuk A.O.
10	Quasi-Ternary System Cu_2S - HgS - SnS_2	<i>Phase Equilib. Diffus.</i> , 2021. Vol. 42(2). P. 245-253. (https://doi.org/10.1007/s11669-021-00873-1)	Marchuk O.V., Kogut Y.M.
11	Synthesis and structure of the new semiconductor compounds $\text{Tl}_2\text{B}^{\text{II}}\text{D}^{\text{IV}}\text{X}^4$ ($\text{B}^{\text{II}} - \text{Cd}$, Hg ; $\text{D}^{\text{IV}} - \text{Si}$, Ge ; $\text{X} - \text{Se}$, Te) and isothermal sections of the $\text{Tl}_2\text{Se}-\text{CdSe}-\text{Ge}(\text{Sn})\text{Se}_2$ systems at 570 K	<i>J. Sol. St. Chem.</i> 289 (2020) 121422 (https://doi.org/10.1016/j.jssc.2020.121422)	Selezen A.O., Olekseyuk I.D., Myronchuk G.L., Piskach L.V.
III. Статті у наукових виданнях, включених до категорії "Б" Переліку наукових фахових видань України			
1	Вплив заміщення $\text{Bi} \rightarrow \text{Sb}$ на структурні зміни у межах твердого	<i>Наук. вісник Ужгород. ун-ту (Сер. Хімія)</i> , 2022, № 2 (48) с. 23-28. (https://doi.org/10.24144/2414-0260.2022.2.23-28)	Марчук О.В.

	розчину $\text{AgBi}_{1-x}\text{Sb}_x\text{S}_2$ ($x = 0-1$)		
2	Кристалічна структура $\text{La}_3\text{Pb}_{0.1}\text{Ga}_{1.6}\text{Se}_7$ та $\text{Pr}_3\text{Pb}_{0.1}\text{Ga}_{1.6}\text{Se}_7$	<i>Наук. вісник Ужгород. ун-ту (Сер. Хімія)</i> , 2022, № 2 (48) с. 10-15. (https://doi.org/10.24144/2414-0260.2022.2.10-15)	Блашко Н.М., Марчук О.В., Федорчук А.О.
3	Взаємодія по перерізах $\text{Cu}(\text{Ag})_7\text{PS}_6$ – $\text{Cu}(\text{Ag})_8\text{Ge}(\text{Sn})\text{S}_6$	<i>Проблеми хімії та сталого розвитку</i> , 2022. 4. 3–16. (https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-4-1)	Березнюк, О., Піскач, Л.
4	Кристалічна структура $\text{Pr}_3\text{Ag}_{4x}\text{Ge}_{1.25-x}\text{Se}_7$ ($x = 0.10; 0.15$)	<i>Вісник ОНУ. Хімія</i> , 2020. Т. 27. 3(83). с. 27-35. (https://doi.org/10.18524/2304-0947.2022.3(83).268609)	Блашко Н.М., Марчук О.В., Федорчук А.О.
5	Особливості кристалічної структури сульфідів $\text{Ag}(\text{Cu})_2\text{CdHf}_3\text{S}_8$	<i>Проблеми хімії та сталого розвитку</i> , 2022. 3. 84–90, doi: (https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-3-11)	Марчук, О. Панасюк, Н.
6	Кристалічна структура сульфідів $\text{R}_3\text{Co}(\text{Ni})_{0.5}\text{SiS}_7$ ($\text{R} = \text{Ce}, \text{Pr}$).	<i>Праці НТШ Хім. Науки</i> , 2021. Т. LXVI. С. 134–141 (https://doi.org/10.37827/ntsh.chem.2021.66.134)	Марчук О. В.
7	Система $\text{Ag}_2\text{S} - \text{SnS}_2 - \text{P}_2\text{S}_5$	<i>Вісник ОНУ. Хімія</i> , 2020. Т. 25. Вип. 4(76). с. 32-44. (http://dx.doi.org/10.18524/2304-0947.2020.4(76).216923)	Березнюк О. П., Олексеюк І. Д., Петрусь І. І.
8	Структурні дослідження халькогенідів $\text{Ce}_{0.5}\text{R}_{1.5}\text{PbSi}_2\text{S}_8$ та $\text{Pr}_{1.5}\text{R}_{0.5}\text{PbSi}_2\text{S}_8$ ($\text{R}' = \text{Tb}, \text{Y}, \text{Er}$)	<i>Наук. вісник Ужгород. ун-ту (Сер. Хімія)</i> , 2020. №1(43). с. 6-15. (https://doi.org/10.24144/2414-0260.2020.1.6-15)	Мельничук Х.О., Марчук О.В., Мазур Н.В., Юхимчук В.О.
IV. Виключно одноосібні статті в інших (ніж зазначені у пунктах III і IV) галузевих виданнях за темою роботи			
-	-	-	-
V. Тези доповідей (одноосібні)			
-	-	-	-
VI. Патенти України або інших країн на винахід, щодо яких претенденти є авторами/співавторами або власниками/співвласниками (з чинним за строком дії, відповідно до законодавства України)			
-	-	-	-
VII. Патенти на корисну модель України, промисловий зразок (для соціо-гуманітарних наук свідоцтв про реєстрацію авторського права на твір) чи інших отриманих охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності, щодо яких претенденти є авторами/співавторами або власниками/співвласниками (з чинним за строком дії)			
-	-	-	-
Кількість вітчизняних наукових проєктів та грантів, за якими працював претендент		як науковий керівник	як виконавець
		-	-
Кількість закордонних наукових проєктів та грантів, за якими працював претендент		як науковий керівник	як виконавець
		-	-