

Волинський національний університет
імені Лесі Українки

ПРОБЛЕМИ ХІМІЇ ТА СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Випуск 3



Видавничий дім
«Гельветика»
2022

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Гулай Любомир Дмитрович – доктор хімічних наук, професор, завідувач кафедри екології та охорони навколишнього середовища Волинського національного університету імені Лесі Українки (головний редактор);

Анічкіна Олена Василівна – кандидат педагогічних наук, доцент, завідувач кафедри хімії Житомирського державного університету імені Івана Франка;

Бедункова Ольга Олександрівна – доктор біологічних наук (03.00.16 – Екологія), доцент, професор кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства Національного університету водного господарства та природокористування;

Демянчук Михайло Ростиславович – доктор педагогічних наук, професор кафедри медико-профілактичних дисциплін та лабораторної діагностики Комунального закладу вищої освіти «Рівненська медична академія» Рівненської обласної ради;

Казаква Наталія Вікторівна – кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри педагогіки Хмельницької гуманітарно-педагогічної академії;

Калаур Світлана Миколаївна – доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри соціальної роботи та менеджменту соціокультурної діяльності, керівник Центру післядипломної освіти Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка;

Клименко Олександр Миколайович – доктор сільськогосподарських наук (03.00.16 – Екологія), професор, професор кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства Національного університету водного господарства та природокористування;

Когут Юрій Миколайович – кандидат хімічних наук, старший лаборант кафедри хімії та технологій Волинського національного університету імені Лесі Українки;

Лукащук Микола Миколайович – кандидат педагогічних наук, викладач з предметів хімія і біологія Комунального закладу вищої освіти «Рівненська медична академія» Рівненської обласної ради;

Марушко Лариса Петрівна – кандидат хімічних наук, доцент, декан факультету хімії, екології та фармацевції Волинського національного університету імені Лесі Українки;

Марчук Олег Васильович – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри хімії та технологій Волинського національного університету імені Лесі Українки;

Олексеюк Іван Дмитрович – доктор хімічних наук, професор, професор кафедри хімії та технологій Волинського національного університету імені Лесі Українки;

Піскач Людмила Василівна – кандидат хімічних наук, професор, професор кафедри хімії та технологій Волинського національного університету імені Лесі Українки;

Романишина Оксана Ярославівна – доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри інформатики та методики навчання Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка;

Романюк Ярослав Євгенійович – PhD, керівник наукової групи Швейцарської федеральної лабораторії матеріалознавства і технологій (ЕМРА) (Швейцарія);

Саліва Леся Миколаївна – кандидат хімічних наук, старший викладач кафедри органічної хімії та фармацевції Волинського національного університету імені Лесі Українки;

Сливка Наталія Юрївна – кандидат хімічних наук, доцент, завідувач кафедри органічної хімії та фармацевції Волинського національного університету імені Лесі Українки;

Смітюх Олександр Вікторович – кандидат хімічних наук, старший лаборант кафедри хімії та технологій Волинського національного університету імені Лесі Українки;

Сонько Сергій Петрович – доктор географічних наук (08.00.06 – Економіка природо-користування та охорони навколишнього середовища), професор, завідувач кафедри екології та безпеки життєдіяльності Уманського національного університету садівництва.

Стучинська Наталія Василівна – доктор педагогічних наук, кандидат фізико-математичних наук, професор, професор кафедри медичної і біологічної фізики та інформатики Національного медичного університету ім. О.О. Богомольця.

Тюріна Валентина Олександрівна – доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри соціології та психології Харківського національного університету внутрішніх справ;

Журнал ухвалено до друку Вченою радою
Волинського національного університету імені Лесі Українки
21 жовтня 2022 р., протокол № 13

Науковий журнал «Проблеми хімії та сталого розвитку» зареєстровано Міністерством юстиції України
(Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
серія KB № 24806–14746P від 27.04.2021 року)

«Проблеми хімії та сталого розвитку» включено до Переліку наукових фахових видань України категорії Б
у галузі природничих наук (спеціальності 101 – Екологія, 102 – Хімія) відповідно до Наказу МОН України
від 29.06.2021 No 735 (додаток 4).

Офіційний сайт видання: www.journals.vnu.volyn.ua/index.php/chemistry

Статті у виданні перевірені на наявність плагіату за допомогою програмного забезпечення StrikePlagiarism.com
від польської компанії Plagiat.pl.

ISSN 2786-4669 (Print)
ISSN 2786-4677 (Online)

© Волинський національний університет імені Лесі Українки, 2022

УДК 371.134:378.147:54

DOI <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-3-1>

Олена АНІЧКІНА

кандидат педагогічних наук, доцент, завідувач кафедри хімії, Житомирський державний університет імені Івана Франка, вул. Велика Бердичівська, 40, м. Житомир, Україна, 10008

ORCID: 0000-0003-4843-0707,

Scopus-Author ID: 57208511662

Ольга АВДЄЄВА

доктор філософії з галузі Освіта/ Педагогіка, асистент кафедри хімії, Житомирський державний університет імені Івана Франка, вул. Велика Бердичівська, 40, м. Житомир, Україна, 10008

ORCID: 0000-0001-6550-0776

Олена ЄВДОЧЕНКО

асистент кафедри хімії, Житомирський державний університет імені Івана Франка, вул. Велика Бердичівська, 40, м. Житомир, Україна, 10008

ORCID: 0000-0001-6338-5372

Бібліографічний опис статті: Анічкіна, О., Авдєєва, О., Євдоченко, О. (2022). Формування експериментальної компетентності майбутніх хіміків у процесі професійної підготовки в закладі вищої освіти. *Проблеми хімії та сталого розвитку*, 3, 3–12, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-3-1>

ФОРМУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНІХ ХІМІКІВ У ПРОЦЕСІ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ В ЗАКЛАДІ ВИЩОЇ ОСВІТИ

У статті теоретично доведено важливість і складність проблеми формування експериментальної компетентності майбутніх хіміків у процесі професійної підготовки в закладах вищої освіти. Здійснено аналіз Стандартів вищої освіти та освітніх програм підготовки із метою встановлення значення експерименту в професійній підготовці хіміків. На основі синтезу існуючих трактувань сформульовано визначення поняття експериментальної компетентності майбутніх хіміків. Із огляду на визначну роль експерименту в професійній діяльності хіміка та проведений аналіз літературних джерел схарактеризовано систему знань, умінь, навичок і мотивів необхідних хімікам для виконання професійних обов'язків. У ході емпіричного дослідження було визначено рівні сформованості експериментальної компетентності майбутніх хіміків (низький, середній, достатній, високий) на основі виділених компонентів (мотиваційний, когнітивний, операційний, діяльнісний) у відповідності до обраних критеріїв і відповідних їм показників. Для проведення педагогічного експерименту з визначення ефективності формування експериментальної компетентності майбутніх хіміків було розроблено його теоретичні засади і програму. Констатувальний етап експерименту полягав у визначенні сформованості експериментальної компетентності в хіміків на початковому етапі навчання. Його результати свідчать про наявність у більшості випускників лише середнього рівня її сформованості. Формувальний етап експерименту відбувався за розробленими етапами формування експериментальної компетентності майбутніх хіміків у процесі професійної підготовки і включав: орієнтацію на оволодіння експериментальною компетентністю; набуття теоретичної хімічної підготовки; опанування системою практичних умінь; формування первинного професійного досвіду застосування експериментальної компетентності. Ефективність формування експериментальної компетентності майбутніх хіміків за визначеними компонентами доведена за статистично значущими позитивними змінами рівнів. Достовірність одержаних результатів дослідження доведена з допомогою параметричного критерію порівняння відмінностей середніх величин (t-критерію Стьюдента) для незалежних вибірок.

Ключові слова: експериментальна компетентність, компоненти, рівні сформованості, критерії, показники, професійна підготовка хіміків, хімічний експеримент.

Olena ANICHKINA

PhD in Pedagogy, Associate Professor, Head of the Chemistry Department Zhytomyr Ivan Franko State University, 40, Velika Berdychivska Str., Zhytomyr, Ukraine, 10008

ORCID: 0000-0003-4843-0707

Scopus-Author ID: 57208511662

Olha AVDIEIEVA

Doctor of Philosophy in the field of Education/ Pedagogy, Assistant at the Chemistry Department, Zhytomyr Ivan Franko State University, 40, Velika Berdychivska Str., Zhytomyr, Ukraine, 10008

ORCID: 0000-0001-6550-0776

Olena YEVDICHENKO

Assistant at the Chemistry Department, Zhytomyr Ivan Franko State University, 40, Velika Berdychivska Str., Zhytomyr, Ukraine, 10008

ORCID: 0000-0001-6338-5372

To cite this article: Anichkina, O., Avdieieva, O., Yevdichenko, O. (2022). Formuvannia eksperymentalnoi kompetentnosti maibutnikh khimikiv u protsesi profesiinoi pidhotovky v zakladi vyshchoi osvity [Formation of experimental competence of future chemists in the process of professional training in an institution of higher education]. *Problems of Chemistry and Sustainable Development*, 3, 3–12, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-3-1>

FORMATION OF EXPERIMENTAL COMPETENCE OF FUTURE CHEMISTS IN THE PROCESS OF PROFESSIONAL TRAINING IN AN INSTITUTION OF HIGHER EDUCATION

The article deals with the issue of Chemistry students' experimental competence formation in professional training at higher educational institutions.

Higher Educational Standards and educational training programs are analyzed in order to establish the experiment importance in chemists' professional training. The definition of experimental notion of future chemists is formulated based on the synthesis of existing interpretations. Taking into consideration the significant role of the experiment in the professional chemist's activity and the analysis of literary sources, the system of knowledge, abilities, skills and motives necessary for chemists to perform their professional duties is characterized. To conduct a pedagogical experiment to determine the effectiveness of the formation of experimental competence of future chemists, its theoretical principles and program are developed. In the empirical study, the levels of the experimental competence of future chemists (low, medium, sufficient, high) on the basis of selected components (motivational, cognitive, operational, activity) in accordance with selected criteria and corresponding indicators were determined. To conduct a pedagogical experiment to determine the effectiveness of the formation of experimental competence of future chemists, its theoretical principles and program are developed. According to the initial assessment of the respondents' competence it has been found that most of them have an average level of its maturity. In order to improve it, there has been conducted an experiment, which involved introducing the following stages of future chemists' experimental competence formation in the process of training: focus on mastering the experimental competence; acquisition of theoretical chemical knowledge; mastering practical skills; gaining professional experience of the experimental competence application. The effectiveness of forming the experimental competence of future chemists according to the identified components has been proved by statistically significant positive changes. The reliability of the obtained results has been proved by means of Student's t-test.

Key words: *experimental competence, components, maturity levels, criteria, indicators, professional training of chemists, chemical experiment.*

Актуальність проблеми. Підготовка майбутніх хіміків у закладі вищої освіти вимагає адаптації їх до різноманітних, динамічних і змінних умов реалізації майбутньої професійної діяльності. Здобувачі вищої освіти за спеціальністю 102 «Хімія» отримують кваліфікацію хіміка та можуть займати посади відповідно до

Національної рамки кваліфікацій на хімічних виробництвах, у науково-дослідних установах хімічного профілю, в лабораторіях різноманітних підприємств харчової, косметичної, фармацевтичної промисловості та інших галузей народного господарства залежно від здобутого рівня вищої освіти. Настільки широке поле

майбутньої професійної діяльності вимагає від молодих фахівців достатньо гнучких знань, умінь, навик, досвіду реалізації практичних завдань, сформованості мотивації до навчання протягом життя, існування стійкого інтересу до вдосконалення та оптимізації умов праці. Тобто, майбутній хімік має бути готовий до виконання професійних обов'язків у змінних, нестандартних, різнопланових умовах. Інструментом такої підготовки виступає компетентнісний підхід.

Науково-технічний розвиток науки у цілому та хімії зокрема, широке використання сучасної техніки для досліджень у галузі хімії, значне збільшення ролі хімії у вирішенні основних проблем суспільства потребує від сучасного хіміка володіння на високому рівні основними методами професійної діяльності. Набуття подібних здатностей відбувається в закладі вищої освіти і потребує від здобувачів вищої освіти оволодіння експериментальним методом пізнання хімічних речовин і явищ, формування здатностей обирати, організовувати, планувати, готувати, виконувати й інтерпретувати результати хімічного експерименту, тобто формування експериментальної компетентності хіміка.

Питання формування експериментальної компетентності розглядалися в роботах українських і зарубіжних науковців (І. Агібова, М. Анісімова, М. Галатюк, О. Гулай, С. Дмитрук, О. Заблоцька, В. Заболотний, В. Мендерецький, М. Павлова, М. Садовий, F. Karsli, F. Yaman, A. Ayas, Y. Tolsdorf, S. Markic і ін.). Докладно вивчено формування її у фізиків, технологів, фармацевтів, вчителів хімії (Karsli, Yaman, Ayas, 2010; Tolsdorf, Markic, 2017) але, її формування саме у майбутніх хіміків вивчено недостатньо, хоч її виключне значення для хімічної професії не викликає заперечень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Компетентність трактується: в інформаційних джерелах, як достатній рівень професійних знань, умінь і навичок фахівця (Short E. C., 1984, с. 22; Schröder, 1999, с. 103; Головань, 2013, с. 130) та його готовність приймати оптимальні рішення на їх основі (Ігнатюк, 2009, с. 63; Ковтонюк, 2014, с. 169; Марцева, 2015, с. 190); в Стандарті вищої освіти України спеціальності 102 «Хімія» першого(бакалаврського) та другого (магістерського) рівнів вищої освіти, як здатність діяти в умовах невизначеності.

Аналіз Стандартів вищої освіти України, освітніх програм спеціальності 102 «Хімія» щодо переліку компетентностей і програмованих результатів навчання дозволяє стверджувати, що підготовка конкурентоспроможного фахівця вимагає не лише накопичення ним значної системи знань, умінь, навичок, а й формування первинного практичного досвіду їх застосування, виникнення бажання досягнути оптимального результату, формування переконання в необхідності та значущості професії хіміка для конкретної людини, підприємства та держави, потреби досягнення успіху в обраній спеціальності, самореалізації, упевненості в собі.

Модернізація процесу навчання хімії у закладах загальної середньої освіти, яка особливо інтенсивно відбувається протягом останніх 10 років, значною мірою змінила систему природничої освіти в Україні, призвела до переходу від знаннєвого навчання до компетентнісного. Натомість, система здобуття хімічної освіти у вищій школі достатньо інерційна та методично стабільна, що пов'язано з величезним досвідом накопиченим закладами вищої освіти, доведеною ефективністю обраних методів і засобів вивчення освітніх компонент, недостатньою кількістю методичних розробок із викладання конкретних навчальних дисциплін та особистим досвідом і професійною кваліфікацією викладачів у класичних закладах вищої освіти.

Значна зміна умов вивчення хімії у ЗЗСО призвела до зміни якісних характеристик навченості абітурієнтів, а відповідно і здобувачів вищої освіти першого року навчання. Якість підготовки студентів хімічної спеціальності, формування їх фахової, і зокрема, експериментальної компетентності в закладі вищої освіти напряду залежить від взаємозв'язку систем викладання в ЗЗСО та ЗВО, створення єдиної траєкторії хімічної освіти.

Таким чином, досягнення успіху в підготовці фахівців-хіміків потребує вирішення протиріч: між сучасним рівнем розвитку хімічної науки і готовністю молодих фахівців до реалізації діяльності в хімічній галузі; між значенням експерименту в професійній діяльності хіміка та використанням його як методу навчання в закладі загальної середньої та вищої освіти.

У сучасній психолого-педагогічній і науковій літературі значною мірою описано класифі-

кацію методів пізнання (Walliman, 2011; Hesse-Biber, 2015) та визначене місце експерименту в педагогічному дослідженні (Horakova, 2015). Проведений аналіз праць М. Галатюка, В. Демкової, В. Заболотного (Галатюк, 2010; Заболотний, Демкова, 2015) та власні дослідження дозволили констатувати відсутність систематичних, комплексних досліджень поняття «експериментальна компетентність» хіміків, її структурування, недостатність дослідження методики формування експериментальної компетентності майбутнього хіміка в ЗВО.

Мета роботи – полягає в теоретичному обґрунтуванні та експериментальній перевірці ефективності формування експериментальної компетентності майбутніх хіміків за визначеними компонентами у процесі професійної підготовки в ЗВО.

Виклад основного матеріалу дослідження.

У межах проведеного дослідження застосували наступне формулювання компетентності – здатність людини до усвідомленої, раціональної діяльності в різноманітних, змінних умовах, ефективного вирішення актуальних проблем життєдіяльності та професії.

Серед компетентностей, якими повинен володіти хімік виділяють спеціальні (фахові, предметні) компетентності, формування яких і становить зміст майбутньої професійної діяльності. Конкурентоспроможний фахівець-хімік володіє системою таких компетентностей сформованих на високому рівні, саме це робить його привабливим для працедавців і забезпечує можливість подальшого професійного зростання.

Фахову компетентність у літературі розглядають як володіння знаннями, уміннями, нормативами, необхідними для виконання професійних обов'язків, психологічними якостями і реальну професійну діяльність відповідно до еталонів і норм (Олексюк, 2000). Існує думка, що професійна компетентність (професіоналізм) виражається в наявності професійних знань, особливістю яких є комплексність і натхненність (Волкова, 2002).

Фахову (професійну) компетентність хіміка будемо розуміти як інтегровану сукупність знань, умінь, навичок, мотивів і способів реалізації діяльності, психологічних якостей, необхідних для успішної реалізації професійних обов'язків. Суб'єкт здобуває професійну компетентність у ході підготовки у закладі вищої

освіти, а її сформованість виступає якісною характеристикою оволодіння професією, що виникає лише на основі усвідомлення прагнення особистості до обраного виду професійної діяльності.

Експериментальна компетентність на думку М. Галатюка «цілісне, системне утворення, яке складається з сукупності відповідних розумових і практичних умінь, навичок, пізнавально-соціальних мотивів, а також методологічних знань і є продуктом наполегливої цілеспрямованої навчально-пізнавальної діяльності, носієм якої є суб'єкт цієї діяльності» (Галатюк, 2010, с. 143).

Трансформували поняття професійної компетентності на експеримент можна визначити експериментальну компетентність, як провідний результат підготовки майбутнього хіміка в закладі вищої освіти. У дослідженні під експериментальною компетентністю будемо розуміти свідому здатність до відбору, планування, організації, реалізації на практиці та інтерпретації одержаних результатів хімічного експерименту з метою вирішення практичних завдань діяльності, а формування такої здатності в навчальній діяльності методами майбутньої професійної, одним із основних завдань фахової підготовки.

Аналізуючи роботи О. Ляшенка, О. Кузьменко, П. Глоріозова, В. Вівюрського щодо визначення узагальнених умінь проведення хімічного експерименту, які становлять основу експериментальної компетентності та поділяючи їх думку, було визначено систему знань, умінь, навичок і мотивів необхідних хімікам для виконання професійних обов'язків. Вона включає:

- розуміння ролі й значення хімічного експерименту в професійній діяльності;
- усвідомлене формування вмінь виконання та активне використання хімічного експерименту у власній практичній діяльності;
- знання теоретичних основ хімічної науки, які пояснюють проходження хімічних реакцій і властивостей хімічних речовин;
- володіння системою теоретичних знань щодо наукових основ планування, організації і інтерпретування результатів хімічного експерименту;
- вільне володіння основними операціями хімічного експерименту;

– раціональне використання хімічного посуду, обладнання, реактивів для досягнення мети експерименту;

– здатність використовувати хімічний експеримент як специфічний спосіб виконання професійної діяльності;

– набуття первинного професійного досвіду використання експериментального методу пізнання хімічних процесів і явищ.

Грунтуючись на результатах аналізу науково-педагогічної літератури та власного практичного досвіду, було виділено основні компоненти експериментальної компетентності майбутніх хіміків: мотиваційний, когнітивний, операційний, діяльнісний.

Усвідомлене прагнення до оволодіння хімічним експериментом як провідним методом професійної діяльності, розуміння його значення для професії хіміка, прагнення застосовувати його у власній навчальній і майбутній професійній діяльності становить *мотиваційний компонент* експериментальної компетентності майбутнього хіміка. Критерій який характеризує цей компонент – усвідомлення внутрішніх потреб, прагнень, інтересів і цілей оволодіння експериментальною компетентністю.

Показниками зазначеного критерію виступили: існування стійкого інтересу до оволодіння експериментальним методом пізнання хімічної науки; розуміння провідної ролі хімічного експерименту в професійній діяльності хіміка; активізація потреби використовувати хімічний експеримент у практичній діяльності; сформованість і усвідомленість мети оволодіння експериментальною компетентністю.

Система усвідомлених, міцних, теоретичних знань майбутніх хіміків необхідних для формування та постійного вдосконалення експериментальної компетентності становить *когнітивний компонент*. Означений компонент характеризується наступним критерієм – наявність пізнавальної активності щодо постійного збагачення системи теоретичних знань із метою поліпшення рівня експериментальної компетентності.

Показниками цього критерію виступають: сформованість хімічних знань необхідних для пояснення механізму проходження хімічного процесу та властивостей хімічних речовин; наявність системи експериментальних знань і розумових умінь необхідних для вдалого

відбору, планування та організації експерименту та тлумачення одержаних результатів; пізнавальна активність щодо постійного оновлення набутих знань, умінь і їх творчого використання.

Операційний компонент визначає сформованість практичних і конструкторських здатностей майбутніх хіміків необхідних для виконання експериментальної діяльності. Критерієм визначено наявність системи експериментальних умінь і навичок реалізації професійної діяльності.

Показниками критерію виступають: володіння основними операціями хімічного експерименту; набуття навичок поведіння з хімічним посудом, реактивами, приладами необхідними для експериментальної діяльності; сформованість конструкторських умінь із складання установок для виконання комплексних фахових завдань у практичній діяльності.

Діяльнісний компонент охоплює результативне проходження експериментальної підготовки і сформованість експериментальної компетентності майбутніх хіміків на високому рівні. Критерієм обрано наявність діяльнісних якостей майбутніх хіміків у процесі досягнення професійно-значущих цілей.

Показниками цього критерію виступили: набуття інтегрованих умінь і навичок відбору, планування, організації, реалізації, інтерпретації результатів хімічного експерименту для розв'язання професійно-орієнтованих завдань; наявність сформованої експериментальної здатності виконувати практичні завдання майбутньої професії; набуття первинного професійного досвіду в процесі навчання.

Результати проведеного констатувального етапу дослідження дозволили визначити, що в середньому 33,65 % студентів-випускників мають низький рівень сформованості експериментальної компетентності, переважна більшість 40,38% володіє середнім рівнем, 19,23% засвідчили володіння достатнім рівнем, і, лише, 6,73% виявили високий рівень сформованості експериментальної компетентності в процесі професійної підготовки в ЗВО.

Формувальний етап педагогічного експерименту полягав у перевірці ефективності формування визначених компонентів експериментальної компетентності майбутніх хіміків у процесі професійної підготовки в ЗВО.

Формування експериментальної компетентності майбутніх хіміків у контрольній групі проводилося традиційно: використання типових теоретичних, практичних завдань навчальної діяльності, експериментальна робота в малих групах, націленість на формування усереднених знань, умінь і навичок, застосування традиційних способів виконання самостійної роботи, використання друкованих літературних джерел інформації.

У експериментальних групах формування експериментальної компетентності проводилося поетапно, відповідно теорії поетапного формування розумових дій, визначених компонентів і принципів науковості, наступності, практичної спрямованості, творчої активності, співпраці, варіативності, індивідуалізації, ефективності. Основними методами реалізації виступили: хімічний експеримент, спостереження, тестування, моделювання, проєктна діяльність; засобами – хімічний посуд, реактиви, обладнання необхідне для проведення всіх видів хімічного експерименту; педагогічні технології індивідуалізованого навчання та поетапного формування експериментальних умінь; формами – лекції, лабораторні заняття, підсумкові модульні контрольні роботи, самостійна та індивідуальна робота, проєктна діяльність (рис. 1).

Так, на першому етапі (орієнтація на оволодіння експериментальною компетентністю) проводилась широка просвітницька діяльність викладачів, зорієнтована на формування переконання в виключному значенні експерименту в хімічній науці та майбутній хімічній професії, стійкого інтересу та потягу студентів до вико-

ристання хімічного експерименту в власній навчальній і майбутній професійній діяльності. Реалізувався етап на лекційних і лабораторних заняттях із обов'язкових хімічних освітніх компонент через виконання демонстраційних хімічних експериментів із значним зовнішнім ефектом, виховних заходах із обов'язковим виконанням яскравих хімічних експериментів, залучення студентів до позанавчальної експериментальної (дослідницької) діяльності. Потужним засобом формування мотиваційного компоненту виступила ознайомча практика, яка забезпечила усвідомлення професійного поля та професійних обов'язків хіміків із орієнтацією на майбутні місця працевлаштування в регіоні.

Другий етап (набуття теоретичної хімічної підготовки) полягав у поповненні, систематизації і розвитку хімічних і експериментальних знань, необхідних для пояснення властивостей хімічних речовин і проходження хімічних процесів, формування елементарних умінь виконувати та інтерпретувати результати хімічного експерименту через вивчення адаптаційної освітньої компоненти «Основи хімії в обсязі середньої освіти», сумісно з іншими обов'язковими освітніми компонентами професійної підготовки на початковому етапі.

Третій етап (опанування системою практичних умінь) був покликаний сформувати індивідуальні експериментальні вміння майбутніх хіміків виконувати лабораторний експеримент, реалізовувати на практиці основні його операції, здобути здатність конструювати експериментальні установки для вирішення навчальних завдань. Цей етап був реалізований на заняттях із освітньої компоненти «Техніка хімічного

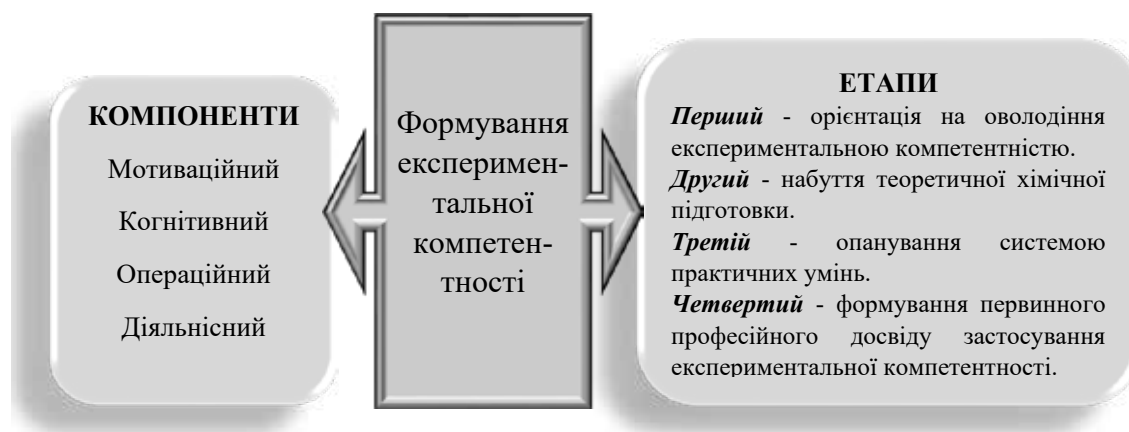


Рис. 1. Формування за компонентами експериментальної компетентності майбутніх хіміків у процесі професійної підготовки в ЗВО

експерименту», шляхом впровадження індивідуалізованого практикуму, який передбачав виконання кожним здобувачем окремого експериментального завдання на кожному лабораторному занятті.

Метою впровадження четвертого етапу (формування первинного професійного досвіду застосування експериментальної компетентності) було формування інтегрованих знань і вмінь необхідних майбутньому хіміку для вирішення завдань професійної діяльності. Реалізувався цей етап на експериментальній практиці шляхом залучення студентів до проєктної діяльності в парах, яка забезпечує систематизацію сформованих знань, умінь і навичок, мотивацію досягнення успіху в експериментальній діяльності, формування індивідуального первинного практичного досвіду використання хімічного експерименту для вирішення комплексних завдань майбутньої професії.

Діагностування стану сформованості експериментальної компетентності майбутніх хіміків у процесі професійної освіти проводилося шляхом анкетування, спостереження, тестування. Були використані прогностичні методи – узагальнення незалежних характеристик, експертні оцінки. У дослідженні використані методики «Мотивація досягнення успіху» (Т. Елерс), «Вивчення мотивації професійної діяльності» (К. Замфір у модифікації А. Реана); сформованість системи знань визначали за варіантами тестових завдань із чотирма варіантами відповідей; сформованість основних експериментальних умінь визначали у ході спостереження за діяльністю студентів, а сформованість потягу до виконання практичної діяльності й досягнення успіху в професії – шляхом оцінки проєктів. Усі використані завдання мали чотири рівні складності. Використання методів

математичної статистики дозволило визначити достовірність отриманих експериментальних результатів.

Для проведення формувального етапу дослідження були визначені контрольна та експериментальна групи. Доведення їх однорідності проведено з допомогою t- критерію Стьюдента. Перша група складалась із 51 особи, а друга – з 53 осіб. Порівняння критичного значення t- критерію Стьюдента (1,984) на рівні значущості 0,05 з розрахованими за окремими компонентами (мотиваційний – 1,861, когнітивний – 1,468, операційний – 0,820, діяльнісний – 1,726), засвідчило, що відмінності між групами випадкові, оскільки жодне обраховане значення не перевищило критичне, й ми можемо обрати першу групу як контрольну, а другу – як експериментальну.

На початку формувального етапу педагогічного експерименту було визначено вхідні рівні сформованості експериментальної компетентності майбутніх хіміків за визначеними компонентами (табл. 1).

Разом із тим, були обраховані середні значення сформованості експериментальної компетентності кожної із досліджуваних груп. Одержані результати дають змогу стверджувати, що переважна більшість майбутніх хіміків контрольної (42,65%) та експериментальної (45,28%) груп мають середній рівень сформованості експериментальної компетентності; низький 37,75% (КГ) і 23,58% (ЕГ); достатній 12,25% (КГ) і 20,75% (ЕГ); і лише 7,35% (КГ) та 10,38% (ЕГ) високий.

Після проведення експериментального навчання було також проведено визначення рівнів сформованості експериментальної компетентності майбутніх хіміків і отримані наступні результати (табл. 2).

Таблиця 1

Рівні сформованості експериментальної компетентності майбутніх хіміків на констатувальному етапі експерименту

Рівень Група	Низький				Середній				Достатній				Високий			
	КГ, n=51		ЕГ, n=53		КГ, n=51		ЕГ, n=53		КГ, n=51		ЕГ, n=53		КГ, n=51		ЕГ, n=53	
Компонент	Осіб	%	Осіб	%	Осіб	%	Осіб	%	Осіб	%	Осіб	%	Осіб	%	Осіб	%
Мотиваційний	19	37,25	11	20,75	25	49,03	29	54,72	5	9,80	10	18,87	2	3,92	3	5,66
Когнітивний	13	25,49	5	9,44	23	45,10	18	33,96	10	19,61	22	41,51	5	9,80	8	15,09
Операційний	20	39,22	19	35,85	21	41,18	20	37,73	6	11,76	7	13,21	4	7,84	7	13,21
Діяльнісний	25	49,03	15	28,30	18	35,29	29	54,72	4	7,84	5	9,43	4	7,84	4	7,55
Середнє значення		37,75		23,58		42,65		45,28		12,25		20,75		7,35		10,38

**Рівні сформованості експериментальної компетентності майбутніх хіміків
по завершенню формувального етапу експерименту**

Рівень Група	Низький				Середній				Достатній				Високий			
	КГ,n=51		ЕГ,n=53		КГ,n=51		ЕГ,n=53		КГ,n=51		ЕГ,n=53		КГ,n=51		ЕГ,n=53	
Компонент	Осіб	%	Осіб	%	Осіб	%	Осіб	%	Осіб	%	Осіб	%	Осіб	%	Осіб	%
Мотиваційний	13	25,47	5	9,43	22	43,14	18	33,97	11	21,57	22	41,51	5	9,82	8	15,09
Когнітивний	6	11,76	4	7,55	16	31,37	10	18,87	16	31,37	12	22,64	13	25,50	27	50,94
Операційний	13	25,49	3	5,66	19	37,25	21	39,62	10	19,61	10	18,87	9	17,65	19	35,85
Діяльнісний	17	33,33	3	5,66	24	47,06	19	35,85	4	7,84	17	32,07	6	11,77	14	26,42
Середнє значення		24,02		7,08		39,71		32,08		20,10		28,77		16,18		32,08

Аналіз результатів формувального етапу експерименту засвідчив значну позитивну динаміку формування експериментальної компетентності майбутніх хіміків за рівнями. Так, кількість майбутніх хіміків із високим рівнем сформованості експериментальної компетентності сягнула 16,18% (КГ) і 32,08% (ЕГ), достатнім рівнем – 20,10% (КГ) і 28,77% (ЕГ), середнім рівнем – 39,71% (КГ) і 32,08% (ЕГ), а з низьким рівнем – 24,02% (КГ) і 7,08% (ЕГ).

Для перевірки статистичної значущості відмінностей одержаних результатів генеральних сукупностей контрольної і експериментальної груп розраховувалися вибіркові середні величини, вибіркові дисперсії і t-критерій Стьюдента.

Порівнявши отримані значення t-критерію Стьюдента за компонентами (мотиваційний – 2,972, когнітивний – 2,133, операційний – 2,783, діяльнісний – 4,465) з його критичним значенням (1,984) на рівні значущості 0,05, можна зробити висновок, що в процесі формування експериментальної компетентності за визначеними компонентами різномірність груп збільшувалася й перевищила критичне значення. Тобто, відмінності між результатами груп не випадкові, різниця між сформованістю експериментальної компетентності майбутніх хіміків експериментальної і контрольної груп за визначеними компонентами свідчить про ефективність запровадженої моделі професійної підготовки.

Узагальнення одержаних результатів дозволяє зробити висновок про широкі можливості формування експериментальної компетентності в майбутніх хіміків у процесі професійної підготовки і ефективність її формування за визначеними компонентами, оскільки біль-

шість (60,85%) студентів досягла достатнього та високого рівнів її сформованості.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Аналіз літературних джерел дозволив зробити висновок, що формування експериментальної компетентності фахівця хімічної галузі є одним із основних завдань закладу вищої освіти, оскільки становить основу майбутньої професійної діяльності хіміка. Адже, для хімічної науки експеримент виступає й засобом її творення (пізнання), й засобом передачі хімічних знань наступному поколінню (навчання).

Ефективність формування експериментальної компетентності майбутніх хіміків за визначеними компонентами доводять результати формувального етапу педагогічного експерименту. У середньому, кількість майбутніх хіміків із сформованою на високому рівні експериментальною компетентністю зросла на 8,83% (КГ) і 21,7% (ЕГ), достатньому рівні на 7,85% (КГ) і 8,02% (ЕГ) відповідно. Разом із тим, кількість студентів у яких експериментальна компетентність залишалася на середньому рівні сформованості зменшилася на 2,94% (КГ) і 13,2% (ЕГ), а на низькому рівні на 13,73% (КГ) і 16,5% (ЕГ) відповідно.

Основними перспективами дослідження вважаємо вивчення педагогічних умов реалізації індивідуалізованого підходу до формування експериментальної компетентності в умовах дистанційного навчання, створення можливостей реалізації практико орієнтованої технології навчання для виконання дослідницьких завдань, визначення дидактичних можливостей використання проектних технологій на всіх етапах професійної підготовки хіміків у закладі вищої освіти.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Karsli F., Yaman F., Ayas A. Prospective chemistry teachers' competency of evaluation of chemical experiments in terms of science process skills. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 2010. Vol. 2. Issue 2. P. 778-781. doi: org/10.1016/j.sbspro.2010.03.101
2. Tolsdorf Y., Markic S. Exploring Chemistry Student Teachers' Diagnostic Competence – A Qualitative Cross-Level Study. *Education Sciences – Open Access Journal*. 2017. Vol.7. Issue 86. doi:10.3390/educsci7040086
3. Short E. C. Competence: Inquiries into its Meaning and Acquisition in Educational Settings. Lanham etc. : University Press of America, 1984. Vol. VI. 185 p.
4. Schröder H. Theorie und Praxis der Erziehung / Herausgegeben von Wilhelm H. Peterssen. München, 1999. 256 p.
5. Головань М.С. Зміст та структура професійної компетентності декана факультету вищого навчального закладу III-IV рівня акредитації. *Гуманітарний вісник ДВНЗ «Переяслав-Хмельницького державного педагогічного університету імені Григорія Сковороди»*, 2013. Вип. 31, Т. III (45). С. 66-74.
6. Ігнатюк О.А. Формування готовності майбутнього інженера до професійного самовдосконалення : теорія і практика. Харків, 2009. 432 с.
7. Ковтонюк М.М. Теоретичні і методичні засади фундаменталізації загальнопрофесійної підготовки майбутнього учителя математики : дис. д-ра пед. наук : 13.00.04. Вінниця, 2014. 400 с.
8. Марцева Л.А. Теоретичні та методичні основи професійної підготовки молодших спеціалістів радіотехнічного профілю: дис. д-ра пед. наук : 13.00.04. Львів, 2015. 459 с.
9. Walliman N. Research methods the basics. London-New York: Routledge, Taylor & Francis Group, 2011. 190 p.
10. Hesse-Biber S. The problems and prospects in the teaching of mixed methods research. *International Journal of Social Research Methodology*. 2015. Vol. 18. Issue 5. P. 463–477. doi: 10.1080/13645579.2015.1062622
11. Horakova T., Houska M. On Improving the Experiment Methodology in Pedagogical Research. *International Education Studies*. 2014. Vol. 7. Issue 9. P. 84–98. doi: 10.5539/ies.v7n9p84
12. Професійна етика вчителя : час і вимоги / за ред. Б.М. Жебровського, Л. М. Ващенко. Київ : Ірпінь, 2000. 257 с.
13. Волкова Н.П. Педагогіка: посібник для студентів вищих навчальних закладів. Київ : Видавничий центр «Академія», 2002. 576с.
14. Галатюк М.Ю. Формування експериментальної компоненти у контексті розвитку навчально-пізнавальної компетентності старшокласників. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна*, 2010. Вип. 16. С. 143-145.
15. Заболотний В.Ф., Демкова В.О. Експериментальна компетентність як складова професійної підготовки студентів. *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Серія: Педагогічні науки*, 2015. Вип. 127. С. 49-52.

REFERENCES:

1. Karsli, F., Yaman, F. & Ayas, A. (2010). Prospective chemistry teachers' competency of evaluation of chemical experiments in terms of science process skills. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 2, 2, 778-781. doi: org/10.1016/j.sbspro.2010.03.101
2. Tolsdorf Y. & Markic, S. (2017). Exploring Chemistry Student Teachers' Diagnostic Competence – A Qualitative Cross-Level Study. *Education Sciences – Open Access Journal*. 7, 86. doi:10.3390/educsci7040086
3. Short, E.C. (1984). Competence: Inquiries into its Meaning and Acquisition in Educational Settings. Lanham etc. : University Press of America. VI. 185 p.
4. Schröder, H. (1999). Theorie und Praxis der Erziehung / Herausgegeben von Wilhelm H. Peterssen. München.
5. Holovan, M.S. (2013). Zmist ta struktura profesiinnoi kompetentnosti dekana fakultetu vyshchoho navchalnoho zakladu III-IV rivnia akredytatsii [The content and structure of the professional competence of the dean of the faculty of the higher educational institution of the III-IV level of accreditation]. *Humanitarnyi visnyk DVNZ «Pereiaslav-Khmelnytskoho derzhavnoho pedahohichnoho universytetu imeni Hryhoriia Skovorody»*, 31, III (45), 66-74.
6. Ihnatiuk, O.A. (2009). Formuvannia hotovnosti maibutnoho inzhenera do profesiinoho samovdoskonalennia : teoriia i praktyka [Formation of the future engineer's readiness for professional self-improvement: theory and practice]. Kharkiv.
7. Kovtoniuk, M.M. (2014). Teoretychni i metodychni zasady fundamentalizatsii zahalnoprosesiinnoi pidhotovky maibutnoho uchytelia matematyky [Theoretical and methodical principles of fundamentalization of the general professional training of the future teacher of mathematics]. *Extended abstract of Doctor's thesis*. Vinnytsia.
8. Martseva, L.A. (2015). Teoretychni ta metodychni osnovy profesiinnoi pidhotovky molodshykh spetsialistiv radiotekhnichnoho profilu [Theoretical and methodical foundations of professional training of junior specialists in the radio engineering profile]. *Extended abstract of Doctor's thesis*. Lviv.

9. Walliman, N. (2011). *Research methods the basics*. London-New York: Routledge, Taylor & Francis Group.
10. Hesse-Biber, S. (2015). The problems and prospects in the teaching of mixed methods research. *International Journal of Social Research Methodology*. 18, 5. P. 463–477. doi: 10.1080/13645579.2015.1062622
11. Horakova, T. & Houska, M. (2014). On Improving the Experiment Methodology in Pedagogical Research. *International Education Studies*. 7, 9. P. 84–98. doi: 10.5539/ies.v7n9p84
12. Profesiina etyka vchytelia : chas i vymohy [Professional ethics of a teacher: time and requirements]. (2000). B.M. Zhebrovskoho, L. M. Vashchenko (Ed.). Kyiv : Irpin.
13. Volkova, N.P. (2002). Pedahohika: posibnyk dlia studentiv vyshchych navchalnykh zakladiv [Pedagogy: a guide for students of higher educational institutions]. Kyiv : Vydavnychiy tsentr «Akademiia».
14. Halatiuk, M.Yu. (2010). Formuvannia eksperymentalnoi komponenty u konteksti rozvytku navchalno-piznavalnoi kompetentnosti starshoklasnykiv [The formation of an experimental component in the context of the development of educational and cognitive competence of high school students]. *Zbirnyk naukovykh prats Kam'ianets-Podilskoho natsionalnoho universytetu imeni Ivana Ohiiienka. Seriiia pedahohichna*. 16. P. 143-145.
15. Zabolotnyi, V.F., Demkova, V.O. (2015). Eksperymentalna kompetentnist yak skladova profesiinoi pidhotovky studentiv [Experimental competence as a component of professional training of students]. *Visnyk Chernihivskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu. Seriiia: Pedahohichni nauky*, 127. P. 49-52.

УДК 546.548.232.6:546.[656+492+817+681]23

DOI <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-3-2>

Назарій БЛАШКО

старший лаборант кафедри хімії та технологій, Волинський національний університет імені Лесі Українки, просп. Волі, 13, м. Луцьк, Волинська обл., Україна, 43025

ORCID: 0000-0001-6484-3283

Олег МАРЧУК

кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри хімії та технологій, Волинський національний університет імені Лесі Українки, просп. Волі, 13, м. Луцьк, Волинська обл., Україна, 43025

ORCID: 0000-0002-5618-7156

Анатолій ФЕДОРЧУК

доктор хімічних наук, професор, професор кафедри біологічної та загальної хімії, Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького, вул. Пекарська, 50, м. Львів, Львівська обл., Україна, 79010

ORCID: 0000-0002-9324-3719

Ярослав РОМАНЮК

PhD, керівник наукової групи Швейцарської федеральної лабораторії матеріалознавства і технологій (EMPA), Ueberlandstrasse 129, Дюбендорф, Швейцарія, 8600

ORCID: 0000-0002-0529-228X

Бібліографічний опис статті: Блашко, Н., Марчук, О., Федорчук, А., Романюк, Я. (2022). Кристалічна структура сполуки $\text{Pr}_3\text{Hg}_{0.1}\text{Ga}_{1.6}\text{Se}_7$. *Проблеми хімії та сталого розвитку*, 3, 13–18. doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-3-2>

КРИСТАЛІЧНА СТРУКТУРА $\text{PR}_3\text{HG}_{0.1}\text{GA}_{1.67}\text{SE}_7$

Зразок стехіометричного складу $\text{Pr}_3\text{Hg}_{0.1}\text{Ga}_{1.6}\text{Se}_7$ масою 0.8 г, отримано сплавленням простих речовин у вакуумованих (10^{-2} Па) кварцевих контейнерах за максимальної температури синтезу 1100°C . Кристалічна структура селеніду $\text{Pr}_3\text{Hg}_{0.1}\text{Ga}_{1.6}\text{Se}_7$ ($a = 1.03539(3)$ нм, $c = 0.63842(3)$ нм., $R_1 = 0.0963$, $R_p = 0.2041$) вивчена рентгенівським методом порошку. Встановлено приналежність структури синтезованої сполуки до структурного типу La_3CuSi_7 (ПГ P6₃; СП hP24). Елементний склад селеніду $\text{Pr}_3\text{Hg}_{0.1}\text{Ga}_{1.6}\text{Se}_7$ (Pr: $23.12 \pm 2.74\%$; Hg: $0.49 \pm 0.14\%$; Ga: $14.72 \pm 0.91\%$; Se: $61.67 \pm 4.53\%$) підтверджено методиками EDAX-аналізу. У структурі дослідженого селеніду атоми празеодиму локалізовані в ПСТ 6с і разом з атомами селену формують тригональні призми, що мають один додатковий атом [Pr 3Se₁3Se₂1Se₃]. Атоми статистичних сумішей M (0.088(5) Hg + 0.61(2) Ga), що сконцентровані в ПСТ 2а, формують октаедри [M 6Se]. Ці октаедри між собою з'єднані гранями та в напрямку осі с утворюють колони. В ПСТ 2b атоми Ga оточені чотирма атомами селену. Утворені тетраедри орієнтовані в напрямку осі с та ізольовані один від одного. Галійвмісний селенід $\text{Pr}_3\text{Hg}_{0.1}\text{Ga}_{1.6}\text{Se}_7$ є перспективним халькогенідом на основі якого можуть бути створені матеріали для нелінійної оптики та термоелектрики.

Ключові слова: рідкісноземельні метали, селеніди, кристалічна структура, рентгенівський метод порошку, EDAX аналіз.

Nazarii BLASHKO

Senior Laboratory Assistant of the Department of Chemistry and Technology, Lesya Ukrainka Volyn National University, 13 Voli ave., Lutsk, Volyn region, Ukraine, 43025

ORCID: 0000-0001-6484-3283

Oleg MARCHUK

PhD in Chemistry, Associate Professor, Senior Lecturer at the Department of Chemistry and Technology, Lesya Ukrainka Volyn National University, 13 Voli ave., Lutsk, Volyn region, Ukraine, 43025

ORCID: 0000-0002-5618-7156

Anatolii FEDORCHUK

Doctor of Chemistry, Professor, Professor of the Department of Biological and General Chemistry, Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Pekarska Street, 50, Lviv, Lviv region, Ukraine, 79010

ORCID: 0000-0002-9324-3719

Yaroslav ROMANYK

PhD in Chemistry, Group leader, Laboratory for Thin Films and Photovoltaic, Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology (Empa), Ueberlandstrasse 129, 8600 Dübendorf, Switzerland

ORCID: 0000-0002-0529-228X

To cite this article: Blashko, N., Marchuk, O., Fedorchuk, A., Romanyk, Ya. (2022). Krystalichna struktura spoluky $\text{Pr}_3\text{Hg}_{0.1}\text{Ga}_{1.6}\text{Se}_7$ [The crystal structure of $\text{Pr}_3\text{Hg}_{0.1}\text{Ga}_{1.6}\text{Se}_7$ compound]. *Problems of Chemistry and Sustainable Development*, 3, 13–18, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-3-2>

THE CRYSTAL STRUCTURE OF $\text{PR}_3\text{HG}_{0.1}\text{GA}_{1.67}\text{SE}_7$ COMPOUND

A sample of the stoichiometric composition $\text{Pr}_3\text{Hg}_{0.1}\text{Ga}_{1.6}\text{Se}_7$ weighing 0.8 g, obtained by fusing simple substances in vacuumed (10^{-2} Pa) quartz containers at a maximum synthesis temperature of 1100 °C. The crystal structure of selenide $\text{Pr}_3\text{Hg}_{0.1}\text{Ga}_{1.6}\text{Se}_7$ ($a = 1.03539(3)$ nm, $c = 0.63842(3)$ nm, $R_1 = 0.0963$, $R_p = 0.2041$) was studied by the X-ray powder method. It was established that the structure of the synthesized compound belongs to the structural type La_3CuSi_7 (SG $P6_3$; SP hP24). The elemental composition of the $\text{Pr}_3\text{Hg}_{0.1}\text{Ga}_{1.6}\text{Se}_7$ (Pr: 23.12±2.74%; Hg: 0.49±0.14%; Ga: 14.72±0.91%; Se: 61.67±4.53%) selenide was confirmed by EDAX analysis. In the structure, praseodymium atoms are localized in site 6c and, together with selenium atoms, form trigonal prisms with one additional atom [Pr_3Se_7]. Atoms of statistical mixtures M (0.088(5) Hg + 0.61(2) Ga), concentrated in site 2a, form octahedra [$M_6\text{Se}_6$]. These octahedra are interconnected by faces and form columns in the direction of the c axis. In site 2b, Ga atoms are surrounded by four selenium atoms. The formed tetrahedra are oriented in the direction of the c axis and are isolated from each other. Gallium-containing selenide $\text{Pr}_3\text{Hg}_{0.1}\text{Ga}_{1.6}\text{Se}_7$ based on praseodymium are promising chalcogenides based on which materials for nonlinear optics and thermoelectricity can be created.

Key words: rare earth metals, selenides, crystal structure, X-ray powder method, EDAX analysis.

1. Вступ

Розвиток науки і техніки вимагає безперервного пошуку і проведення фундаментальних досліджень нових сполук, які володіють необхідним комплексом фізичних та фізико-хімічних властивостей. Наступним завданням є створення на основі знайдених сполук нових напівпровідникових матеріалів. Для дослідників значний інтерес становлять складні халькогеніди рідкісноземельних металів, для яких характерно властива технологічність, значна відтворюваність результатів, висока фоточутливість та інші властивості (Si, Q., Yu, R., Abrahams, E., 2016; Tritt, 2005; Eggleton, B., Luther-Davies, B., Richardson, 2011), що зумовлені їх унікальною електронною структурою та впливом 4f електронів. Сполуки на основі рідкісноземельних металів знайшли своє використання в техніці як високоефективні магніти. Зокрема для виготовлення магнетронів, магнітних систем ламп та в іншій радіоапаратурі (Spaldin, 2010). Таким чином, синтез, та

дослідження структур нових халькогенідів на основі рідкісноземельних металів є важливим кроком пошуку матеріалів для сучасної техніки (Eliseev, Kuzmichyeva, 1990).

Вивчення кристалічної структури РЗМ-вмісних тетрарних сполук та їх властивостей є одним з напрямків наукових досліджень що проводяться на факультеті хімії, екології та фармації Волинського національного університету імені Лесі Українки (Смітюх, 2018; Мельничук, 2021) і ін.

2. Експериментальна частина

Синтез сплаву, загальною масою 0.8 грам, для дослідження кристалічної структури селеніду $\text{Pr}_3\text{Hg}_{0.1}\text{Ga}_{1.6}\text{Se}_7$ проводили з простих речовин із вмістом основного компонента не менше 99.99 ваг. % в електричній муфельній печі з програмним управлінням технологічними процесами МП-30. Сплавляння простих речовин здійснювали у вакуумованих (10^{-2} Па) кварцевих контейнерах згідно технологічного режиму: нагрів до температури 700 °C зі швидкістю 40 °C/год; витримка за темпера-

тури 700 °C (10 години); нагрів до температури 1100 °C зі швидкістю 12 °C/год; витримка за температури 1100 °C (2 години); охолодження до температури 500 °C зі швидкістю 6 °C/год; гомогенізуючий відпал за температури 500 °C (240 годин); гартування контейнера із синтезованим матеріалом у воду кімнатної температури без розвакуування.

Розрахунок основних параметрів структури $\text{Pr}_3\text{Hg}_{0.1}\text{Ga}_{1.6}\text{Se}_7$ здійснювали за дифрактограмою, що була отримана в межах $2\Theta = 10 - 100^\circ$ на рентгенівському апараті ДРОН 4-13 (CuK_α -випромінювання; крок сканування – $0,02^\circ$, експозиція у кожній точці – 20 с). Розрахунок кристалічної структури для $\text{Pr}_3\text{Hg}_{0.1}\text{Ga}_{1.6}\text{Se}_7$ проведено методом Рітвельда (пакет програм WinCSD (Grin, Akselrud, 2014). Візуалізацію кристалічної структури виконано за допомогою програми VESTA (Momma, Izumi, 2011).

3. Результати та їх обговорення

Селенід стехіометричного складу $\text{Pr}_3\text{Hg}_{0.1}\text{Ga}_{1.6}\text{Se}_7$ синтезували на основі халькогеніду $\text{Pr}_3\text{Ga}_{1.65}\text{Se}_7$ (Patrie, Guittard, 1969) шляхом часткового заміщення атомів галію в ПСТ 2a атомами двохвалентного меркурію.

Кристалічна структура селеніду $\text{Pr}_3\text{Hg}_{0.1}\text{Ga}_{1.6}\text{Se}_7$ вивчалася рентгенівським методом порошку. Аналіз індексів *hkl* рефлексів та їх інтенсивностей вказав на приналежність структури синтезованого селеніду до структурного

типу $\text{La}_3\text{CuSiS}_7$ (Guittard, Julien-Pouzol, 1972) (ПГ $P6_3$). У таблиці 1 наведено умови проведення експерименту та кристалографічні характеристики структури селеніду $\text{Pr}_3\text{Hg}_{0.1}\text{Ga}_{1.6}\text{Se}_7$. Уточнення координат та ізотропних теплових параметрів атомів (таблиця 2) привело до задовільних значень фактора розбіжності. Експериментальна, теоретична та різницева між ними дифрактограма селеніду $\text{Pr}_3\text{Hg}_{0.1}\text{Ga}_{1.6}\text{Se}_7$ при цих параметрах атомів представлена на рисунку 1.

Елементарну комірку та координаційні поліедри [Pr 7Se], [M 6Se] і [Ga 4Se] у структурі синтезованої сполуки $\text{Pr}_3\text{Hg}_{0.1}\text{Ga}_{1.6}\text{Se}_7$ зображено на рисунку 2.

Кристалічна структура синтезованого селеніду сформована тригональними призмами [Pr 3Se₁3Se₂1Se₃]. Атоми Pr, заселяючи ПСТ 6с, координують навколо себе по сім атомів селену (рисунок 2). Тригональні призми утворюють “блоки” 3[Pr 7Se]. У цих “блоках” тригональні призми між собою з’єднані ребрами. Із-за незначного індексу спотворення (розрахований за довжинами зв’язків) ефективно координаційне число атомів празеодиму становить $\approx 6,93$.

Для $\text{Pr}_3\text{Ga}_{1.65}\text{Se}_7$ призми [Pr 7Se] є більш спотворені ніж у структурі синтезованого селеніду. Індекс спотворення становить 0,02380 та 0,01265 відповідно.

Таблиця 1

Результати розрахунку кристалічної структури сполуки $\text{Pr}_3\text{Hg}_{0.1}\text{Ga}_{1.6}\text{Se}_7$

Просторова група	$P6_3$ (173)
<i>a</i> , (нм)	1,03539(3)
<i>c</i> , (нм)	0,63842(3)
Об’єм комірки (нм ³)	0,52848(6)
Кількість атомів в комірці	23,4
Густина (обрахована) (г/см ³)	6,1941(6)
Адсорбційний коефіцієнт (1/см)	1206,82
Випромінювання і довжина хвилі (нм)	Cu 0,154185
Дифрактометр	ДРОН 4-13
Спосіб обрахунку	Повнопрофільний
Програма для обрахунку	WinCSD
Кількість атомних позицій	6
Кількість вільних параметрів	19
2Θ та \sin/λ (макс.)	100,02; 0,497
R_I	0,0963
R_p	0,2041
Фактор шкали	0,23223(1)

Для атомів статистичної суміші М (0.088(5) Hg + 0.61(2) Ga) що займають ПСТ $2a$, характерною є октаедрична координація (КЧ = 6). Окта-

едри [M 6Se] мають спільні грані та в напрямку осі c утворюють колони. Варто відзначити, що введення у структуру селеніду $\text{Pr}_3\text{Ga}_{1.6}\text{Se}_7$ ато-

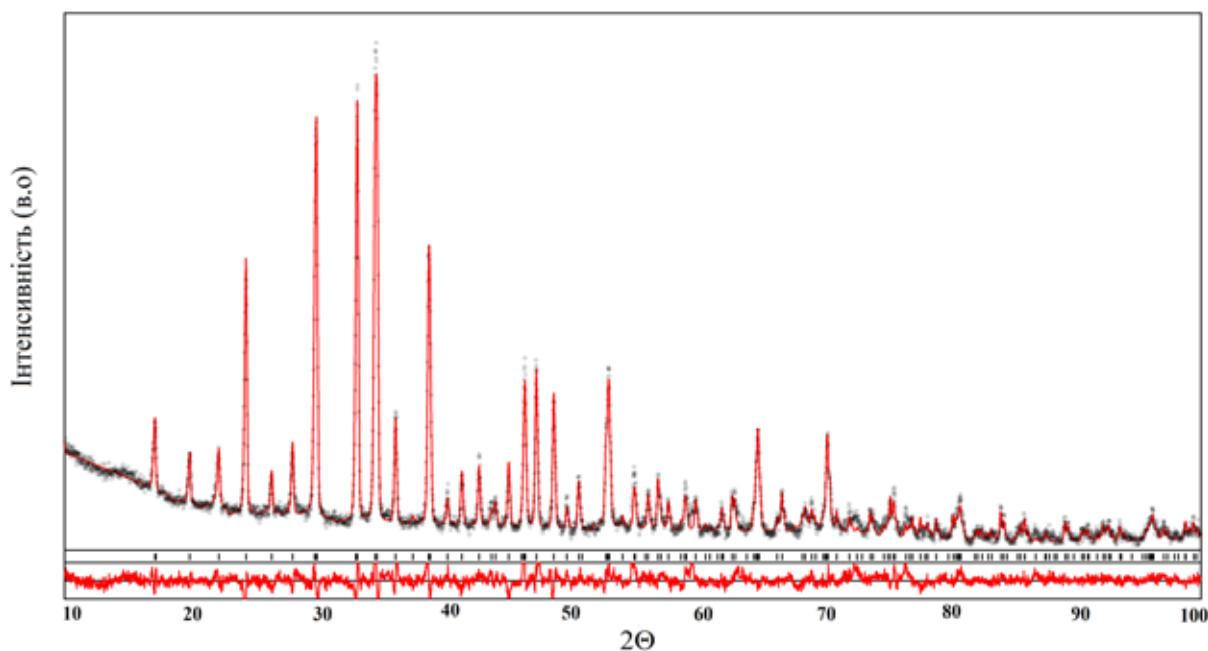


Рис. 1. Експериментальна і теоретична дифрактограми сполуки $\text{Pr}_3\text{Hg}_{0.1}\text{Ga}_{1.6}\text{Se}_7$ та їх різницева

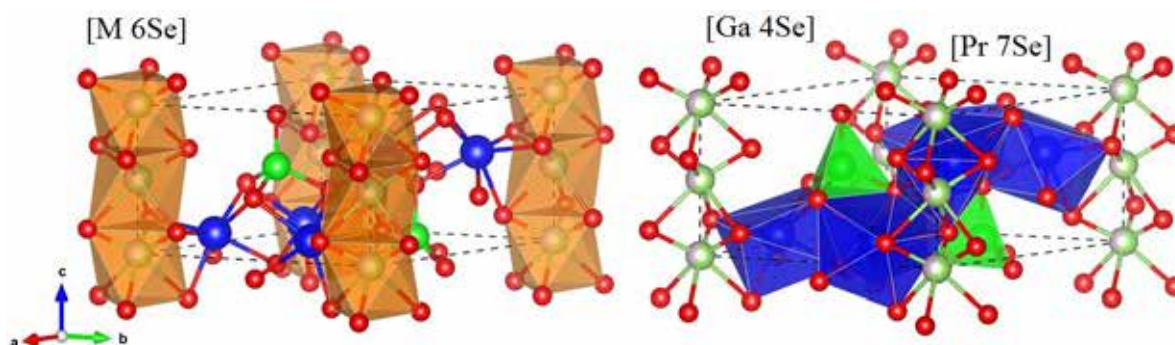


Рис. 2. Елементарна комірка та координаційні многогранники атомів Pr, М та Ga у структурі сполуки $\text{Pr}_3\text{Hg}_{0.1}\text{Ga}_{1.6}\text{Se}_7$

Таблиця 2

Параметри атомів для сполуки $\text{Pr}_3\text{Hg}_{0.1}\text{Ga}_{1.6}\text{Se}_7$

Атоми	ПСТ	x/a	y/b	z/c	$B_{130} \times 10^2 (\text{Å}^2)$
Pr	$6c$	0,3772(2)	0,2234(2)	0,2017(5)	1,75(8)
Ga	$2b$	$2/3$	$1/3$	0,6435(10)	1,5(2)
M	$2a$	0	0	0,091(2)	5,3(4)
Se1	$6c$	0,1015(3)	0,2474(3)	0,2740(5)	0,90(13)
Se2	$6c$	0,5141(4)	0,0839(4)	0,4832(6)	2,3(2)
Se3	$2b$	$2/3$	$1/3$	-0,0093(8)	1,1(2)

M – 0,088(5) Hg + 0,61(2) Ga

мів двохвалентного металу спричинює значне спотворення октаєдрів [Ga 6Se].

Атоми Ga, що локалізовані в ПСТ 2b, разом із атомами селену формують тетраедри [Ga 4Se]. Ці тетраедри орієнтовані в напрямку осі *c* та ізольовані один від одного. Величина індексу спотворення (0.03976 (розрахована за довжинами зв'язків)) та ефективного координаційного числа (3.50) тетраєдрів [Ga 4Se] свідчить про їх незначну асиметрію.

Елементний склад синтезованого селеніду було додатково оцінено за допомогою EDAX аналізу. Розраховані ат.% елементів для $\text{Pr}_3\text{Hg}_{0.1}\text{Ga}_{1.6}\text{Se}_7$, Pr: 25.64, Hg: 0.85, Ga: 13.68, Se: 59.83 та знайдені ат.% Pr: 23.12, Hg: 0.49, Ga: 14.72, Se: 61.67. Результати представлені на рисунку 3. Видно, що результати розрахунку структури та елементний аналіз добре узгоджуються між собою.

4. Висновки

Рентгенівським методом порошку вивчено кристалічну структуру нового галійвмісного селеніду $\text{Pr}_3\text{Hg}_{0.1}\text{Ga}_{1.6}\text{Se}_7$ на основі празеодиму. За результатами проведених досліджень встановлено, що цей селенід кристалізується у гексагональній сингонії (СТ La_3CuSi_7 ; ПГ $P6_3$; СП $hP24$) з параметрами елементарної комірки: $a = 1.03539(3)$ нм, $c = 0.63842(3)$ нм., $V = 0.52848(6)$ нм³.

Асиметрична кристалічна структура синтезованого селеніду вказує на його нелінійні оптичні властивості. Додавання атомів ртуті до структури сполуки $\text{Pr}_3\text{Ga}_{1.67}\text{Se}_7$ підвищує ймовірність появи іонної складової міжатомного зв'язку, що сприятиме покращенню термоелектричних властивостей матеріалу.

Елементний склад синтезованих сплавів було підтверджено методиками EDAX- аналізу.

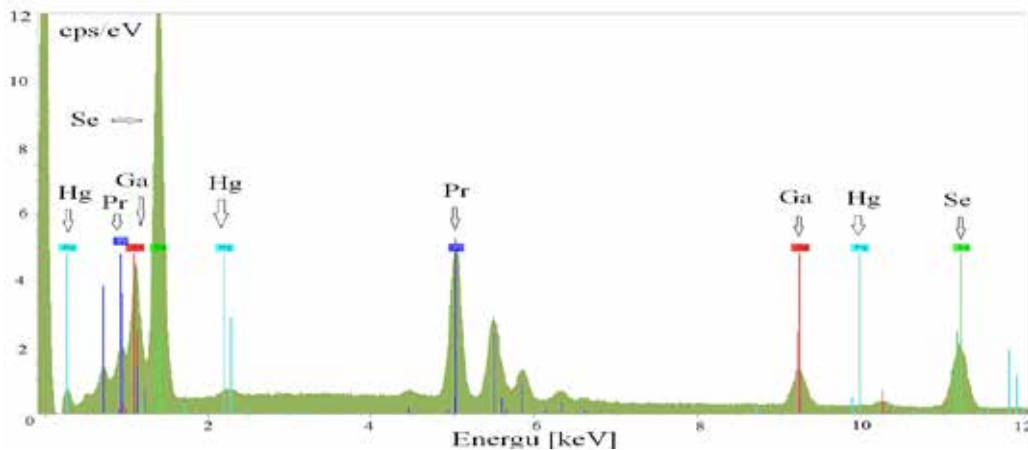


Рис. 3. EDAX спектр для сполуки $\text{Pr}_3\text{Hg}_{0.1}\text{Ga}_{1.6}\text{Se}_7$ (Pr: 23.12±2.74%; Hg: 0.49±0.14%; Ga: 14.72±0.91%; Se: 61.67±4.53%)

Таблиця 3

Міжатомні відстані (δ , нм) та КЧ атомів у сполуці $\text{Pr}_3\text{Hg}_{0.1}\text{Ga}_{1.6}\text{Se}_7$

АТОМИ		δ , нм	КЧ
Pr	- 1Se3	0.2946(3)	7
	- 1Se1	0.2971(4)	
	- 1Se1	0.3022(4)	
	- 1Se2	0.3029(5)	
	- 1Se1	0.3034(4)	
	- 1Se2	0.3061(5)	
	- 1Se2	0.3107(4)	
Ga	- 1Se3	0.2217(8)	4
	- 3Se2	0.2476(5)	
M	- 3Se1	0.2518(6)	6
	- 3Se1	0.3010(8)	

ЛІТЕРАТУРА:

1. Si, Q., Yu, R., Abrahams, E. High-temperature superconductivity in iron pnictides and chalcogenides. *Nat. Rev. Mater.* 2016. 1(4). P. 1-10. doi:10.1038/natrevmats.2016.17
2. Tritt, T. Thermal Conductivity. *Physics of Solids and Liquids.* 2005. 1(4). P. 105-121. doi:10.1007/b136496
3. Eggleton, B., Luther-Davies, B., Richardson, K. Chalcogenide photonics. *Nat. Photon.* 2011. 5(3). P. 141-148. doi:10.1038/nphoton.2011.309
4. Spaldin, N. Magnetic Materials: Fundamentals and Applications. *Cambridge Univer. Press.* 2010. 2. P. 14-21. doi:10.1017/CBO9780511781599
5. Eliseev, A., Kuzmichyeva, G. Handbook on the physics and chemistry of rare earths. *Elsevier Science Publishers B.* 1990. 13(89). P. 191-281.
6. Смітюх О.В. Фазові рівноваги і кристалічна структура проміжних фаз у системах $R_2X_3 - R'_2X_3 - PbX (D^{IV}X_2)$ (R, R' – Y, La, Ce, Pr, Tb, Dy, Ho, Er; $D^{IV} - Si, Ge, Sn$; X – S, Se) за температури 770 K : дис. ... канд. хім. наук : 02.00.01. Ужгород, 2018. 168 с.
7. Мельничук, Х. Системи на основі сполук $R_2S_3, MeS, Sn(Si)S_2$ (R – PЗМ, Me – Pb, Fe, Co, Ni): Фазові рівноваги, кристалічна структура і властивості сульфідних фаз: дис. ... канд. хім. наук : 02.00.01. Ужгород, 2021. 202 с.
8. Blashko, N., Smitiukh, O., Marchuk, O. The crystal structure of $La_3Pb_{0.1}Ga_{1.6}S_7$ and $Pr_3Pb_{0.1}Ga_{1.6}S_7$ compounds. *Physics and chemistry of solid state.* 2022. 23(1). P. 96-100. doi:10.15330/pcss.23.1.96-10
9. Grin, Y., Akselrud, L. WinCSD: Software package for crystallographic calculations (Version 4). *J. Appl. Cryst.* 2014. 47(2). P. 803-805. doi:10.1107/s1600576714001058
10. Momma, K., Izumi, F. VESTA 3 for three-dimensional visualization of crystal, volumetric and morphology data. *J. Appl. Cryst.* 2011. 44(6). P. 1272-1276. doi:10.1107/S0021889811038970
11. Patrie, M., Guittard, M. Chimie minerale. Sur les composés du type $Ce_6Al_{10/3}S_{14}$. *C. R. Acad. Sci.* 1969. 268. P. 1136-1138.
12. Guittard, M., Julien-Pouzol M. Les composés hexagonaux de type La_3CuSiS_7 . *Bull. Soc. Chim. Fr.* 1972. 3. P. 2207-2209.

REFERENCES:

1. Si, Q., Yu, R., Abrahams, E. (2016). High-temperature superconductivity in iron pnictides and chalcogenides. *Nat. Rev. Mater.*, 1(4), 1-10. doi:10.1038/natrevmats.2016.17
2. Tritt, T. (2005). Thermal Conductivity. *Physics of Solids and Liquids.*, 1(4), 105-121. doi:10.1007/b136496
3. Eggleton, B., Luther-Davies, B., Richardson, K. (2011). Chalcogenide photonics. *Nat. Photon.*, 5(3), 141-148. doi:10.1038/nphoton.2011.309
4. Spaldin, N. (2010). Magnetic Materials: Fundamentals and Applications. *Cambridge Univer. Press.*, 2, 14-21. doi:10.1017/CBO9780511781599
5. Eliseev, A., Kuzmichyeva, G. (1990). Handbook on the physics and chemistry of rare earths. *Elsevier Science Publishers B.*, 13(89), 191-281.
6. Smitiukh, O. Fazovi rivnovahy i krystalichna struktura promizhnykh faz u systemach $R_2X_3 - R'_2X_3 - PbX (D^{IV}X_2)$ (de R, R' – Y, La, Ce, Pr, Tb, Dy, Ho, Er; $D^{IV} - Si, Ge, Sn$; X – S, Se) za temperatury 770 K [Phase equilibria and crystal structure of intermediate phases in the $R_2X_3 - R'_2X_3 - PbX (D^{IV}X_2)$ systems (where R, R' – Y, La, Ce, Pr, Tb, Dy, Ho, Er; $D^{IV} - Si, Ge, Sn$; X – S, Se) at temperature 770 K]. *Candidate's thesis.* Uzhhorod [in Ukrainian].
7. Melnychuk, Kh. Systemy na osnovi spolk R₂S₃, MeS, Sn(Si)S₂ (R – Ln, Me – Pb, Fe, Co, Ni): Fazovi rivnovahy, krystalichna struktura i vlastyivosti sulfidnykh faz [Systems based on the compounds $R_2S_3, MeS, Sn(Si)S_2$ (R – Ln, Me – Pb, Fe, Co, Ni): Phase equilibria, crystal structure and properties sulfide phases]. *Candidate's thesis.* Uzhhorod [in Ukrainian].
8. Blashko, N., Smitiukh, O., Marchuk, O. (2022). The crystal structure of $La_3Pb_{0.1}Ga_{1.6}S_7$ and $Pr_3Pb_{0.1}Ga_{1.6}S_7$ compounds. *Physics and chemistry of solid state.*, 23(1), 96-100. doi:10.15330/pcss.23.1.96-10
9. Grin, Y., Akselrud, L. (2014). WinCSD: Software package for crystallographic calculations (Version 4). *J. Appl. Cryst.*, 47(2), 803-805. doi:10.1107/s1600576714001058
10. Momma, K., Izumi, F. (2011). VESTA 3 for three-dimensional visualization of crystal, volumetric and morphology data. *J. Appl. Cryst.*, 44(6), 1272-1276. doi:10.1107/S0021889811038970
11. Patrie, M., Guittard, M. (1969). Chimie minerale. Sur les composés du type $Ce_6Al_{10/3}S_{14}$. *C. R. Acad. Sci.*, 268, 1136-1138.
12. Guittard, M., Julien-Pouzol M. (1972). Les composés hexagonaux de type La_3CuSiS_7 . *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 3, 2207-2209.

УДК 628.2:502/504](477.73-21)(043.2)

DOI <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-3-3>

Людмила ГРИГОР'ЄВА

доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри екології, Чорноморський національний університет імені Петра Могили, вул. 68 Десантників, 10, м. Миколаїв, Україна, 54003

ORCID: 0000-0001-9452-2982

Олена МАКАРОВА

старший викладач кафедри екології, Чорноморський національний університет імені Петра Могили, вул. 68 Десантників, 10, м. Миколаїв, Україна, 54003

ORCID: 0000-0001-8560-5145

Анна АЛЕКСЄЄВА

кандидат технічних наук, доцент кафедри екології, Чорноморський національний університет імені Петра Могили, вул. 68 Десантників, 10, м. Миколаїв, Україна, 54003

ORCID: 0000-0003-0345-8538

Бібліографічний опис статті: Григор'єва, Л., Макарова, О., Алексєєва, А. (2022). Екологічні поллютанти системи дощової каналізації м. Миколаєва. *Проблеми хімії та сталого розвитку*, 3, 19–25, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-3-3>

ЕКОЛОГІЧНІ ПОЛЮТАНТИ СИСТЕМИ ДОЩОВОЇ КАНАЛІЗАЦІЇ М. МИКОЛАЄВА

Стаття присвячена дослідженню хімічного складу і кількісного об'єму надходження полютантів до Бузького лиману з каналізаційними дощовими стоками м. Миколаєва. Як відомо, каналізаційні стоки підприємств промисловості і комунального господарств несуть загрозу суттєвого додаткового навантаження на обмежені регіональні водні ресурси. В першу чергу занепокоєність викликають неконтрольовані стоки дощової каналізації. У м. Миколаєві зареєстровано 49 дощових стоків, з яких 19 мають пряме скидання у відкриті водойми.

Метою роботи виступали дослідження хімічного складу і об'єму каналізаційних дощових міських стоків до Бузького лиману. Матеріалами дослідження виступали результати хімічних аналізів проб води з чотирьох дощових каналізаційних стоків м. Миколаєва, виконаних у 2021 р. Додано матеріали хімічних аналізів проб води з п'яти дощових каналізаційних стоків м. Миколаєва у 1997 р.

Доведено, що у стоках дощової каналізації м. Миколаєва до Бузького лиману присутні фосфати, нафтопродукти, азот нітритний. Кратність перевищень гранично-допустимих концентрацій складає: за біологічним споживанням кисню у 14-37 разів; нітритів у 10-39 разів; хімічного споживання кисню у 7-18 разів. Показано, що з дощовими стоками у Бузький лиман потрапляють свинець, нікель, залізо, мідь, хром, цинк. Наднормативне забруднення дощових вод важкими речовинами пов'язано із забрудненням території пилом, землею, глиною тощо. Наднормативне забруднення нафтопродуктами, важкими металами пов'язано з експлуатацією автотранспорту та промислових підприємств. Показано, що за частину речовин, які забруднюють дощову каналізацію (фосфати, нітрати) здебільшого відповідають самовільні підключення господарсько-побутової та промислової каналізації. Перспективами подальших досліджень є дослідження сорбційної можливості донних відкладень щодо утримання полютантів та оцінка екологічної ємності донних відкладень Бузького лиману.

Ключові слова: стоки дощової каналізації, забруднення, поллютанти, Бузький лиман.

Ljudmila HRYHORIEVA

Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Ecology, Petro Mohyla Black Sea National University, 68 Desantnykiv str., 10, Mykolaiv, Ukraine, 54003

ORCID: 0000-0001-9452-2982

Olena MAKAROVA

Senior Lecturer at the Department of Ecology, Petro Mohyla Black Sea National University, 68 Desantnykiv str., 10, Mykolaiv, Ukraine, 54003

ORCID: 0000-0001-8560-5145

Anna ALEKSIEIEVA

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Ecology, Petro Mohyla Black Sea National University, 68 Desantnykiv str., 10, Mykolaiv, Ukraine, 54003

ORCID: 0000-0003-0345-8538

To cite this article: Hryhor'ieva, L., Makarova, O., Aleksieieva, A. (2022). Ekolohichni poliyutanty systemy doshchovoi kanalizatsii m. Mykolaieva [Environmental pollutants of the rain sewer system mykolaiv city]. *Problems of Chemistry and Sustainable Development*, 3, 19–25, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-3-3>

ENVIRONMENTAL POLLUTANTS OF THE RAIN SEWER SYSTEM MYKOLAIV CITY

The article is devoted to the study of the chemical composition and quantitative volume of pollutants in the Bug estuary with sewage rainwater from Mykolaiv. It is known that sewage from industrial enterprises and utilities is threatened by a significant additional burden on limited regional water resources. Uncontrolled storm sewers are of particular concern. In the city Mykolaiv of 49 rain drains are registered, from which 19 have direct dumping in open reservoirs.

The aim of the work was to study the chemical composition and volume of urban stormwater runoff to the Bug estuary. The materials of the study were the results of chemical analyzes of water samples from four storm sewers in Mykolaiv, performed in 2021. Materials of chemical analyzes of water samples from five rainwater sewage in Mykolaiv in 1997 were added.

It is proved that in drains of the rain sewerage of Mykolaiv to the Bug estuary there are phosphates, oil products, nitrite nitrogen. The frequency of exceeding the maximum allowable concentrations is: for biological oxygen consumption in 14-37 times; nitrites 10-39 times; chemical oxygen demand 7-18 times. It is shown that lead, nickel, iron, copper, chromium, and zinc enter the Bug estuary with rainwater runoff. Excessive pollution of rainwater with suspended solids is associated with pollution of dust, soil, clay, etc. Excessive pollution with petroleum products and heavy metals is associated with the operation of vehicles and industrial enterprises.

It is shown that for some of the substances that pollute the rain sewer (phosphates, nitrates) are mostly responsible for unauthorized connections of domestic and industrial sewers. Prospects for further research are the study of the sorption capacity of bottom sediments for pollutant retention and assessment of the ecological capacity of bottom sediments of the Bug estuary.

Key words: storm sewer drains, pollution, pollutants, Bug estuary.

Актуальність проблеми. Розвиток регіону, який включає територіальні громади м. Миколаєва та прилеглих територій та територія якого відноситься до посушливої зони, а прісні водні ресурси якого обмежені і залежать, головним чином, від притоку з інших регіонів, потребує якісних і безпечних місцевих водних ресурсів р. Південного Бугу, р. Інгулу і Бузького лиману. На якість цих водних ресурсів впливають як глобальні кліматичні зміни, які призводять до підвищення температури водного середовища, так і чимале антропогенне навантаження (Дмитрієва 2013, 2015; Максименко, 2020). м. Миколаїв – це місто з населенням майже півмільйона людей. Каналізаційні стоки підприємств промисловості і комунального господарств несуть загрозу суттєвого додаткового навантаження на обмежені регіональні водні ресурси (Артющенко, 2006; Фельдштейн, 2020). В першу чергу занепокоєність викликають неконтрольовані стоки дощової каналізації (рис. 1). У м. Миколаєві зареєстровано 49 дощових сто-

ків, з яких 19 мають пряме скидання у відкриті водойми. А питання упорядкування в містах існуючого водовідведення відповідно до принципів створення систем водовідведення в країнах ЄС є нагальним до вирішення у багатьох містах нашої держави (Артющенко, 2006).

Мета дослідження: дослідити хімічний склад і об'єм каналізаційних дощових міських стоків до Бузького лиману.

Матеріали і методи дослідження. Матеріалами дослідження виступали:

– результати хімічних аналізів проб води з чотирьох дощових каналізаційних стоків м. Миколаєва, виконаних у 2021 р.;

– результати хімічних аналізів проб води з п'яти дощових каналізаційних стоків м. Миколаєва у 1997 р.

Відбір проб води у 2021 р. здійснено з чотирьох точок дощових стоків, які наведено на рис. 2.

Обрані для дослідження дощові стоки охоплюють всі типові міські території та джерела забруднення:



Рис. 1. Фото дощових зливних стоків, м. Миколаїв, Інгульський міст (а), район Яхт-клубу (б)

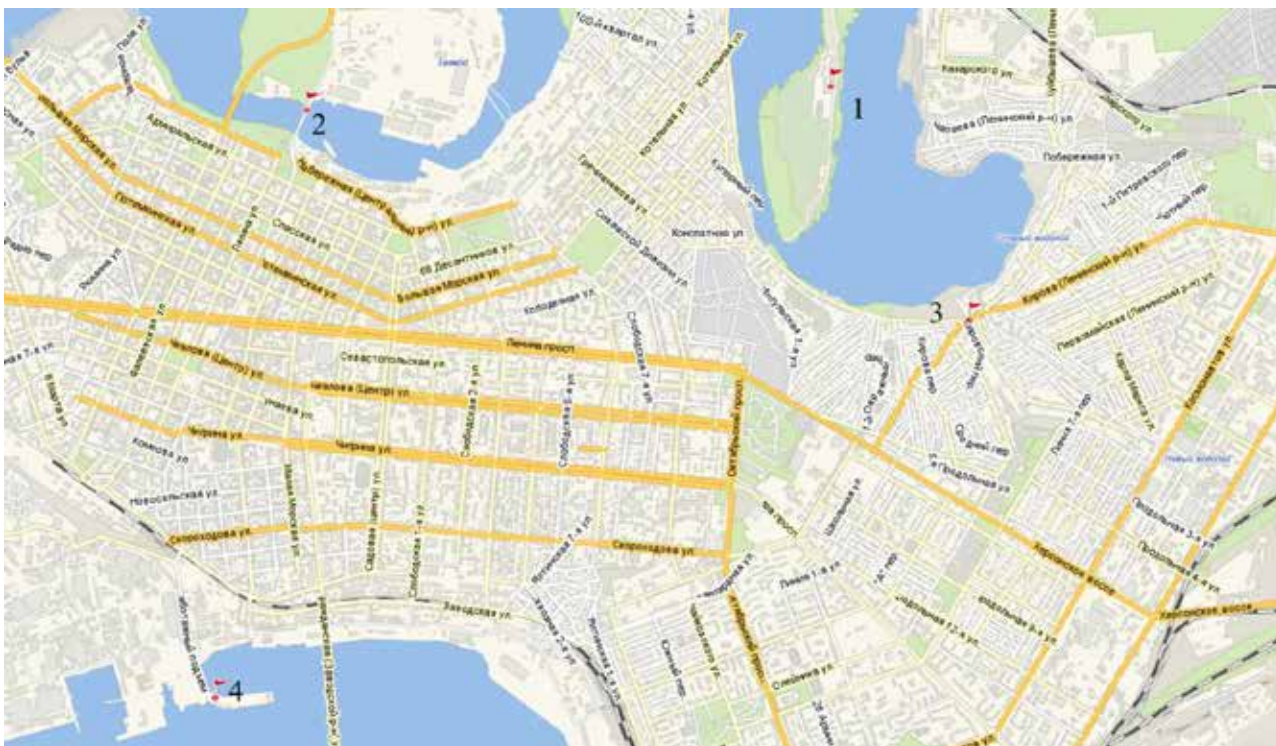


Рис. 2. Схема відбору проб води з 4 дощових каналізаційних стоків у 2021 р.:
№ 1 Аляудівський півострів, р. Інгул; № 2 Понтонний міст, р. Інгул; № 3 поблизу ВТФ «Велам»,
р. Інгул; 4. Каботажна гавань, Бузький лиман.

– № 1 – частина території Центрального району з невисоким автотранспортним рухом, де переважають приватні одно-двоповерхові будівлі;

– № 2 – територія зі жвавим рухом автотранспорту, автотранспортні підприємства, АЗС, багатоповерхова житлова забудова;

– № 3 – частина території Центрального району м. Миколаєва зі жвавим рухом автотранспорту, автотранспортні підприємства, АЗС, багатоповерхова житлова забудова;

– № 4 – нагромаджений важкотонажним автотранспортом під'їзд до морського порту міста; багатоповерхова житлова забудова.

Всі обрані дощові стоки мали стоки води невідомого походження при відсутності опадів, що свідчило про несанкціоноване підключення до них промислової чи побутової каналізації.

Кількісну оцінку скидів забруднюючих речовин з міським дощовим стоком виконано на підставі відомої методики з використанням даних величин стоку з міської території та величини дощових опадів (Гумас, 1983; Фомичева, 2000). Кількість забруднюючої речовини, змитой з міської території за добу (добовий змив), розраховується за найбільш типовим дощем 04.04.2021р. з врахуванням доброї кореляції даних за усіма дощами.

Розрахунок добового змиву виконаний за формулою:

$$M_i^0 = H \cdot S \cdot C_i \cdot 10^{-6} \cdot W_{cp} \cdot K \quad (1)$$

де: M_i^0 – маса забруднюючої речовини, змитого за 1 добу; H – висота шару опадів, м

($H=6,6 \times 10^3$); S – площа міської території, яка враховується (житлова забудовля, зелені насадження загального користування, кладовища, вулиці, дороги, автостоянки) m^2 ($S = 10060 \text{ га} = 1.006 \times 10^8$); C_i – середнє значення масової концентрації забруднюючої речовини в скидах дощової води з врахуванням його фонової концентрації, мг/л; 10^{-6} – коефіцієнт перерахунку мг/л в т/ m^3 ; W_{cp} – середнє значення коефіцієнту стоку з врахуванням міської території, ($W_{cp} = 0,61$); K – коефіцієнт, який характеризує середню концентрацію забруднюючих речовин під час дощу, який прийнято 0,6.

Розрахунок річного змиву забруднюючої речовини M_i^p виконано за формулою:

$$M_i^p = 365 \cdot M_i^0 \quad (2)$$

Основний матеріал дослідження.

Статистично оброблені результати аналізу проб води представлено у таблиці 1.

За результатами порівняння з нормативними величинами можна стверджувати, що всі представлені проби вод мають значні перевищення гранично допустимих концентрацій за вмістом БСК₅, нітритів та ХСК (Нормативи, 2012; Правила 1996). Кратність перевищень за показниками складає: БСК₅ у 14-37 разів; нітрити у 10-39 разів; ХСК у 7-18 разів. Як відомо, основними індикаторами забруднення водойм є вміст органічних речовин та амонійних сполук, бо від них у значній мірі залежать умови збереження необхідного рівня вмісту кисню, що є основою для стабільного розвитку водної екосистеми. Крім того, існують перевищення за вмістом фосфа-

Таблиця 1

Склад та властивості проб води дощової каналізації м. Миколаєва (дата відбору проб 24.02.2021)

Показник якості води	Результати вимірів, мг/л			ГДК	
	Мінімальне значення	Максимальне значення	Середнє значення зі стандартним відхиленням $\bar{X} \pm \sigma(x)$	Значення	Кратність перевищення
Біологічне споживання кисню, БСК ₅ , мгО ₂ /л	42	111	58 ± 12	3,0	14 – 37
Хімічне споживання кисню, мг/л	2,1	5,4	2,9 ± 0,9	0,3	7 – 18
Завислі речовини, мг/л	0,2	1,0	0,8 ± 0,2	0,25	4
Азот амонійний, мг/л	0,05	0,8	0,3 ± 0,1	0,5	2
Нітрити, мг/л	50	1950	690 ± 230	50,0	10 – 39
Нафтопродукти, мг/л	0,10	0,25	0,19 ± 0,02	0,05	2 – 5
Фосфати, мг/л	0,05	0,15	0,10 ± 0,02	0,1	5 – 15

тів, що є проявом впливу господарського-побутової діяльності населення (використання миючих засобів тощо). Високий вміст зазначених речовин у стічних водах системи дощової каналізації може свідчити про наявність несанкціонованого підключення домогосподарств до цієї системи, що є порушенням природоохоронного законодавства України. (20).

Визначене перевищення встановлених гранично допустимої концентрації за вмістом нафтопродуктів може виступати показником потрапляння у ці стоки залишків автотранспортного палива, бо м. Миколаїв відрізняється великим транзитним автотранспортним важко-тонажним потоком.

Проведено орієнтований розрахунок скиду забруднюючих речовин з дощовими каналізаційними стоками у районі м. Миколаєва станом на 2021 р. У таблиці 2 наведено використані у розрахунках дані Миколаївського гідрометцентру щодо кількості дощових опадів у м. Миколаєві у 2021 р. Результати розрахунку скиду забруднюючих речовин з міськими дощовими каналізаційними стоками у Бузький лиман станом на 2021 р. та, для порівняння, у 1997 р., наведено у табл. 3.

Ці величини стоків поллютантів до водної екосистеми Бузького лиману зроблено за 4 дощовими каналізаційними стоками. Збільшивши величини цих показників у 10 разів можна отримати орієнтовану оцінку надхо-

дження поллютантів до Бузького лиману через усі 49 міські дощові каналізаційні стоки. Таким чином, щодобово до Бузького лиману потрапляє до 34 тон різних речовин у завислому стані, 7 тон нафтопродуктів, 0,5 т фосфатів, близько 10 тон амонійного азоту.

Порівняння з результатами аналогічних гідрохімічних досліджень міських дощових каналізаційних стоків у 1997 р. вказало на наявність деякої відмінності у якісному й кількісному складі стоків (табл. 4).

Як видно, за рядом показників кількість поллютантів у дощових каналізаційних стоках суттєво відрізняється. Присутність у стоках, за даними 1997 р., свинця, миш'яка, нікелю, заліза, міді, хрому, цинку вказує на необхідність проведення досліджень на вміст важких металів у дощових каналізаційних стоках

Висновки і перспективи подальших досліджень.

1. У стоках дощової каналізації м. Миколаєва до Бузького лиману присутні фосфати, нафтопродукти, азот нітритний. Кратність перевищень гранично-допустимих концентрацій складає: БСК₅ у 14-37 разів; нітритів у 10-39 разів; ХСК у 7-18 разів.

2. Об'єми надходження поллютантів до Бузького лиману через міські дощові каналізаційні стоки м. Миколаєва у 2021 р. об'єми скидів склали, :

– Завислі речовини: 3,4 т/добу (416,1 т/рік),

Таблиця 2

Дані Миколаївського гідрометцентру щодо кількості дощових опадів у м. Миколаєві у 2021 р.

Дата	Тривалість дощу, ч	Висота шару опадів, см	Середня інтенсивність дощу, мм/год (мм/хвил)
04.04.2021	5,21	2,1	0,35 (0,006)
17.07.2021	6,17	5,7	1,11 (0,019)
26.08.2021	5,18	19,2	2,29 (0,049)
17.09.2021	6,29	3,9	0,90 (0,008)

Таблиця 3

Результати розрахунку скиду забруднюючих речовин з дощовими каналізаційними стоками у районі м. Миколаєва станом на 2021 р.

Назва забруднюючої речовини	Добовий скид з міської території, т	Річний скид з міської території, т
Завислі речовини	3,4	416,1
Нафтопродукти	0,722	263,53
Фосфати	0,050	18,25
ХСК	11,02	4022,3
БСК 5	22,04	8004,6
Нітрити	0,043	15,69
Азот амонійний	1,14	416,1

Порівняння якісного й кількісного складів міських дощових каналізаційних стоків у Бузький лиман у 2021 р. та у 1997 р.

Назва забруднюючої речовини	Добовий змив з міської території, т/добу		Річний змив з міської території, т/рік	
	1997 рік	2021 рік	1997 рік	2021 рік
Зважені речовини	143,394	3,4	52333,8	416,1
Нафтопродукти	0,289	0,722	105,49	263,53
Свинець	0,0188	-*	6,862	-*
Миш'як	0,00007	-*	0,0268	-*
Нікель	0,008	-*	2,92	-*
Залізо	0,858	-*	313,17	-*
Мідь	0,023	-*	8,395	-*
Хром +3	0,0015	-*	0,547	-*
Цинк	0,027	-*	9,855	-*
ХСК	10,318	11,02	3766,07	4022,3
БСК 5	12,497	22,04	4561,4	8004,6
БСК 20	13,015	-*	4750,48	-*
СПАР	0,023	-*	8,395	-*
Нітрити	0,050	0,043	18,25	15,69
Азот амонійний	0,241	1,14	87,97	416,1

* – не вимірювали

- Азот амонійний: 1,14 т/добу (416,1 т/рік),
- Нітрити: 0,043 т/добу (15,69 т/рік),
- Нафтопродукти: 0,722 т/добу (263,53 т/рік),
- Фосфати: 0,050 т/добу.

3. З дощовими стоками у Бузький лиман також потрапляють: свинець, нікель, залізо, мідь, хром, цинк. Наднормативне забруднення дощових вод завислими речовинами пов'язано із забрудненням територій пилом, землею, глиною тощо. Наднормативне забруднення нафтопродуктами, важкими металами пов'язано з експлуатацією автотранспорту та промислових підприємств. Вважаємо, що за частину

речовин, які забруднюють дощову каналізацію (фосфати, нітрати) здебільшого відповідають самовільні підключення господарсько-побутової та промислової каналізації. Всі обрані дощові стоки мали стоки води невідомого походження при відсутності опадів, що свідчить про несанкціоноване підключення до них промислових чи побутових каналізацій.

4. Перспективами подальших досліджень є: дослідження сорбційної можливості донних відкладень щодо утримання поллютантів та оцінка екологічної ємності донних відкладень Бузького лиману.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Артющенко О. В. Система басейнового управління водними ресурсами як складова організаційно-економічного механізму водокористування: *Вісник Нац. ун-ту водного господарства та природокористування*. Економіка: зб. наук. пр. НУВГП. – Рівне, 2006.
2. Гумас Р. Расчеты гидрографа ливневого стока / Охрана водисточников и рациональное их использование, Вильнюс, 2003. – С. 134
3. Дикаревский В. Отведение и очистка поверхностных сточных вод. Л.: Стройиздат, 1990. – 235 с.
4. Дмитрієва О.О., Хоренжая І.В. Екологічно безпечне водовідведення з території м. Одеса в аварійних ситуаціях: Харків, 2013 – 37 с.
5. Дмитрієва О.О., Хоренжая І.В. Організація екологічно безпечного водовідведення в населених пунктах України // *Екологічні науки*, № 10, 2004. – С. 131-138.
6. Максименко О.А. Удосконалення систем відведення та очищення зливових стоків машинобудівних підприємств для забезпечення екологічної безпеки: дисс. канд. тех. Наук: 21.06.01. Харків, 2020. – 186 с.

7. Нормативи екологічної безпеки водних об'єктів, що використовуються для потреб рибного господарства: Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України, 30.07.2012, № 4713
8. Правила охорони внутрішніх морських вод і територіального моря від забруднення та засмічення: Постанова Кабінету Міністрів, № 269, 29.02.1996
9. Фельдштейн Е. Г. Совершенствование систем очистки поверхностного стока предприятий первой группы на примере автотранспортных предприятий : дис... канд. техн. наук 05.23.04. – Волгоград, 2014. – 191 с.
10. Фомичева Г.И., Вдовин Ю.И., Лушкин И.А. Совместное отведение дренажно-ливневого стока: Материалы IV международного конгресса / Вода: экология и технология, М.: Экватек, 2000. – С. 57.

REFERENCES:

1. Artjushhenko, O. V. (2006). Systema basejnovogho upravlinnja vodnymy resursamy jak skladova orghanizacijno-ekonomichnogho mekhanizmu vodokorystuvannja [*The system of basin management of water resources as a component of the organizational and economic mechanism of water use*]. Rivne: Ekonomika [in Ukrainian]
2. Ghumas, R. (2003). Raschetы ghydroghrafa lylvnevoгho stoka [*Calculations of stormwater hydrograph / Protection of water sources and their rational use*]. Vilnus [in Russian]
3. Dykarevskij, V. (1990). Otvedenye y ochystka poverkhnostnykh stochnykh vod [*Drainage and treatment of surface wastewater*]. Leningrad: Strojyzdat [in Russian]
4. Dmytrijeva, O.O., & Khorenzhaja, I.V. (1990). Ekologhichno bezpechne vodovidvedennja z terytoriji m. Odesa v avarijnykh sytuacijakh [*Ecologically safe drainage from the territory of Odesa in emergency situations*]. Kharkiv [in Ukrainian].
5. Dmytrijeva, O.O., & Khorenzhaja, I.V. (2004). Orghanizacija ekologhichno bezpechnogho vodovidvedennja v naselenykh punktakh Ukrajinny [*Organization of ecologically safe drainage in the settlements of Ukraine*]. Kyiv: Environmental sciences [in Ukrainian].
6. Maksymenko, O.A. (2020). Udoskonalennja system vidvedennja ta ochyshhennja zlyvovykh stokiv mashynobudivnykh pidprijemstv dlja zabezpečennja ekologhichnoji bezpeky [*Improving drainage and sewage treatment systems of machine-building enterprises to ensure environmental safety*]. Kharkiv [in Russian].
7. Normatyvy ekologhichnoji bezpeky vodnykh ob'ektiv, shho vykorystovujutjsja dlja potreb rybnogho ghospodarstva (2012) [*Standards of ecological safety of water bodies used for the needs of fisheries*]. Kyiv [in Ukrainian].
8. Pravyly okhorony vnutrishnykh morsjkykh vod i terytorialnogho morja vid zabrudnennja ta zasmichennja (1996) [*Rules of protection of internal sea waters and territorial sea from pollution and clogging*]. Kyiv [in Ukrainian].
9. Feljdshtejn, E. Gh. (2014). Sovershenstvovanye system ochystky poverkhnostnogho stoka predprijatyj pervoj ghruppy na prymere avtotransportnykh predprijatyj [*Feldstein EG Improvement of surface runoff treatment systems of the first group of enterprises on the example of motor transport enterprises*]. Volghograd [in Russian].
10. Fomycheva, Gh.Y., & Vdovyn, Ju.Y., & Lushkyn, Y.A. (2000). Sovmestnoe otvedenye drenazhno-lyvnevoгho stoka [*Sovmestnoe otvedenye drenazhno-lyvnevoгho stoka*]. Moscow [in Russian].

УДК 502.51: 556.53(477)

DOI <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-3-4>

Любомир ГУЛАЙ

доктор хімічних наук, професор, завідувач кафедри хімії та технологій, Волинський національний університет імені Лесі Українки, просп. Волі, 13, м. Луцьк, Волинська обл., Україна, 43025

ORCID: 0000-0003-3495-5027

Олена ДЖАМ

кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища, Волинський національний університет імені Лесі Українки, просп. Волі, 13, м. Луцьк, Волинська обл., Україна, 43025

ORCID: 0000-0003-2222-3734

Ольга КАРАЇМ

кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища, Волинський національний університет імені Лесі Українки, просп. Волі, 13, м. Луцьк, Волинська обл., Україна, 43025

ORCID: 0000-0002-1722-4110

Зоряна ЛАВРИНЮК

кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища, Волинський національний університет імені Лесі Українки, просп. Волі, 13, м. Луцьк, Волинська обл., Україна, 43025

ORCID: 0000-0002-1906-3330

Бібліографічний опис статті: Гулай, Л., Джам, О., Караїм, О., Лавринюк, З., (2022). Екологічний стан поверхневих вод р. Прип'ять. *Проблеми хімії та сталого розвитку*, 3, 26–35, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-3-4>

ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ПОВЕРХНЕВИХ ВОД Р. ПРИП'ЯТЬ

На сьогодні до найбільш дефіцитних ресурсів на нашій планеті можна віднести прісну воду, а якість цієї води є глобальною проблемою для населення, адже вона належить до найважливіших характеристик водних ресурсів. Антропогенне забруднення гідросфери має глобальний характер і суттєво зменшує доступні експлуатаційні ресурси прісної води на планеті. Крім хімічного забруднення водою має місце також механічне, термічне і біологічне забруднення. Необхідно вдосконалювати систему спостережень за рівнем забруднення водних об'єктів для одержання достовірної інформації про якість води та її зміни під дією антропогенних факторів.

У роботі проведено дослідження якості поверхневих вод річки Прип'ять у с. Річиця Волинської області протягом 2019-2020 рр. Виконано структурування даних основних статистичних характеристик для ряду хімічних показників води у створі. Проаналізовано динаміку фізико-хімічних показників протягом визначеного періоду. Проведено порівняльний аналіз концентрацій компонентів сольового складу річкових вод.

Проведено екологічну оцінку якості поверхневих вод р. Прип'ять за блоковими індексами: показників сольового складу, трофо-сапробіологічного складу та показників специфічних речовин токсичної дії. Відповідно до розрахованого значення комплексного екологічного індексу виділено класи і категорії якості поверхневих вод за ступенем їх забруднення. Визначені за цими показниками класи і категорії якості вод відображають природний стан водного об'єкта і ступінь антропогенного навантаження, а також необхідні для планування водоохоронної діяльності, здійснення екологічного і еколого-економічного районування і картографування. Визначений і досліджений вплив природних і антропогенних факторів на формування хімічного складу і якості річкових вод басейну досліджуваної річки.

Ключові слова: поверхневі води, екологічна оцінка, якість води.

Lubomir GULAY

Doctor of Science in Chemistry, Professor, Head of the Department of chemistry and technology, Lesya Ukrainka Volyn National University, 13 Voli Ave., Lutsk, Volyn region, Ukraine, 43025

ORCID: 0000-0003-3495-5027

Olena DZHAM

PhD of Chemistry, Docent, Associate Professor of the Department of Ecology and Protection of Environment, Lesya Ukrainka Volyn National University, 13 Voli Ave., Lutsk, Volyn region, Ukraine, 43025

ORCID: 0000-0003-2222-3734

Olha KARAIM

PhD of Economics, Docent, Associate Professor of the Department of Ecology and Protection of Environment, Lesya Ukrainka Volyn National University, 13 Voli Ave., Lutsk, Volyn region, Ukraine, 43025

ORCID: 0000-0002-1722-4110

Zoryana LAVRYNYUK

PhD of Chemistry, Docent, Associate Professor of the Department of Ecology and Protection of Environment, Lesya Ukrainka Volyn National University, 13 Voli Ave., Lutsk, Volyn region, Ukraine, 43025

ORCID: 0000-0002-1906-3330

To cite this article: Gulay, L., Dzham, O., Karaim, O., Lavrynyuk, Z., (2022). Ecological condition of the surface waters of the Pripyat river. *Problems of Chemistry and Sustainable Development*, 3, 26–35, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-3-4>

ECOLOGICAL CONDITION OF THE SURFACE WATERS OF THE PRIPYAT RIVER

Today, fresh water is one of the most scarce resources on our planet, and the quality of this water is a global problem for the population, because it is one of the most important characteristics of water resources. Anthropogenic pollution of the hydrosphere has a global character and significantly reduces the available exploitable resources of fresh water on the planet. In addition to chemical pollution of water bodies, there is also mechanical, thermal and biological pollution. It is necessary to improve the system of monitoring the level of pollution of water bodies in order to obtain reliable information about water quality and its changes under the influence of anthropogenic factors.

In the work, a study of the surface water quality of the Pripyat River in the village of River of the Volyn region during 2019-2020. Data structuring of basic statistical characteristics for a number of chemical indicators of water in the body was carried out. The dynamics of physical and chemical indicators during the specified period were analyzed. A comparative analysis of concentrations of the components of the saline composition of river waters was carried out.

An ecological assessment of the surface water quality of the Pripyat River was carried out according to block indices: indicators of salt composition, tropho-saprobiological composition and indicators of specific toxic substances. According to the calculated value of the complex ecological index, the classes and categories of surface water quality according to the degree of their pollution are selected. The classes and categories of water quality determined by these indicators reflect the natural state of the water body and the degree of anthropogenic load, and are also necessary for planning water protection activities, implementing ecological and ecological-economic zoning and mapping. The influence of natural and anthropogenic factors on the formation of the chemical composition and quality of river waters of the studied river basin was determined and investigated.

Key words: nature reserve, flora and fauna, ecological status.

Актуальність проблеми. Водні ресурси забезпечують усі сфери життя і господарської діяльності людини, визначають можливості розвитку промисловості й сільського господарства, розміщення населених пунктів, організації відпочинку й оздоровлення людей. Саме тому необхідно постійно контролювати їх якість. Також не потрібно забувати, що практично всі великі річки України є інтегрованими в єдину

гідрологічну систему, яка функціонує і за межами нашої держави. Забруднюючі речовини, які потрапили у воду на території однієї країни, легко можуть мігрувати до інших і спричинити негативні наслідки. Тож необхідно здійснювати спостереження, контролювати якість води на міжнародному рівні, а також поєднувати зусилля і засоби держав для охорони водних ресурсів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питання гідрохімії річкових вод описані у (Вишневецький В. І., 2000; Джам О. А., 2020). Оцінка екологічного стану річок Волині зроблена у (Мольчак Я. О., 1999; Тімченко З. В., 2000). Методика оцінки якості поверхневих вод представлена у (Величко О. М., 2002; Романенко В. Д., 1998).

Метою дослідження є гідрохімічний аналіз якості поверхневих вод річки Прип'ять, екологічний стан води у річці.

Виклад основного матеріалу дослідження. Прип'ять – річка, що знаходиться у Волинській, Рівненській та Київській областях України, є правою притокою Дніпра. Також Прип'ять протікає на території Республіки Білорусь в межах Брестської та Гомельської областей. Річка є першою за величиною водною артерією Волинської області, Прип'ять належить до басейну Дніпра (Вишневецький В. І., 2000).

Річка Прип'ять бере початок між селами Будники та Рогові Смоляри Любомльського (нині Ковельського) району Волинської області. Здолавши 204 км по Волинській обл., нижче за течією річка перетинає державний кордон Білорусі. На території Білорусі Прип'ять змінює напрям на східний і тече понад 500 км Поліською низовиною здебільшого в низьких заболочених берегах. Останні 50 км річка знову тече територією України і впадає в декількох кілометрах південніше м. Чорнобиля в Київське водосховище. Поблизу Чорнобильської АЕС русло Прип'яті було штучно змінено і побудовано судноплавний канал довжиною 12 кілометрів.

Живлення Прип'яті та її приток змішане, найбільше води до річки прибуває у період танення снігу. Водний режим характеризується тривалою весняною повінню і короткочасною літньою меженню, яка іноді порушується дощовими паводками. Майже кожної осені спостерігається підняття рівня води. Весняний стік становить 60–65%, підйом води становить до 4 м, на ділянках зі звуженою заплавою – майже 7 м. Бувають і катастрофічні паводки, коли ширина розливу може досягати 32 метрів. Замерзає річка Прип'ять на початку зими, а скресає наприкінці березня, тоді і починається весняна повінь. Товщина льоду може сягати до 65 сантиметрів, але в теплі зими річка може не замерзати взагалі (Мольчак Я. О., 1999).

Відомо, що річка протікає по радіоактивно забрудненим територіям і саме в цей період винесення радіонуклідів річкою збільшується. На сьогоднішній день існує проблема забруднення річки недостатньо очищеними стічними водами.

Клімат в басейні р. Прип'ять помірно-континентальний, з теплим вологим літом та достатньо м'якою зимою. Клімат басейну Прип'яті формується під впливом циркуляції атмосфери, яка характеризується переміщенням повітряних мас з Північної Атлантики, Середземномор'я, а також Арктики. Кліматичні умови є одним з головних чинників, що впливають на формування басейнової системи. Безумовно, опади, температура і вологість впливають і на гідрологічний режим, і на рельєф, ґрунти, біоту, а також на перебіг геохімічних та геофізичних процесів. Опади ж безпосередньо впливають на величину поверхневого стоку. До головних чинників, які впливають на клімат належать атмосферна циркуляція, а також сонячна радіація та підстилаюча поверхня.

Територія басейну Прип'яті має сприятливі умови рельєфу, відносно високе зволоження і формує густу та різноманітну мережу поверхневих вод. Крім річок, у гідрографічній сітці Прип'ятського екокоридору значне місце посідають озера різного походження. За умовами утворення всі озера долини Прип'яті та Шацького поозер'я поділяються на три типи: карстові, льодовикові й річкові (заплавні) (Мольчак Я. О., 1999; Тімченко З. В., 2000).

Прип'ять займає близько 35% водних ресурсів, які ідуть на потреби народного господарства: промислові підприємства, сільське господарство, господарсько-питні потреби та потреби для транспорту.

Моніторинг стану якості поверхневих вод річки Прип'ять проводився у 2019–2020 роках. Основними показниками, що бралися до уваги: завислі речовини, рН, розчинений кисень, БСК5, хлориди, сульфати, фосфати, азот амонійний, нітратний та нітритний, феноли, залізо загальне, мідь, цинк, хром, кремній, СПАР, нафтопродукти. Оцінка якості поверхневих вод здійснювалася на основі аналізу отриманих даних стосовно величин гідрохімічних показників у порівнянні з відповідними значеннями їх ГДК та фоновими показниками. Нижче наведені графіки зміни деяких речовин, для яких спостерігалися значні відхилення від норм.

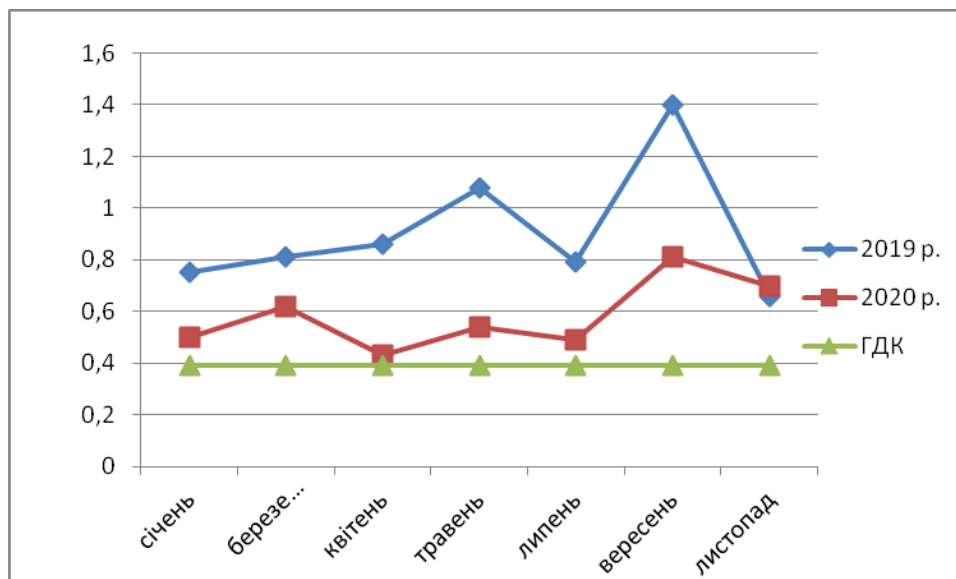


Рис. 1. Динаміка вмісту нітрогену амонійного, мг N/дм³

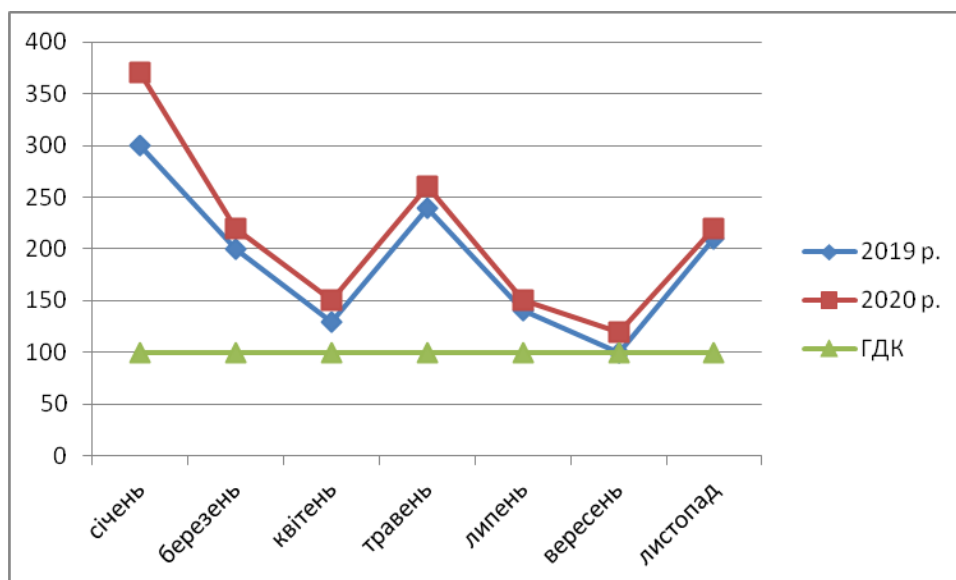


Рис. 2. Динаміка вмісту заліза загального, мкг Fe/дм³

Протягом усього досліджуваного періоду вміст нітрогену амонійного у річці Прип'ять постійно перебуває вище меж нормативного значення. У вересні 2020 року це перевищення складає 3,5ГДК.

Вміст заліза загального у водах р. Прип'ять на пункті спостережень протягом усіх місяців перевищував допустимі норми. У межах ГДК цей показник знаходився лише в вересні 2019 р., проте у січні 2020 року він є найбільшим за весь час спостережень і перевищує допустимий рівень у 3,7 рази.

Показники хрому загального як у 2019 році так і в 2020 році набувають різних значень і всі

ці значення перевищують норми ГДК. Найбільше перевищення спострігається у вересні 2020 р. (8 ГДК).

Протягом 2019-2020 рр. можна спостерігати різке коливання показників вмісту міді. У березні таке значення лежить у межах 9 ГДК, а у травні – 10 ГДК.

Визначені значення індексу забруднення компонентами сольового складу показані на рис. 5.

Згідно значень індексу I₁ поверхневі води річки Прип'ять віднесені до певних класів та категорій якості води (табл. 1) у 2019 році та (табл. 2) у 2020 році.

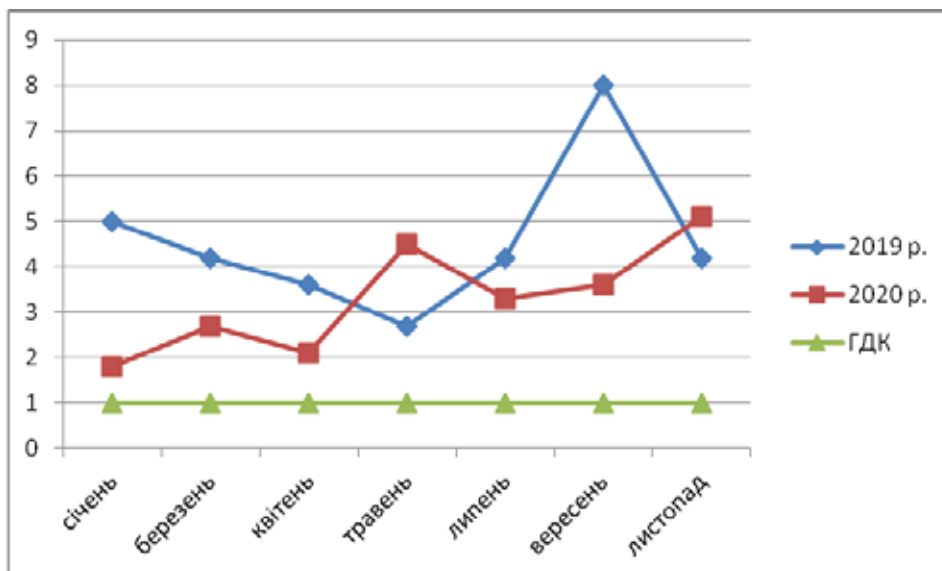


Рис. 3. Динаміка вмісту хрому загального, мкг Cr/дм³

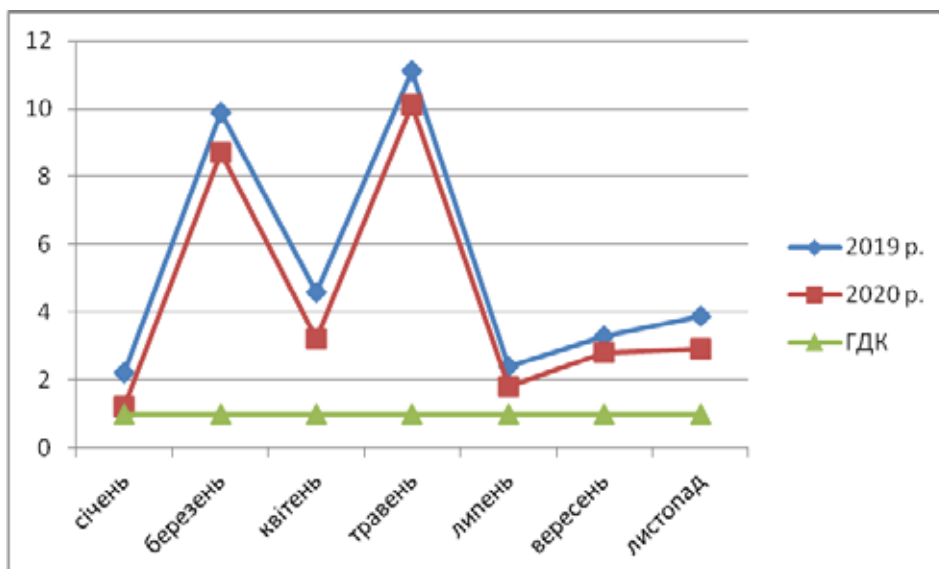


Рис. 4. Динаміка вмісту міді, мкг Cu/дм³

Динаміка індексу трофо-сапробіологічних показників представлена на рис. 6.

Відповідно до значень індексу I_2 встановлена якість води річки у с. Річиця (табл. 3, 4).

Яких значень набуває індекс специфічних показників токсичної протягом досліджуваного періоду можна побачити на рис. 7.

Класи і категорії води за індексом I_3 досліджуваного створу визначені у табл. 5 та табл. 6.

Завершальний етап досліджень – визначення комплексного екологічного індексу (рис. 8).

Класи та категорії якості води р. Прип'ять у створі с. Річиця згідно індексу I_E протягом 2019 р. та протягом 2020 р. представлено у таблицях 7 та 8 відповідно.

Суббасейн Прип'яті знаходиться в межах двох доволі немалих міст – Луцьк та Рівне. Однозначно, що населення цих регіонів здійснює навантаження та впливає на екологічний стан поверхневих вод. Найбільш суттєвим видом забруднення у цьому випадку є забруднення органічними речовинами.

Сільське господарство також здійснює вплив басейн Прип'яті. Разом зі стічними водами у поверхневі води потрапляють різні мінеральні добрива, органіка, а розорювання земель спричинює ерозію. Небезпеку для поверхневих вод басейну річки Прип'ять становлять і пестициди – речовини, які останнім часом набули широкого використання в аграрній сфері.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Згідно аналізу отриманих результатів вимірювань забруднюючих речовин у воді річки Прип'ять у 2019 – 2020 роках найбільші перевищення гранично допустимих концентрацій

у створі с. Річиця зафіксовані по вмісту іонів амонію, заліза загального, хрому загального та міді. Вміст всіх інших досліджуваних компонентів знаходиться в межах норми за виключенням поодиноких випадків невеликого перевищення ГДК.

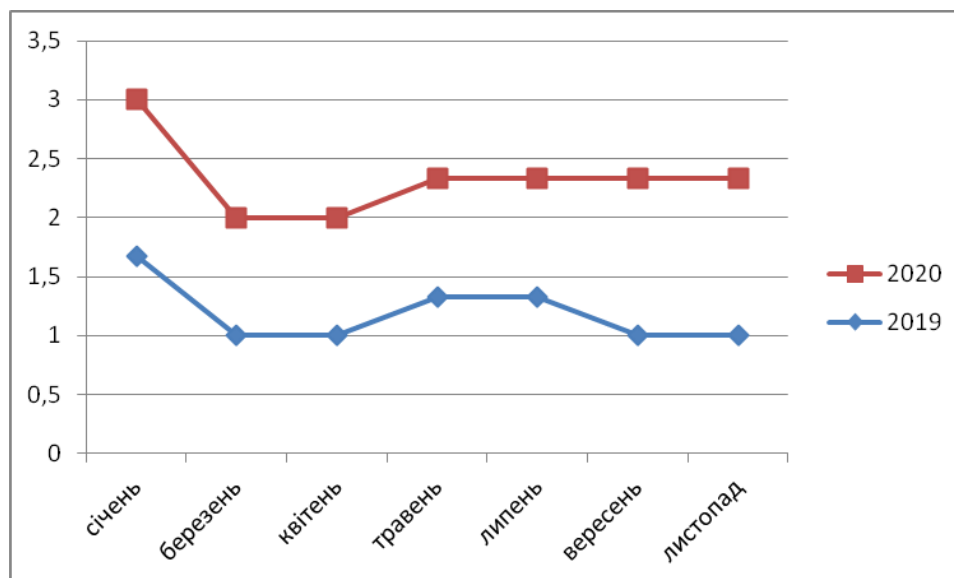


Рис. 5. Динаміка індексу забруднення компонентами сольового складу, I_1

Таблиця 1

Класи та категорії якості води відповідно до значення блокового індексу I_1 у 2019 р.

дата відбору проб	I_1	категорія якості	клас якості	клас якості за станом	категорія якості за станом	клас якості за ступенем чистоти	категорія якості за ступенем чистоти
січень	1,67	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
березень	1	1	I	відмінні	відмінні	дуже чисті	дуже чисті
квітень	1	1	I	відмінні	відмінні	дуже чисті	дуже чисті
травень	1,33	1	I	відмінні	відмінні	дуже чисті	дуже чисті
липень	1,33	1	I	відмінні	відмінні	дуже чисті	дуже чисті
вересень	1	1	I	відмінні	відмінні	дуже чисті	дуже чисті
листопад	1	1	I	відмінні	відмінні	дуже чисті	дуже чисті

Таблиця 2

Класи та категорії якості води відповідно до значення блокового індексу I_1 у 2020 р.

дата відбору проб	I_1	категорія якості	клас якості	клас якості за станом	категорія якості за станом	клас якості за ступенем чистоти	категорія якості за ступенем чистоти
січень	1,33	1	I	відмінні	відмінні	дуже чисті	дуже чисті
березень	1	1	I	відмінні	відмінні	дуже чисті	дуже чисті
квітень	1	1	I	відмінні	відмінні	дуже чисті	дуже чисті
травень	1	1	I	відмінні	відмінні	дуже чисті	дуже чисті
липень	1	1	I	відмінні	відмінні	дуже чисті	дуже чисті
вересень	1,33	1	I	відмінні	відмінні	дуже чисті	дуже чисті
листопад	1,33	1	I	відмінні	відмінні	дуже чисті	дуже чисті

У 2019 році клас якості води за станом у р. Прип'ять можна охарактеризувати як «добрі» і категорію якості за станом як «дуже добрі», клас якості за ступенем чистоти як «чисті», категорія якості за ступенем чистоти –

«чисті». Вода у 2020 році по класу якості за станом у створі є «добрі» і має категорію якості за станом як «дуже добрі», клас якості за ступенем чистоти – «чисті», категорія якості за ступенем чистоти – «чисті».

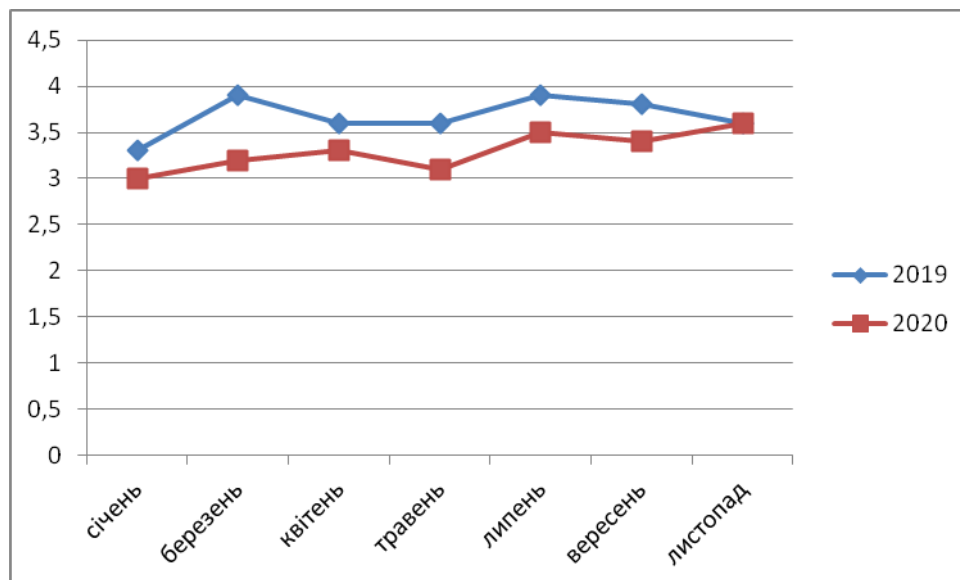


Рис. 6. Динаміка індексу трофо-сапробіологічних показників, I₂

Таблиця 3

Класи та категорії якості води відповідно до значення блокового індексу I₂ у 2019 р.

дата відбору проб	I ₂	категорія якості	клас якості	клас якості за станом	категорія якості за станом	клас якості за ступенем чистоти	категорія якості за ступенем чистоти
січень	3,3	3	II	добрі	добрі	чисті	досить чисті
березень	3,9	4	III	задовільні	задовільні	забруднені	слабко забруднені
квітень	3,6	3	II	добрі	добрі	чисті	досить чисті
травень	3,6	3	II	добрі	добрі	чисті	досить чисті
липень	3,9	4	III	задовільні	задовільні	забруднені	слабко забруднені
вересень	3,8	4	III	задовільні	задовільні	забруднені	слабко забруднені
листопад	3,6	3	II	добрі	добрі	чисті	досить чисті

Таблиця 4

Класи та категорії якості води відповідно до значення блокового індексу I₂ у 2020 р.

дата відбору проб	I ₂	категорія якості	клас якості	клас якості за станом	категорія якості за станом	клас якості за ступенем чистоти	категорія якості за ступенем чистоти
січень	3	3	II	добрі	добрі	чисті	досить чисті
березень	3,2	3	II	добрі	добрі	чисті	досить чисті
квітень	3,3	3	II	добрі	добрі	чисті	досить чисті
травень	3,1	3	II	добрі	добрі	чисті	досить чисті
липень	3,5	3	II	добрі	добрі	чисті	досить чисті
вересень	3,4	3	II	добрі	добрі	чисті	досить чисті
листопад	3,6	3	II	добрі	добрі	чисті	досить чисті

Головним джерелом забруднення басейну Прип'яті є скиди стічних сільськогосподарських, побутових та промислових вод з прилеглих населених пунктів. Для забезпечення покращення якості поверхневих вод басейну

річки Прип'ять потрібно проводити моніторинг за станом басейнової системи за допомогою збільшення кількості спостережень за гідрологічним режимом річки, контролювати та регулювати скиди забруднюючих речовин.

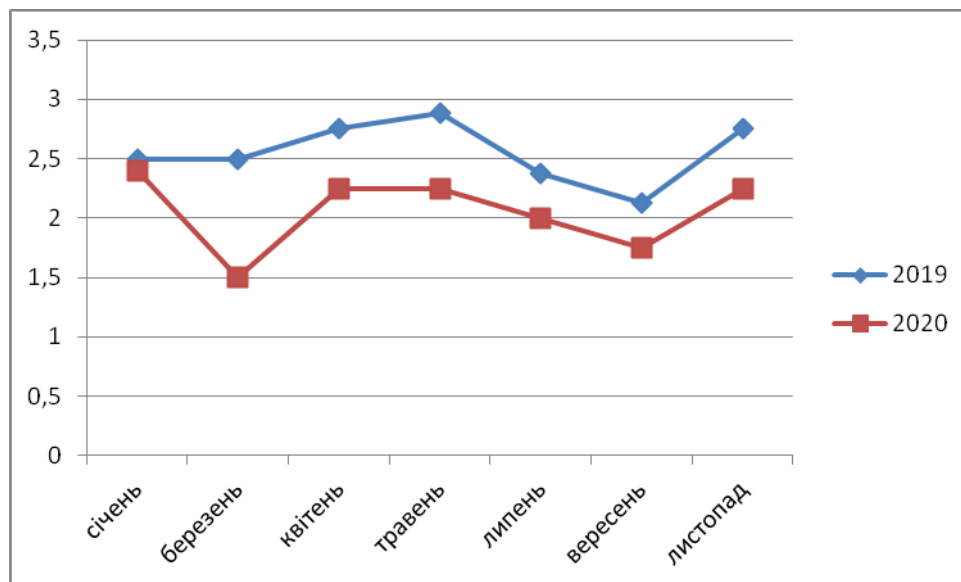


Рис. 7. Динаміка індексу специфічних показників токсичної дії, I₃

Таблиця 5

Класи та категорії якості води відповідно до значення блокового індексу I₃ у 2019 р.

дата відбору проб	I ₃	категорія якості	клас якості	клас якості за станом	категорія якості за станом	клас якості за ступенем чистоти	категорія якості за ступенем чистоти
січень	2,5	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
березень	2,5	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
квітень	2,75	3	II	добрі	добрі	чисті	досить чисті
травень	2,88	3	II	добрі	добрі	чисті	досить чисті
липень	2,38	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
вересень	2,13	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
листопад	2,75	3	II	добрі	добрі	чисті	досить чисті

Таблиця 6

Класи та категорії якості води відповідно до значення блокового індексу I₃ у 2020 р.

дата відбору проб	I ₃	категорія якості	клас якості	клас якості за станом	категорія якості за станом	клас якості за ступенем чистоти	категорія якості за ступенем чистоти
січень	2,4	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
березень	1,5	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
квітень	2,25	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
травень	2,25	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
липень	2,0	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
вересень	1,75	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
листопад	2,25	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті

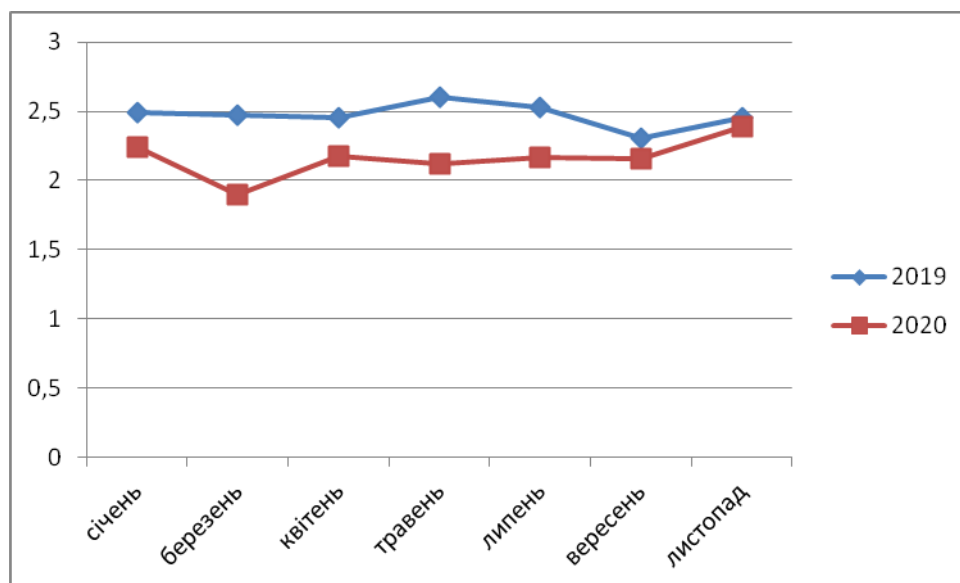


Рис. 8. Динаміка комплексного екологічного індексу, I_E

Таблиця 7

Класи та категорії якості води відповідно до значення комплексного екологічного індексу I_E у 2019 р.

дата відбору проб	I _E	категорія якості	клас якості	клас якості за станом	категорія якості за станом	клас якості за ступенем чистоти	категорія якості за ступенем чистоти
січень	2,49	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
березень	2,47	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
квітень	2,45	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
травень	2,6	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
липень	2,53	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
вересень	2,31	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
листопад	2,45	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті

Таблиця 8

Класи та категорії якості води відповідно до значення комплексного екологічного індексу I_E у 2020 р.

дата відбору проб	I _E	категорія якості	клас якості	клас якості за станом	категорія якості за станом	клас якості за ступенем чистоти	категорія якості за ступенем чистоти
січень	2,24	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
березень	1,9	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
квітень	2,18	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
травень	2,12	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
липень	2,17	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
вересень	2,16	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
листопад	2,39	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті

ЛІТЕРАТУРА:

1. Величко О. М., Зеркалов Д. В. Контроль забруднення довкілля. К.: Либідь, 2002. 255 с.
2. Вишневецький В. І. Річки і водойми України: стан і використання. К.: Віпол, 2000. 376 с.
3. Джам О. А., Караїм О. А. Екологічна оцінка якості поверхневих вод р. Пруднік. *Науковий вісник Східно-європейського національного університету імені Лесі Українки. Серія: Біологічні науки.* 2020. № 2. С. 31-37.
4. Мольчак Я. О., Мігас Р. В. Річки Волині. Луцьк: Надстир'я, 1999. 176 с.
5. Романенко В. Д., Жукінський В. М. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. К.: Держмінекобезпеки України, 1998, 28 с.
6. Тімченко З. В. Оцінка екологічного стану малих річок. Луцьк: РВВ «Вежа» Волин. держ. ун-ту ім. Лесі Українки, 2000. 320 с.

REFERENCES:

1. Velychko, O. M., & Zerkalov, D. V. (2002). *Kontrol zabrudnennia dovkillia [Environmental pollution control]*. Kyiv: Lybid [in Ukrainian].
2. Vyshnevskiy, V. I. (2000). *Richky i vodoimy Ukrainy: ctan i vykorystannia [Rivers and reservoirs of Ukraine: state and use]*. Kyiv: Vipol [in Ukrainian].
3. Dzham, O. A., & Karaim, O. A. (2020). Ekolohichna otsinka yakosti poverkhnevyykh vod r. Prudnik [Environmental assessment of surface water quality of the Prudnik River]. *Naukovyi visnyk Skhidnoievropeiskoho natsionalnoho universytetu imeni Lesi Ukrainky. Serii: Biolohichni nauky, 2*, 31-37 [in Ukrainian].
4. Molchak, Ya. O., & Mihasya, R. V. (1999). *Richky Volyni [Rivers of Volyn]*. Lutsk: Nadstyria [in Ukrainian].
5. Romanenko, V. D., & Zhukinskyi, V. M. (1998). *Metodyka ekolohichnoi otsinky yakosti poverkhnevyykh vod za vidpovidnyimi katehoriiami. [Methodology of environmental assessment of surface water quality by relevant categories]*. Kyiv: Derzhminekobepeky Ukrainy [in Ukrainian].
6. Timchenko, Z. V. (2000). *Otsinka ekolohichnoho stanu malykh richok. [Assessment of the ecological state of small rivers]*. Lutsk: RVV "Vezha" Volyn. derzh. un-tu im. Lesi Ukrainky Nadstyria [in Ukrainian].

УДК 547.78+547.789

DOI <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-3-5>

Іванна ДАНИЛЮК

кандидат хімічних наук, науковий співробітник відділу хімії функціональних гетероциклічних систем, Інституту органічної хімії НАН України, вул. Академіка Кухаря, 5, м. Київ, Україна, 02660

ORCID: 0000-0002-6482-5963

Руслан ВАСЬКЕВИЧ

кандидат хімічних наук, старший науковий співробітник відділу хімії функціональних гетероциклічних систем, Інституту органічної хімії НАН України, вул. Академіка Кухаря, 5, м. Київ, Україна, 02660

ORCID: 0000-0001-9266-7600

Алла ВАСЬКЕВИЧ

кандидат хімічних наук, старший науковий співробітник відділу хімії функціональних гетероциклічних систем, Інституту органічної хімії НАН України, вул. Академіка Кухаря, 5, м. Київ, Україна, 02660

ORCID: 0000-0003-0370-6626

Валентина ТОЛМАЧОВА

кандидат хімічних наук, доцент, завідувач кафедри хімії, Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова, вул. Пирогова, 9, м. Київ, Україна, 01601

ORCID: 0000-0002-4082-3381

Олена КОВТУН

доцент кафедри хімії, Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова, вул. Пирогова, 9, м. Київ, Україна, 01601

ORCID: 0000-0002-2253-8472

Христина КАРПЕНКО

завідувач лабораторії кафедри хімії, Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова, вул. Пирогова, 9, м. Київ, Україна, 01601

ORCID: 0000-0001-6625-4714

Ніна ЯКОВИЧУК

кандидат медичних наук, доцент кафедри мікробіології, Буковинський державний медичний університет, пл. Театральна, 2, м. Чернівці, Україна, 57000

ORCID: 0000-0003-1332-9510

Аліна ГРОЗАВ

кандидат хімічних наук, доцент кафедри медичної та фармацевтичної хімії, Буковинський державний медичний університет, пл. Театральна, 2, м. Чернівці, Україна, 57000

ORCID: 0000-0001-9821-0695

Леся САЛІЄВА

кандидат хімічних наук, старший викладач кафедри органічної хімії та фармації, Волинський національний університет імені Лесі Українки, просп. Волі, 13, м. Луцьк, Волинська обл., Україна, 43025

ORCID: 0000-0002-1047-8652

Наталія СЛИВКА

кандидат хімічних наук, доцент, завідувач кафедри органічної хімії та фармації, Волинський національний університет імені Лесі Українки, просп. Волі, 13, м. Луцьк, Україна, 43025

ORCID: 0000-0002-3811-7138

Михайло БОБК

доктор хімічних наук, професор, член-кореспондент НАН України, завідувач відділу хімії функціональних гетероциклічних систем, директор Інституту органічної хімії НАН України, вул. Академіка Кухаря, 5, м. Київ, Україна, 02660

ORCID: 0000-0003-1753-3535

Бібліографічний опис статті: Данилюк, І., Васькевич, Р., Васькевич, А., Толмачова, В., Ковтун, О., Карпенко, Х., Яковичук, Н., Грозав, А., Салієва, Л., Сливка, Н., Вовк, М. (2022). Оцінка протигрибкової активності деяких піролідінонів та конденсованих азепінонів. *Проблеми хімії та сталого розвитку*, 3, 36–42, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-3-5>

**ОЦІНКА ПРОТИГРИБКОВОЇ АКТИВНОСТІ ДЕЯКИХ ПІРОЛІДИНОНІВ
ТА КОНДЕНСОВАНИХ АЗЕПІНОНІВ**

Робота присвячена вивченню протигрибкової активності деяких похідних піролідінонів та конденсованих азепінонів отриманих внаслідок електрофільної внутрішньомолекулярної циклізації *N*-незаміщених, *N*-алкіл-, *N*-арил- та *N*-гетериламідів стирилоцтових кислот з різними за природою замісниками в стирильній частині молекули під дією поліфосфорної кислоти та арилсульфенілхлоридів, як ефективних електрофільних реагентів для названих субстратів. Вступна частина статті розкриває важливість амідів ненасичених карбонових кислот для побудови біологічно активних гетероциклічних субстратів, які є перспективними для пошуку біорегуляторів широкого спектру дії.

Наведена загальна схема отримання 1-заміщених 5-арил(гетерил)піролідін-2-онів, 2*H*-бензазепін-2-онів, 2*H*-нафто[1,2-*b*]-, 2*H*-нафто[2,1-*b*]- та 2*H*-нафто[2,3-*b*]азепін-2-онів і 5*H*-тієно[3,2-*b*]азепін-5-онів та їх сульфанільних похідних.

Протигрибкова активність оцінена за величиною мінімальної фунгістатичної концентрації (МФсК) по відношенню до ряду дріжджоподібних грибів (*Asp. fumigatus* K 11, *Asp. niger* K 9, *Asp. amstelodami* K12, *Tr. mentagrophytes* var. *interdigitale* та *Tr. interdigitale* ATCC 9533). З отриманих результатів видно, що мінімальна фунгістатична концентрація для досліджуваних сполук коливається в широких межах (МФсК = 3.90-125 мкг/мл). Серед спектру використаних штамів мікроорганізмів останні виявилися більш селективними щодо грибка *Asp. fumigatus* K 11, зокрема для сполук **1d**, **e** та **2d** мінімальна фунгістатична концентрація становить 3.90 мкг/мл, що на рівні протигрибкового препарату "Мікоспор", який був використаний в якості контролю.

Отримані результати засвідчують перспективність і доцільність використання електрофільної внутрішньомолекулярної циклізації амідів стирилоцтових кислот для отримання нових ефективних протигрибкових препаратів.

Ключові слова: піролідінони, азепінони, протигрибкова активність, біоскринінг, циклізація, аміди стирилоцтових кислот, поліфосфорна кислота, арилсульфенілхлориди.

Ivanna DANYLIUK

Ph.D., Research Fellow at the Department of Chemistry of Functional Heterocyclic Systems, Institute of Organic Chemistry of National Academy of Sciences of Ukraine, 5 Akademika Kuharya str., Kyiv, Ukraine, 02660

ORCID: 0000-0002-6482-5963

Ruslan VASKEVYCH

Ph.D., Senior Research Fellow at the Department of Chemistry of Functional Heterocyclic Systems, Institute of Organic Chemistry of National Academy of Sciences of Ukraine, 5 Akademika Kuharya str., Kyiv, Ukraine, 02660

ORCID: 0000-0001-9266-7600

Alla VASKEVYCH

Ph.D., Senior Research Fellow at the Department of Chemistry of Functional Heterocyclic Systems, Institute of Organic Chemistry of National Academy of Sciences of Ukraine, 5 Akademika Kuharya str., Kyiv, Ukraine, 02660

ORCID: 0000-0003-0370-6626

Valentina TOLMACHEVA

Ph.D., Associate Professor, Head of the Department of Chemistry, National Pedagogical Dragomanov University, 9 Pirogova str., Kyiv, Ukraine, 01601

ORCID: 0000-0002-4082-3381

Olena KOVTUN

Associate Professor of the Department of Chemistry, Pedagogical Dragomanov University, 9 Pirogova str., Kyiv, Ukraine, 01601

ORCID: 0000-0002-2253-8472

Khrystyna KARPENKO

Head of the laboratory of the Department of Chemistry, Pedagogical Dragomanov University, 9 Pirogova str., Kyiv, Ukraine, 01601

ORCID: 0000-0001-6625-4714

Nina YAKOVYCHUK

Ph.D., Associate Professor of the Department of Microbiology, Bukovinian State Medical University, 2 Teatralna Square, Chernivtsi, Ukraine, 58000

ORCID: 0000-0003-1332-9510

Alina GROZAV

Ph.D., Associate Professor of the Department of Medical and Pharmaceutical Chemistry, Bukovinian State Medical University, 2 Teatralna Square, Chernivtsi, Ukraine, 58000

ORCID: 0000-0001-9821-0695

Lesya SALIYEVA

Ph.D., Senior Lecturer at the Department of Organic Chemistry and Pharmacy, Lesya Ukrainka Volyn National University, 13 Voli Avenue, Lutsk, Ukraine, 43025

ORCID: 0000-0002-1047-8652

Nataliia SLYVKA

Ph.D., Associate Professor, Head of the Department of Organic Chemistry and Pharmacy, Lesya Ukrainka Volyn National University, 13 Voli Avenue, Lutsk, Ukraine, 43025

ORCID: 0000-0002-3811-7138

Mykhailo VOVK

Doctor of Chemistry, Professor, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Ukraine, Head of the Department of Chemistry of Functional Heterocyclic Systems, Director, Institute of Organic Chemistry of the National Academy of Sciences of Ukraine, 5 Akademika Kuharya str., Kyiv, Ukraine, 02660

ORCID: 0000-0003-1753-3535

To cite this article: Danyliuk, I., Vaskevych, R., Vaskevych, A., Tolmacheva, V., Kovtun, O., Karpenko, K., Yakovychuk, N., Grozav, A., Saliyeva, L., Slyvka, N., Vovk, M. (2022). Otsinka protyhyrbkovoï aktyvnosti deiakykh pirolidynoniv ta kondensovaniykh azepinoniv [Assessment of antifungal activity of some pyrrolidinones and condensed azepinones]. *Problems of Chemistry and Sustainable Development*, 3, 36–42, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-3-5>

ASSESSMENT OF ANTIFUNGAL ACTIVITY OF SOME PYRROLIDINONES AND CONDENSED AZEPINONES

The work is devoted to the study of the antifungal activity of some derivatives of pyrrolidinones and condensed azepinones obtained as a result of electrophilic intramolecular cyclization of N-unsubstituted, N-alkyl-, N-aryl- and N-heterylamides of styrylacetic acids with different substituents in the styrene part of the molecule under the action of

polyphosphoric acid and arylsulfonyl chlorides, as effective electrophilic reagents for the mentioned substrates. The introductory part of the article reveals the importance of amides of unsaturated carboxylic acids for the construction of biologically active heterocyclic substrates, which are promising for the search for bioregulators of a wide spectrum of action.

The general scheme for obtaining 1-unsubstituted and 1-substituted 5-aryl(heteryl)pyrrolidin-2-ones, 2H-benzazepin-2-ones, 2H-naphtho[1,2-b]-, 2H-naphtho[2,1-b]- and 2H-naphtho[2,3-b]azepin-2-ones and 5H-thieno[3,2-b]azepin-5-ones and their sulfonyl derivatives.

Antifungal activity was evaluated by the value of the minimum fungistatic concentration (MfsK) in relation to a number of yeast-like fungi (*Asp. fumigatus* K 11, *Asp. niger* K 9, *Asp. amstelodami* K12, *Tr. mentagrophytes* var. *interdigitale* and *Tr. interdigitale* ATCC 9533). The obtained results show that the minimum fungistatic concentration for the studied compounds varies widely (MfsK = 3.90-125 µg / ml). Among the spectrum of used strains of microorganisms, the latter were more selective for the fungus *Asp. fumigatus* K 11, in particular for compounds **1d,e** and **2d**, the minimum fungistatic concentration is 3.90 µg/ml, which is at the level of the antifungal drug "Mycospor", which was used as a control.

The obtained results prove the perspective and feasibility of using electrophilic intramolecular cyclization of amides of styroacetic acids to obtain new effective antifungal drugs.

Key words: pyrrolidinones, azepinones, antifungal activity, bioscreening, cyclization, amides of styrylacetic acids, polyphosphoric acid, arylsulfonyl chlorides.

Аміди стирилоцтових кислот є оригінальними поліцентровими субстратами для конструювання різноманітних лактамних та лактонних сполук в умовах реакції електрофільної внутрішньомолекулярної циклізації. Біологічні властивості яких, як правило, визначаються хімічною різноманітністю амідного фрагмента.

Зусилля дослідників, спрямовані на його структурну модифікацію, дозволили розробити методи синтезу інгібіторів гістондеацетилази (Andrianov, Gulite & Sehested, 2009), моноаміноксидази (Legoabe, Kruger & Petzer, 2011), а також речовин, що стимулюють серцево-судинну діяльність (Ozaki, Matsukura & Minami,

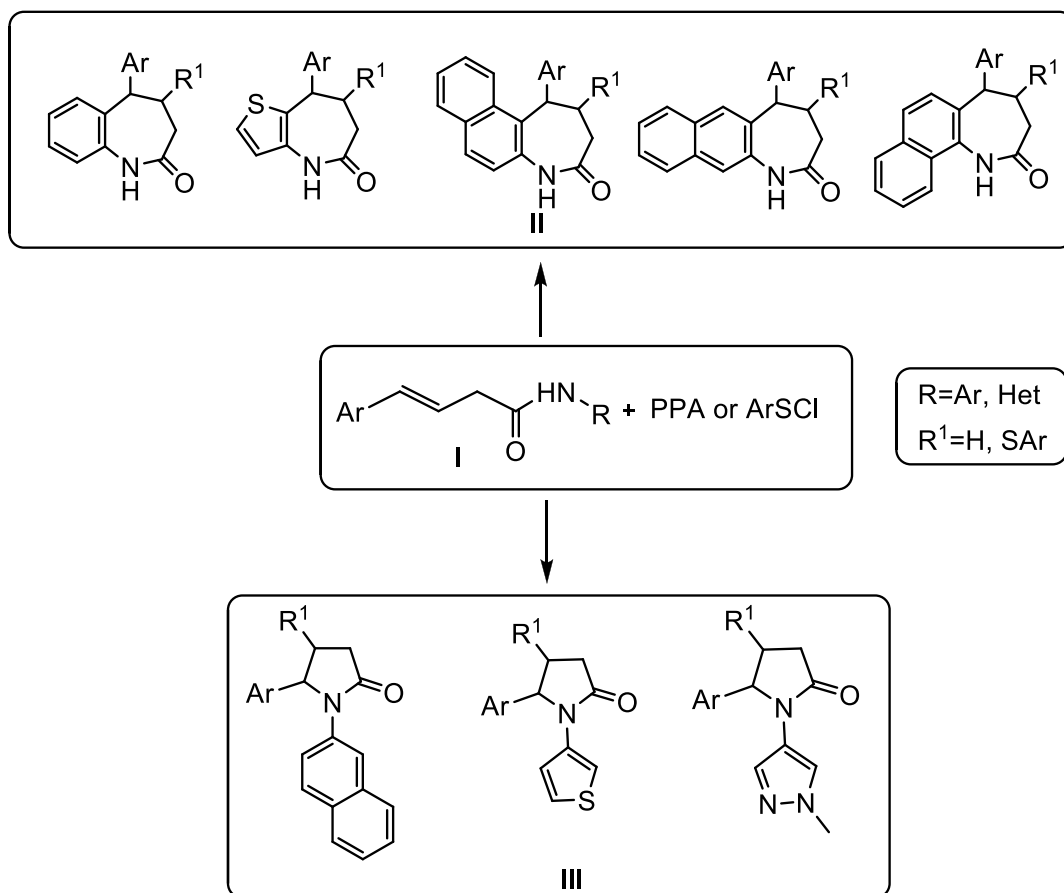


Схема 1. Загальна схема синтезу 5-арил(гетерил)піролідин-2-онів, 2H-бензазепін-2-онів, 2H-нафто[1,2-b]-, 2H-нафто[2,1-b]- та 2H-нафто[2,3-b]азепін-2-онів і 5H-тієно[3,2-b]азепін-5-онів та їх сульфанильних похідних

1992) та виявляють протипухлинну (Dothager, Putt & Hergenrother, 2005) активність.

З метою розширення біологічного потенціалу продуктів циклізації амідів стирилоцтових кислот видавалось доцільним провести оцінку протигрибкової дії раніше синтезова-

них 1-заміщених 5-арил(гетерил)піролідин-2-онів, 2*H*-бензазепін-2-онів, 2*H*-нафто[1,2-*b*]-, 2*H*-нафто[2,1-*b*]- та 2*H*-нафто[2,3-*b*]азепін-2-онів і 5*H*-тієно[3,2-*b*]азепін-5-онів та їх сульфанільних похідних (Данилюк, Васькевич & Вовк, 2013-2021).

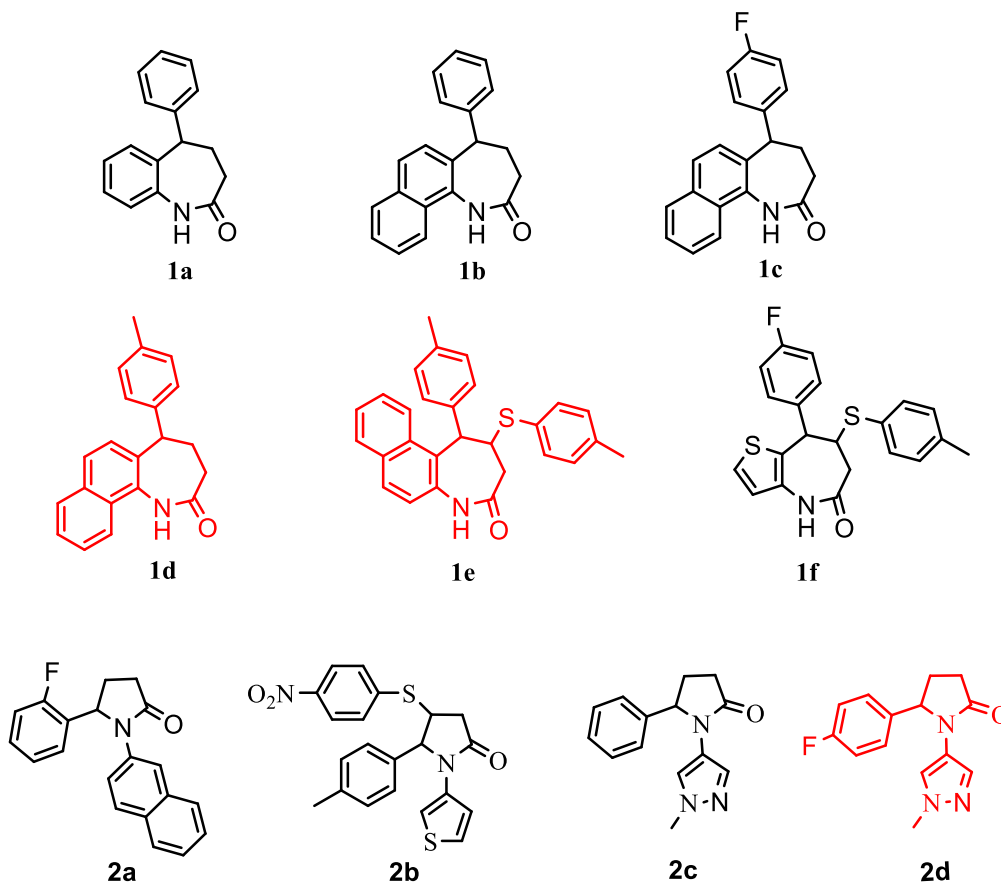


Рис. 1. Структури тестованих азепінонів та піролідінонів

Таблиця 1

Протигрибкова активність деяких азепінонів та піролідінонів

Сполуки	<i>Asp. fumigatus</i> K 11	<i>Asp. niger</i> K 9	<i>Asp. amstelodami</i> K 12	<i>Tr. mentagrophytes</i> var. <i>interdigitale</i>	<i>Tr. interdigitale</i> ATCC 9533
	МФСК (мкг/мл)				
1a	7.81	125	125	15.62	15.62
1b	15.62	125	125	62.50	15.62
1c	62.50	62.50	125	31.25	125
1d	3.90	125	125	62.50	31.25
1e	3.90	125	125	62.50	15.62
1f	62.50	62.50	125	62.50	125
2a	31.25	62.50	125	62.50	31.25
2b	15.62	125	125	62.05	15.62
2c	62.50	62.50	125	31.25	125
2d	3.90	62.50	125	31.25	31.25
*Контроль	3.90	1.95	1.95	0.06	0.06

Примітка: * – як контроль при визначенні протигрибкової активності використовували препарат «Мікоспор» виробництва Байєр Хелсер АГ, Німеччина.

Ряд досліджуваних сполук (**II**, **III**) отримано електрофільною внутрішньомолекулярною циклізацією (ЕВЦ) *N*-арил- та *N*-гетериламідів стирилоцтових кислот з різними за природою замісниками в стирильній частині молекули (**I**) під дією поліфосфорної кислоти (PPA) та арилсульфенілхлоридів (ArSCl) (Схема 1). Встановлено, що на напрямок гетероциклізації має значення вплив природи замісників як в стирильному фрагменті, так і в амідному залишку субстрата. Окрім того, утворення продуктів реакції суттєво залежить від вибору електрофільного реагенту для реакції ЕВЦ. На основі усіх критерій напрямку реакції розроблено препаративно зручні та ефективні підходи для синтезу конденсованих азепінонів та піролідинонів (Данилюк, Васькевич & Вовк, 2013-2021).

Дослідження протигрибкової дії отриманих сполук проводили із використанням мікрометоду дворазових серійних розведень (Crowley, Gallagher, 2014) у рідкому живильному середовищі згідно з діючими рекомендаціями щодо визначення чутливості мікроорганізмів до антибактеріальних препаратів (Yakovychuk et al., 2019; Некрасова, Свита, Глушкевич та ін, 2007). Мінімальну фунгістатичну (МФсК) концентрацію конденсованих бензазепінонів **I** та піролідинонів **II** визначали щодо дріжджоподібних грибів (*Asp. fumigatus* K 11, *Asp. niger* K 9, *Asp. amstelodami* K12, *Tr. mentagrophytes* var. *interdigitale* та *Tr. interdigitale* ATCC 9533). Як контроль використовували протигрибковий препарат «Мікоспор» виробництва Байер Хел-

скер АГ, Німеччина, а як розчинник – диметилсульфоксид (ДМСО). Найменшу концентрацію досліджуваної речовини, у присутності якої не спостерігали росту культури, приймали за фунгістатичну (МФсК) концентрацію. Усі досліди супроводжували відповідними контролями (контролем середовища на стерильність, контролем росту культури в середовищі без сполуки, контролем росту культури в середовищі з розчинником ДМСО), а з метою отримання достовірних результатів експерименти проводилися тричі з кожною концентрацією сполуки та досліджуваною культурою мікроорганізмів.

З отриманих результатів видно, що мінімальна фунгістатична концентрація для досліджуваних сполук (рис. 1) коливається в широких межах (МФсК = 3.90-125 мкг/мл) (таблиця 1). Серед спектру використаних штамів мікроорганізмів останні виявилися більш селективними щодо грибка *Asp. fumigatus* K 11, зокрема для сполук **1d,e** та **2d** мінімальна фунгістатична концентрація становить 3.90 мкг/мл, що прирівнюється до МФсК протигрибкового препарату «Мікоспор», який був використаний в якості контролю.

В результаті ми продемонстрували, що аміди стирилоцтових кислот є ефективними субстратами для побудови нових протигрибкових препаратів. Серед синтезованих речовин знайдені сполуки з явно вираженою протигрибковою активністю, щодо грибка *Asp. fumigatus* K 11. Це робить їх перспективними для подальших біологічних досліджень.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Andrianov V., Gulite V., Lola D., Loza E., Semenikhina V., Kalvinsh I., Petersen K.D., Ritchie J.W.A., Khan N., Tumber A., Collins L.S., Vadlomudi S.M., Bjokling F., Sehested N. Novel amide derivatives as inhibitors of histone deacetylase: design, synthesis and SAR. *Eur. J. Med. Chem.* 2009. 44. P. 1067-1085.
2. Legoabe L., Kruger J., Petzer A., Petzer J.P. Monoamine oxidase inhibition by selected anilide derivatives. *Eur. J. Med. Chem.* 2011. 46. P. 5162-5174.
3. Ozaki F., Matsukura M., Kabasawa Y., Ishibashi K., Ikemori M., Hamano S., Minami N. Synthesis and cardiovascular activity of phenylalkylamine derivatives. I. Potential specific bradycardic agents. *Chem. Pharm. Bull.* 1992. 40. P. 2735-2740.
4. Dothager R.S., Putt K.S., Allen B.J., Leslie B.I., Nesterenko V., Hergenrother P.J. Synthesis and Identification of Small Molecules that Potently Induce Apoptosis in Melanoma Cells through G1 Cell Cycle Arrest. *J. Am. Chem. Soc.* 2005. 127. P. 8686-8696.
5. Данилюк І.Ю. Електрофільна внутрішньомолекулярна циклізація амідів стирилоцтових кислот : дис. ... кандидата хімічних наук : 02.00.03 / Данилюк Іванна Юріївна. – Київ: 2019. – 180 с.
6. Danyliuk I.Y., Vaskevych R.I., Vaskevych A.I., Rusanov E.B., Vovk M.V. Sulfonyl chloride induced heterocyclization of *N*-(pyrazolyl)styrylacetyl amides. *Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem.* 2019. 194. P. 156-162.

7. Danyliuk I.Y., Vaskevych R.I., Vaskevych A.I., Suikov S.Y., Rusanov E.B., Chornous V.O., Vovk M.V. Synthesis of naphtho[1,2-*b*]-, naphtho[2,1-*b*]-, and naphtho[2,3-*b*]azepinones via proton-induced cyclization of *N*-1(2)-naphthyl styrylacetamides. *J. Heterocycl. Chem.* 2020. 57. P. 317-326.
8. Danyliuk I.Y., Vaskevych A.I., Vaskevych R.I., Rusanov E.B., Vovk M.V. Cyclosulfonylation of *N*-(1(2)-naphthyl) styrylacetamides as a synthetic route to 4(2)-arylthio naphtho[1,2-*b*]([2,1-*b*])azepin-2(4)-ones. *J. Sulphur. Chem.* 2021. 42. P. 264-280.
9. Crowley P.D., Gallagher H.C. Clotrimazole as a pharmaceutical: past, present and future. *J. Appl. Microbiol.* 2014. No 117 (3). P. 611–617.
10. Yakovychuk N.D. et al. Antifungal activity of 5-(2-nitrovinyl)imidazoles and their derivatives against the causative agents of vulvovaginal candidiasis. *Regulatory Mechanisms in Biosystems.* 2018. No 9 (3). P. 369–373.
11. Некрасова, Л.С.; Свита, В.М.; Глушкевич, Т.Г. Визначення чутливості мікроорганізмів до антибактеріальних препаратів. Методичні вказівки МВ 9.9.5-143-2007. Київ: МОЗ України, Державна сан.-епід. служба, 2007. 79 с.

REFERENCES:

1. Andrianov, V., Gulite, V., Lola, D., Loza, E., Semenikhina, V., Kalvinsh, I., Petersen, K.D., Ritchie, J.W.A., Khan, N., Tumber, A., Collins, L.S., Vadlomudi, S.M., Bjokling, F., Sehested, N. (2009). Novel amide derivatives as inhibitors of histone deacetylase: design, synthesis and SAR. *Eur. J. Med. Chem.* 44, 1067-1085.
2. Legoabe, L., Kruger, J., Petzer, A., Petzer, J.P. (2011). Monoamine oxidase inhibition by selected anilide derivatives. *Eur. J. Med. Chem.* 46. 5162-5174.
3. Ozaki, F., Matsukura, M., Kabasawa, Y., Ishibashi, K., Ikemori, M., Hamano, S., Minami, N. (1992). Synthesis and cardiovascular activity of phenylalkylamine derivatives. I. Potential specific bradycardic agents. *Chem. Pharm. Bull.* 40. 2735-2740.
4. Dothager, R.S., Putt, K.S., Allen, B.J., Leslie, B.I., Nesterenko, V., Hergenrother, P.J. (2005). Synthesis and Identification of Small Molecules that Potently Induce Apoptosis in Melanoma Cells through G1 Cell Cycle Arrest. *J. Am. Chem. Soc.* 127. 8686-8696.
5. Danyliuk, I.Yu. Elektrofil'na vnutrishn'omolekulyarna tsyklizatsiya amidiv styrylotstovykh kyslot [Electrophilic intramolecular cyclization of styrylactic acids amides]. *Candidate's thesis.* Kyiv [in Ukrainian].
6. Danyliuk, I.Y., Vaskevych, R.I., Vaskevych, A.I., Rusanov, E.B., Vovk, M.V. (2019). Sulfonyl chloride induced heterocyclization of *N*-(pyrazolyl)styrylacetamides. *Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem.* 194. 156-162.
7. Danyliuk, I.Y., Vaskevych, R.I., Vaskevych, A.I., Suikov, S.Y., Rusanov, E.B., Chornous, V.O., Vovk, M.V. (2020). Synthesis of naphtho[1,2-*b*]-, naphtho[2,1-*b*]-, and naphtho[2,3-*b*]azepinones via proton-induced cyclization of *N*-1(2)-naphthyl styrylacetamides. *J. Heterocycl. Chem.* 57. 317-326.
8. Danyliuk, I.Y., Vaskevych, A.I., Vaskevych, R.I., Rusanov, E.B., Vovk, M.V. (2021). Cyclosulfonylation of *N*-(1(2)-naphthyl) styrylacetamides as a synthetic route to 4(2)-arylthio naphtho[1,2-*b*]([2,1-*b*])azepin-2(4)-ones. *J. Sulphur. Chem.* 42. 264-280.
9. Crowley, P.D., Gallagher, H.C. (2014) Clotrimazole as a pharmaceutical: past, present and future. *J. Appl. Microbiol.* No. 117 (3). 611-617.
10. Yakovychuk N.D. et al. (2018) Antifungal activity of 5-(2-nitrovinyl)imidazoles and their derivatives against the causative agents of vulvovaginal candidiasis. *Regulatory Mechanisms in Biosystems.* No. 9 (3). P. 369-373.
11. Nekrasova, L.S., Svyta, V.M., Hlushkevych, T.H. et al. (2007). Vyznachennia chutlyvosti mikroorganizmiv do antybakterial'nykh preparativ. Metodichni vkazivky MV 9.9.5-143-2007 [Determination of sensitivity of microorganisms to antibacterial drugs. Methodical instructions MV 9.9.5-143-2007]. Kyiv: MOZ Ukrainy, Derzhvna san.-epid. sluzhba. [in Ukrainian].

УДК 378.98

DOI <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-3-6>

Наталія КАЗАКОВА

кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри педагогіки, Хмельницька гуманітарно-педагогічна академія, вул. Прокурівського підпілля, 139, м. Хмельницький, Україна, 29013

ORCID: 0000-0002-8373-6747

Бібліографічний опис статті: Казакова, Н. (2022). Професійно-педагогічна культура педагога як умова успішної підготовки майбутнього фахівця. *Проблеми хімії та сталого розвитку*, 3, 43–48, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-3-6>

ПРОФЕСІЙНО-ПЕДАГОГІЧНА КУЛЬТУРА ПЕДАГОГА ЯК УМОВА УСПІШНОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНЬОГО ФАХІВЦЯ

У статті розкриваються теоретичні аспекти формування професійно-педагогічної культури педагога, яка є головною умовою успішної підготовки майбутнього фахівця. Визначено складові професійно-педагогічної культури, а саме: наукові знання, ерудиція, професійна етика, комунікативна культура, професійна компетентність, педагогічна майстерність, педагогічна техніка, позитивні особисті якості (духовне багатство, гуманізм, справедливість, толерантність, відкритість, оптимізм, прагнення до самовдосконалення), естетична культура, позитивний імідж. Професійно-педагогічна культура розкривається у контексті соціально-педагогічного феномена та розглядається як інтегрована єдність таких структурних компонентів особистості педагога як аксеологічний, технологічний і особистісно-творчий. Аксеологічний компонент становить сукупність педагогічних цінностей як норм, що регламентують професійно-педагогічну діяльність викладача; ця сукупність носить цілісний характер і виступає як пізнавально-діюча система, яка визначає відносини між поглядами на проблеми професійної освіти та професійно-педагогічної діяльності викладача закладу освіти. Технологічний компонент включає в себе способи та прийоми педагогічної діяльності, яка за своєю природою є технологічною. Технологія професійно-педагогічної культури викладача розглядається як процес вирішення різноманітних педагогічних завдань: аналітико-рефлексивних, конструктивно-прогностичних, організаційно-діяльнісних, оцінювально-інформаційних, корекційно-регулюючих. Особистісно-творчий компонент – це механізм оволодіння професійно-педагогічною культурою та її втілення у творчому процесі. У дослідженні встановлено, що формування професійно-педагогічної культури відбуватиметься успішно при використанні різноманітних видів робіт, які проводяться зі студентами.

Ключові слова: педагогічна діяльність, професійно-педагогічна культура, особистість педагога, педагогічна творчість.

Nataliia KAZAKOVA

Candidate of Pedagogic Sciences (Ph. D.), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Pedagogy, Khmelnytskyi Humanitarian-Pedagogical Academy, 139 Proskurivskoho pidpillia ave., Khmelnytskyi, Ukraine, 29013

ORCID: 0000-0003-3495-5027

To cite this article: Kazakova, N. (2022). Profesiino-pedahohichna kultura pedahoha yak umova uspishnoi pidhotovky maibutnoho fakhivtsia. [Professional and pedagogical culture of the teacher as a condition for the successful training of the future specialist]. *Problems of Chemistry and Sustainable Development*, 3, 43–48, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-3-6>

PROFESSIONAL AND PEDAGOGICAL CULTURE OF THE TEACHER AS A CONDITION FOR THE SUCCESSFUL TRAINING OF THE FUTURE SPECIALIST

The article reveals the theoretical aspects of the formation of a teacher's professional and pedagogical culture which is the main condition for the successful training of a future specialist. The components of professional and pedagogical culture are defined, namely scientific knowledge, erudition, professional ethics, communicative culture, professional competence, pedagogical skill, pedagogical technique, positive personal qualities (spiritual wealth, humanism, justice, tolerance, openness, optimism, striving for self-improvement), aesthetic culture, positive image. Professional-pedagogical

culture is revealed in the context of the socio-pedagogical phenomenon and is considered as an integrated unity of such structural components of the teacher's personality as axiological, technological and personal-creative. The axiological component is a set of pedagogical values as norms that regulate the teacher's professional and pedagogical activity; this aggregate has a holistic character and acts as a cognitive-active system that determines the relationship between the views on the problems of professional education and the professional and pedagogical activity of the teacher of the educational institution. The technological component includes methods and techniques of pedagogical activity which is technological in nature. The technology of the teacher's professional and pedagogical culture is considered as a process of solving various pedagogical tasks: analytical-reflective, constructive-prognostic, organizational-active, evaluative-informational, corrective-regulatory. The personal-creative component is a mechanism for mastering professional and pedagogical culture and its implementation in the creative process. The study found that the formation of professional and pedagogical culture will be successful when using various types of work that are performed with students.

Key words: pedagogical activity, professional and pedagogical culture, personality of the teacher, pedagogical creativity.

Актуальність проблеми. Початок ХХІ століття увійшов до історії освіти як період інтенсивного розвитку та якісних перетворень у сфері вищої освіти, самоідентифікації української національної вищої школи в умовах формування єдиного світового освітнього простору. Україна чітко визначила орієнтири входження до освітнього простору Європи, орієнтири практичної реалізації вимог Болонського процесу. Виходячи з цього одне з важливих завдань сучасної освіти – створити умови для формування цілісної гуманної особистості, здатної себе реалізувати в складному суспільстві, що змінюється, бути мобільним, затребуваним і конкурентоспроможним у сучасній ситуації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженням питань пов'язаних із модернізацією, реформуванням системи вищої освіти в Україні займаються В. Андрущенко, І. Бех, Я. Болюбаш, М. Євтух, В. Кремінь, Ю. Маліновський та ін.

Проблемі формування професійно-педагогічної культури присвячені роботи учених О. Абдуліної, І. Ісаєва, методологічні підходи до її вирішення розроблені українськими педагогами О. Сухомлинською, І. Бехом, І. Зязюном, С. Гончаренком, Н. Ничкало, Н. Побірченко, В. Семиченко, М. Ярмаченком та ін.

У зарубіжній педагогіці проблеми професійної культури висвітлені в дослідженнях Л. Бейєра, К. Борича, Р. Брунера, Дж. А. Пагано, Л. Тробріджа, В. Файнберга, В. Цифройнда та ін. За їхнім твердженням найпоширенішими компонентами професійно-педагогічної культури вчителя є: вміння планувати свою роботу та ставити певну мету, висока культура спілкування, віра в учня, знання особливостей дітей, прагнення до самовдосконалення і саморозвитку та інші.

Мета дослідження – проаналізувати теоретичні аспекти формування професійно-педагогічної культури та розкрити компоненти досліджуваного феномена.

Виклад основного матеріалу дослідження. ХХІ сторіччя висуває нові вимоги до української системи вищої освіти та водночас дає їй нові можливості, перспективи пов'язані із вступом до Болонського процесу. Сьогодні вчені та практики стурбовані протиріччям між надто високою академічністю знань, які отримують студенти, та не розвиненістю вмінь і навичок трансформувати ці знання у практичну площину. Крім того, існує проблема щодо особистісної орієнтації навчального процесу, спрямованості навчання на особистісний, професійний та творчий розвиток майбутніх спеціалістів, формування професійно значущих якостей, здатності до самостійного поповнення знань, навчання протягом усього життя. Це все здатний зробити тільки педагог із усталеною педагогічною компетентністю, який трансформує тезу сучасного виклику освіти «від людини освіченої – до людини культури».

С. У. Гончаренко зазначає, що саме під культурою розуміють рівень освіченості, вихованості людини, а також рівень володіння якоюсь галуззю знань чи діяльністю. Як бачимо в цьому сенсі поняття культури наближається до поняття професійної культури, культури діяльності педагога, що відображається в його професійній діяльності, способах та прийомах вирішення професійних завдань.

М. Гринькова розглядає професійну культуру педагога як певний ступінь оволодіння професією, тобто способами і прийомами вирішення професійних завдань на основі сформованості духовної культури особистості (Гринькова, 1998, с. 67–69).

На думку професора Т. В. Іванової, яка досліджувала педагогічну культуру майбутнього вчителя, термін «педагогічна культура» ширший, ніж професійна культура. «Педагогічна культура – це синтез духовного і професійного в людині, а головне, саме сформованість педагогічної культури дозволить передати, привити, сформувані ці якості у представників будь-якої професії» (Іванова, 2005, с. 40).

О. Пономарьов стверджує, що педагогічна культура школи полягає в тому, що вона складається з двох однаково важливих складників. Першим з них є компетентність і культура викладача як представника певної фахової сфери. Другим складником є педагогічна майстерність і педагогічна культура як її вищий рівень (Пономарьов, 2012, с. 89).

Т. Сидоренко розкриває сутність та компоненти педагогічної культури майбутнього вчителя, розглядає роль навчальної діяльності як засобу її формування та дидактичні умови ефективності цього процесу. Дослідниця вважає, що педагогічна культура майбутнього вчителя є складною соціальною характеристикою його особистості, в якій відбилася його педагогічна позиція (Сидоренко, 2001, с. 3–8).

К. Трофімук зазначає, що педагогічна культура викладача включає в себе педагогічну культуру діяльності та педагогічну культуру особистості. Педагогічна культура діяльності характеризує не лише роботу викладача, а і його громадянську позицію, соціальну активність, систему цінностей, рівень сформованості його світоглядної культури. Педагогічна культура особистості викладача – це сукупність його особистісних і професійних характеристик: педагогічна компетентність, комунікативність, гуманістична спрямованість, креативність, творче мислення, толерантність, гнучкість, здатність до інноваційної діяльності, педагогічної співпраці, духовної взаємодії (Трофімук, 2014, с. 400).

В. Чайка зазначає, що педагогічна культура є важливою сутнісною характеристикою викладача, показником рівня готовності до педагогічної діяльності. Саме педагогічна культура генетично пов'язана з духовною й професійною культурою особистості. Сформованість педагогічної культури характеризує творчу особистість, яка постійно мислить, аналізує, шукає, творить (Чайка, 2006, с. 37).

Нові тенденції в освіті, що виникли на стику двох тисячоліть, поява нових парадигм освіти та виховання, нових цінностей та цілей освіти, діалог освіти з культурою людини як творця та особистості, здатної до культурної та професійної самоосвіти, стимулюють до дослідження такого поняття як педагогічна культура та її складових. Виділення педагогічної культури зумовлено специфікою педагогічної діяльності викладача, вчителя, вихователя, спрямованої на формування особистості, здатної до відтворення та збагачення у майбутньому культури суспільства (Зязюн, 2005, с. 9).

Педагогічна діяльність – це діяльність, спрямована на реалізацію педагогічної (спеціально організованої) взаємодії, це сукупність усвідомлених дій вихователя та дитини, викладача та студента. Саме ця діяльність потребує спеціальної культури, яка є невід'ємною складовою характеристики навчально-виховного процесу взагалі та педагога зокрема. Педагогічна культура є частиною загальнолюдської культури, в якій відображені духовні та матеріальні цінності освіти та виховання, способи творчої педагогічної діяльності, історія педагогічної науки та практики, зміна освітніх парадигм.

Оскільки педагогічна культура є складним соціально-педагогічним феноменом, її ми розглядаємо як інтегровану єдність певних структурних компонентів особистості педагога, як прояв творчої індивідуальності педагога у професійній діяльності.

На основі наукових досліджень з проблеми нами визначено складові професійно-педагогічної культури.

До них нами віднесено:

- наукові знання, науковий світогляд, ерудиція;
- етична поведінка (знання норм професійної етики, здатність визнавати власні помилки, мовний та діловий етикет);
- комунікативна культура;
- професійна компетентність;
- психолого-педагогічна та методична підготовка, педагогічна майстерність;
- педагогічна техніка (сукупність прийомів володіння собою та прийомів впливу на інших вербальними та невербальними засобами);
- позитивні особисті якості (духовне багатство, гуманізм, справедливість, толерантність,

відкритість, оптимізм, прагнення до самовдосконалення);

– культура зовнішнього вигляду, естетична привабливість, позитивний імідж.

Таким чином, із вищезазначених складових можемо констатувати, що професійно-педагогічна культура викладача, педагога – це спосіб творчої самореалізації його особистості в різних видах педагогічної діяльності, спрямованої на засвоєння, передачу та створення педагогічних цінностей та технологій. Нами розглядається професійно-педагогічна культура як система індивідуально-професійних якостей, які можна набути в процесі навчання та педагогічної діяльності, провідних компонентів та функцій відповідно до сучасних реалій освіти, зміна освітніх парадигм, що передбачають перехід від масово-продуктивних форм та методів викладання до індивідуально-творчим і сформованість потреби у постійній професійній самоосвіті. Наша увага акцентується на навчанні протягом усього життя, оскільки сьогодні змінюється формат навчання: відбувається перехід від формату «навчаємо» до формату «вчимося». Основний лейтмотив професійно-педагогічної культури викладача – допомагати студенту вчитися, навчатися. Тому важливо не просто включати студента у виконання завдання, а створювати максимальні умови для набуття кожним власного досвіду розвитку, способів самоорганізації, самоактуалізації не лише у навчанні, а й у соціальному житті.

Результати досліджень у цій галузі дали нам можливість констатувати, що одним із важливих факторів формування професійно-педагогічної культури педагогів є постійне підвищення професійного рівня кваліфікації в процесі самоосвіти. Самостійна робота студентів як діяльність є різнобічною та поліфункціональною. Вона має не лише навчальне, а й особистісне та суспільне значення. Тому потрібно вирішити такі завдання: формувати свідомість та зміцнювати знання; виробляти вміння та навички, передбачені програмою кожної дисципліни; навчити студентів застосовувати отримані знання, вміння та навички; розвивати у студентів пізнавальні здібності; виробити у студентів потребу самостійно підвищувати свій освітній рівень (Лисенко, 2007, с. 89).

Вважаємо, що професійно-педагогічна культура є інтегральною якістю особистості педагога, мірилом та способом набуття культуротворчого досвіду людства. Розвиток цієї культури відбувається завдяки професійній діяльності педагога.

На основі зібраного нами емпіричного матеріалу ми дійшли висновку, що професійно-педагогічна культура викладача включає певні компоненти, а саме: аксеологічний, технологічний і особистісно-творчий.

Аксеологічний компонент – це сукупність педагогічних цінностей. В основі цього аспекту лежать, зазвичай, педагогічні цінності, виходячи з того, що саме цінності визначають поведінку особистості, її активність, спрямованість значимих йому дій. Сукупність педагогічних цінностей як норм, що регламентують професійно-педагогічну діяльність викладача, носить цілісний характер і виступає як пізнавально-діюча система, яка визначає відносини між поглядами на проблеми професійної освіти та професійно-педагогічної діяльності викладача закладу вищої освіти, педагогічні цінності виступають як відносно стійкі орієнтири та їх можна поділити на суспільно-педагогічні, професійно-групові, індивідуально-особистісні. У структурі професійно-педагогічної культури можна ранжувати такі групи цінностей: цінності, що розкривають значення та суть мети професійно-педагогічної діяльності викладача; цінності, що розкривають значення способів та засобів виконання професійно-педагогічної діяльності; цінності, що розкривають значення та суть відносин у процесі педагогічної діяльності; цінності, що розкривають значення та сутність психолого-педагогічних знань; цінності, що розкривають значення та сутність якостей викладача.

Технологічний компонент включає в себе способи та прийоми педагогічної діяльності, яка за своєю природою є технологічною. Технологія професійно-педагогічної культури викладача розглядається як процес вирішення різноманітних педагогічних завдань: аналітико-рефлексивних, конструктивно-прогностичних, організаційно-діяльнісних, оціночно-інформаційних, корекційно-регулюючих. Аналітико-рефлексивна діяльність викладача дозволяє йому оперативно оцінювати зміни, що відбуваються в особистості студента, у власній профе-

сійній діяльності, у собі, прогнозувати шляхи побудови цілісного навчально-виховного процесу. Сутність конструктивно-прогностичних завдань полягає у конструюванні та прогнозуванні розвитку педагогічного процесу. Вирішення організаційно-діяльнісних завдань передбачає вирішення протиріч соціально-психологічного характеру, що призводить до розвитку відповідних здібностей його особистості. Таким чином, на основі цього оцінюється стан педагогічної системи, її можливості та резерву розвитку. Рішення оціночно-інформаційних завдань забезпечить систематичне отримання інформації, її оцінку та облік у процесі формування особистісно-професійної позиції. Уміння вирішувати корекційно-регулюючі завдання забезпечить адаптацію до зовнішніх впливів або їх нейтралізацію.

Особистісно-творчий компонент – механізм оволодіння професійно-педагогічною культурою та її втілення у творчому процесі. Це вміння перетворювати, інтерпретувати педагогічні цінності, виявляти ініціативу, самостійність, відповідальність, індивідуальну свободу, постійно утримувати увагу до пульси педагогічної діяльності.

Професійно-педагогічна культура педагога об'єктивно існує для кожного викладача як можливість, а насправді вона може бути досягнута лише тим, хто здатний до творчості. Важливе місце належить професійній самосвідомості, педагогічному мисленню, саморегуляції, педагогічній творчості. Викладач навчального закладу поєднує наукову та педагогічну творчість та має суттєві риси, до яких ми відносимо:

- педагогічну творчість, яка регламентована у часі та просторі;
- результати творчих пошуків педагога не відразу можна оцінити, оскільки вони втілюються у знаннях, вміннях, навичках, формах діяльності майбутніх спеціалістів;
- співдружність викладача зі студентами, колегами у педагогічному процесі реалізується на тлі єдності мети професійної діяльності;
- прояв творчості педагогічного потенціалу викладача залежить від методичного, наукового та технічного оснащення навчально-виховного процесу;
- викладач повинен вміти керувати власним емоційно-психологічним станом і навчати цьому студентів, організувати спілкування

з ними, не пригнічуючи ініціативності, створюючи умови для повного творчого самовираження.

Смисловою домінантою професійно-педагогічної культури майбутнього викладача навчального закладу є переорієнтація з дидактичних на розвиваючі та проблемно-пошукові методи навчання, використання інтерактивних методів, що є важливою нормою у контексті Болонського процесу.

На основі узагальнення складових педагогічної культури та змісту основних її компонентів можемо виділити показники сформованості високого рівня педагогічної культури викладача: гуманістично-педагогічна позиція щодо учнів, студентів, здатність бути вихователем; психолого-педагогічна компетентність та розвинене педагогічне мислення; освіченість у сфері дисципліни та оволодіння сучасними педагогічними технологіями; досвід творчої педагогічної діяльності, вміння доводити власну педагогічну діяльність як систему, здатність розробити авторський освітній проєкт; культура професійної підготовки, метод саморозвитку, уміння саморегуляції своєї діяльності, культура спілкування.

Таким чином, проведене дослідження дає підстави вважати, що кожен із перелічених компонентів професійно-педагогічної культури є важливим в умовах європейської інтеграції освіти. Практика показує, що технологічний компоненті приділяється більша увага, тоді як аксеологічна та особистісно-творча реалізуються час від часу. Тому виховання кожної особистості повинно здійснюватися в контексті єдності загальнолюдських і національних цінностей, традицій та пріоритетів (Андрущенко, 2005, с. 18).

Висновки і перспективи подальших досліджень. У контексті нашого дослідження робимо висновок, що формуванню професійно-педагогічної культури сприятимуть різноманітні види робіт, зокрема: психолого-педагогічний тренінг, спрямований на формування комунікативної культури у майбутніх вчителів, педагогічний гурток з вивчення передового педагогічного досвіду, студентське наукове товариство, проблемні групи, педагогічна експедиція, захист творчих робіт, самостійна робота студентів та ін.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Андрущенко В. П. Вища освіта у пост-болонському просторі: спроба прогностичного аналізу. *Філософія освіти*. № 2. 2005. с. 6–19.
2. Гринькова М. В. Формування педагогічної культури майбутнього вчителя (теоретичний та методичний аспекти). Харків: Основа. 1998. 300 с.
3. Зязюн І. Естетична регуляція ціннісної свідомості. *Вища освіта України*. 2005. № 3. С. 5–11.
4. Иванова Т. В. Культурологическая подготовка будущего учителя : монография. Киев: ЦВП, 2005. 282 с.
5. Лисенко Н. В. Самостійна робота студентів у процесі впровадження кредитно-модульної системи оцінювання знань. *Педагогічний дискурс: зб. наук. праць*. Хмельницький: ХГПА. 2007. Вип. 1. С. 89–92.
6. Педагогічна майстерність : підруч. / І. А. Зязюн, Л. В. Крамущенко, І. Ф. Кривонос та ін.; ред. І. А. Зязюн. Київ : Вища школа, 1997. 349 с.
7. Пономарьов О. С. Культура професійної діяльності в системі категорій педагогіки вищої школи. *Теорія і практика управління соціальними системами*. 2012. № 4. С. 84–91.
8. Сидоренко Т. Д. Дидактичні основи формування педагогічної культури майбутнього вчителя : автореф. дис. канд. пед. наук : 13.00.09 «Теорія навчання» / Криворізький держ. пед. ун-т, Кривий Ріг, 2011. 36с.
9. Трофімук К. В. Професійна культура в контексті формування педагогічних цінностей майбутніх викладачів: теоретичний аспект. *Педагогіка формування творчої особистості у вищій і загальноосвітній школах*. 2014. Вип. 39(92). С. 396–402.
10. Чайка В. М. Підготовка майбутнього вчителя до саморегуляції педагогічної діяльності : монографія / ред. Г.В. Терещук. Тернопіль :ТНПУ. 2006. 275 с.

REFERENCES:

1. Andrushchenko, V.P. (2005). Vyshcha osvita u post-bolonskomu prostori: sprobа prohnostychnoho analizu [Higher Education in the Post-Bologna Space: A Prognostic Analysis Attempt]. *Filosofia osvity*, 2, 6–19 [in Ukrainian].
2. Hrynkova, M.V. (1998). *Formuvannia pedahohichnoi kultury maibutnoho vchytelia (teoretychnyi ta metodychnyi aspekty) [Formation of pedagogical culture of future teachers (theoretical and methodological aspects)]*. Kharkiv: Osнова [in Ukrainian].
3. Ziaziun, I. (2005). Estetychna rehuliatsiia tsinnisnoi svidomosti [Aesthetic regulation of value consciousness]. *Vyshcha osvita Ukrainy*, 3, 5–11 [in Ukrainian].
4. Yvanova T.V. (2005). *Kulturolohycheskaia podhotovka budushcheho uchytelia [Culturological preparation of the future teacher]*. Kyev: TsVP [in Ukrainian].
5. Lysenko, N.V. (2007). Samostiina robota studentiv u protsesi vprovadzhenia kredytno-modulnoi systemy otsiniuvannia znan. [Independent work of students in the process of implementing the credit-modular system of knowledge assessment] *Pedahohichnyi dyskurs: zb. nauk. prats. (Vol. 1)*, (pp. 89–92). Khmelnytskyi: KhHPA [in Ukrainian].
6. Ziaziun, I.A., Kramushchenko, L.V., Kryvonos I.F. ta in. (1997). *Pedahohichna maisternist [Pedagogical skill]*. Kyiv : Vyshcha shkola [in Ukrainian].
7. Ponomarov, O.S. (2012). Kultura profesiinoi diialnosti v systemi katehorii pedahohiky vyshchoi shkoly [Culture of professional activity in system of categories of higher school's pedagogics]. *Teoriia i praktyka upravlinnia sotsialnymy systemamy*, 4, 84–91 [in Ukrainian].
8. Sydorenko, T.D. (2011). Dydaktychni osnovy formuvannia pedahohichnoi kultury maibutnoho vchytelia [Didactic foundations of the formation of the pedagogical culture of the future teacher]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Kryvyi Rih: Kryvyi Rih SPU [in Ukrainian].
9. Trofimuk, K. (2014). Profesiina kultura v konteksti formuvannia pedahohichnykh tsinnosteі maibutnykh vykladachiv: teoretychnyi aspekt [Professional Culture in the Context Formation Pedagogical Values Future Lecturer: Theoretically Aspect]. *Pedahohika formuvannia tvorchoi osobystosti u vyshchii i zahalnoosvitnii shkolakh*, 39(92), 396–402 [in Ukrainian].
10. Chaika V.M. (2006). Pidhotovka maibutnoho vchytelia do samorehuliatsii pedahohichnoi diialnosti [Preparation of the future teacher for self-regulation of pedagogical activity].H.V. Tereshchuk (Ed.). Ternopil: TNPU. [in Ukrainian].

УДК 543.3:556.5

DOI <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-3-7>

Лілія КРОПИВНИЦЬКА

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри біології та хімії, Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, вул. Івана Франка, 24, м. Дрогобич, Львівська область, Україна, 82100

ORCID: 0000-0002-4419-3727

Олена СТАДНІЧУК

кандидат хімічних наук, науковий співробітник науково-дослідної лабораторії (аналізу і прогнозування надзвичайних ситуацій), Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, вул. Героїв Майдану 32, м. Львів, Україна, 29026

ORCID: 0000-0002-9710-9015

Scopus Author ID: 9134184100

Людмила КУЧЕР

кандидат економічних наук, доцент, старший викладач кафедри управління повсякденною діяльністю військ та тилового забезпечення, Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, вул. Героїв Майдану 32, м. Львів, Україна, 29026

ORCID: 0000-0002-9592-7153

Олег ШЕРЕМЕТА

викладач кафедри тактики підрозділів бойового (оперативного) забезпечення, Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, вул. Героїв Майдану 32, м. Львів, Україна, 29026

ORCID: 0000-0002-1438-8400

Микола ПЛАТОНОВ

кандидат хімічних наук, старший дослідник, провідний науковий співробітник науково-організаційного відділу, Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, вул. Героїв Майдану 32, м. Львів, Україна, 29026

ORCID: 0000-0003-4547-9273

Scopus Author ID: 8636372100

Бібліографічний опис статті: Кропивницька, Л., Стаднічук, О., Кучер, Л. Шеремета О., Платонов, М. (2022). Оцінка екологічного стану поверхневих вод річки Опір. *Проблеми хімії та сталого розвитку*, 3, 49–58, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-3-7>

ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД РІЧКИ ОПІР

Російські агресори все частіше спрямовують свої удари по критичній інфраструктурі України, залишаючи мирне населення без електрики, опалення та центрального водопостачання. Воєнні дії змушують мігрувати населення і залишатись, головню, у західних областях України, збільшуючи при цьому антропогенне навантаження. Тому постійний моніторинг біоресурсів є однією з обов'язкових і ключових завдань, що дозволяють відслідковувати екологічний стан наявних водних екосистем. Найкращим індикатором екологічного стану довкілля є малі річки поблизу населених пунктів, які швидко реагують на зміни антропогенних навантажень. Мета дослідження: визначення екологічного стану басейну річки Опір в межах ділянки с. Опорець (від витoku річки) до с. Гребенів. За гідрохімічними показниками поверхневі води річки Опір в межах ділянки села Опорець – села Гребенів можна вважати задовільними. Поверхневі води є нейтральними, слабомінералізованими, гідрокарбонатно-кальцієвого складу, що загалом характерно для цього регіону. Вдодж течії річки відсутніх змін у складі вод не спостерігалось. Практично у всіх пробах зафіксовано підвищений вміст йонів амонію, що свідчить про потрапляння у річку побутових стоків. Води достатньо насичені киснем. Низькі концентрації деяких компонентів, ймовірно, зумовлені відносно великою протяжністю ріки Опір та її приток, гірською місцевістю та достатньою здатніс-

тю до самоочищення. Найкращою вважається якість води у пробі, відібраної з річки Опір поблизу с. Опорець, яку можна вважати фоновую, найгіршою – проби, відібрані з річки Славська. Усереднені показники якості води та екологічного стану річки Опір на досліджуваній ділянці наступні: за індексом забрудненості води – клас II, помірно чисті, 2-3 категорії (чисті – помірно забруднені); за індексом рівня забруднення води – слабо забруднена; за індексом гідроекологічного потенціалу – тривожний (напружений) стан водної екосистеми, задовільна категорія природно-техногенної безпеки водної екосистеми. Здатність водної екосистеми до самоочищення – середня, а загальна оцінка – напруження адаптації. Використання екосистемного підходу до аналізу якості поверхневих вод дозволить оцінити екологічний ризик, що враховує здатність водної екосистеми до самовідновлення, тривалість та віддаленість до джерела антропогенного тиску.

Ключові слова: річка Опір, поверхневі води, гідрохімічні показники, екологічний стан.

Lilia KROPYVNYTSKA

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Biology and Chemistry, Ivan Franko Drohobych State Pedagogical University, Ivana Franka str., 24, Drohobych, Lviv region, Ukraine, 82100

ORCID: 0000-0002-4419-3727

Olena STADNICHUK

Candidate of Chemical Sciences, Research Fellow of the Research Laboratory (Analysis and Forecasting of Emergencies), Hetman Petro Sahaidachnyi National Army Academy, Heroiv Maidanu Str., 32, Lviv, Ukraine, 29026

ORCID: 0000-0002-9710-9015

Scopus Author ID: 9134184100

Liudmyla KUCHER

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Senior Lecturer at the Department of Management of Routine Military Activities and Logistics, Hetman Petro Sahaidachnyi National Army Academy, Heroiv Maidanu Str., 32, Lviv, Lviv region, Ukraine, 29026

ORCID: 0000-0002-9592-7153

Oleh SHEREMETA

Lecturer of the Department of the department of tactics of combat (operational) support units, Hetman Petro Sahaidachnyi National Army Academy, Heroiv Maidanu Str., 32, Lviv, Ukraine, 29026

ORCID: 0000-0002-1438-8400

Mykola PLATONOV

Candidate of Chemical Sciences, Senior Researcher, leading researcher of Scientific and Organizational Department, Hetman Petro Sahaidachnyi National Army Academy, vul. Heroiv Maidan 32, Lviv, Lviv region, Ukraine, 29026

ORCID: 0000-0003-4547-9273

Scopus Author ID: 8636372100

To cite this article: Kropyvnytska, L.; Stadnichuk, O.; Kucher, L., Sheremeta, O., Platonov, M. (2022). Otsinka ekolohichnoho stanu poverkhnevyykh vod richky Opir [Assessment of the ecological state of the surface water condition of the Opir river]. *Problems of Chemistry and Sustainable Development*, 3, 49–58, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-3-7>

ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL STATE OF THE SURFACE WATER CONDITION OF THE OPIR RIVER

Russian aggressors are increasingly targeting Ukraine's critical infrastructure, leaving the civilian population without electricity, heating and central water supply. Military operations force the population to migrate and stay, mainly in the western regions of Ukraine, increasing the anthropogenic load. Therefore, constant monitoring of biological resources

is one of the mandatory and key tasks that allow monitoring the ecological state of existing water ecosystems. The best indicator of the ecological state of the environment is small rivers near settlements, which quickly respond to changes in anthropogenic loads. The purpose of the study: determination of the ecological state of the Opir River basin within the area of the village. Oporets (from the source of the river) to the village. Grebeniv According to hydrochemical indicators, the surface waters of the Opir River within the Oporets – Grebeniv village section can be considered satisfactory. Surface waters are neutral, weakly mineralized, with a hydrocarbonate-calcium composition, which is generally characteristic of this region. Along the course of the river, no noticeable changes in the composition of the waters were observed. In almost all samples, an increased content of ammonium ions was recorded, which indicates that domestic sewage has entered the river. The waters are sufficiently saturated with oxygen. Low concentrations of some components are probably due to the relatively long length of the Opir River and its tributary, mountainous terrain and sufficient self-purification capacity. The quality of water in the sample taken from the Opir River near the village is considered to be the best. Oporets, which can be considered background, is the worst – samples taken from the Slavaska River. The average indicators of water quality and ecological condition of the Opir River in the studied area are as follows: according to the water pollution index – class II, moderately clean, 2-3 categories (clean – moderately polluted); according to the water pollution level index – slightly polluted; according to the index of hydro-ecological potential – alarming (stressed) state of the water ecosystem, satisfactory category of natural and man-made safety of the water ecosystem. The ability of the aquatic ecosystem to self-purify is average, and the overall assessment is adaptation stress. The use of the ecosystem approach to the analysis of the quality of surface water will allow to assess the ecological risk, which takes into account the ability of the water ecosystem to self-restore, the duration and distance from the source of anthropogenic pressure.

Key words: *Opir river, surface water, hydrochemical parameters, ecological condition.*

Актуальність проблеми:

В умовах сьогодення, поряд з іншими викликами перед Україною актуальним є питання щодо обліку та контролю біоресурсів. Головно через постійно зростаючий антропогенний тиск на екосистему західного регіону, спричинений вимушеним переміщенням громадян з тимчасово-окупованих, прифронтових та прилеглих до них територій. Таке різке локальне зростання населення області веде до збільшення витрат водних та енергетичних ресурсів та збільшення кількості антропогенних забруднень екосистеми. Додаткову загрозу несуть цілеспрямовані терористичні атаки на критичну інфраструктуру України, спричиняючи перебої у системах енерго- та водозабезпечення, що спонукає населення використовувати у побуті воду з прилеглих природних джерел, часто без термічної обробки. Споживання води, що не відповідає стандартам певної категорії якості негативно впливає на здоров'я людей (Stadnichuk, Kropyvnytska & Platonov, 2019). Тому постійний екологічний моніторинг водних біоресурсів є однією з обов'язкових і ключових завдань, що дозволяють відслідковувати стан наявних водних ресурсів.

Малі річки завжди виступали ефективним індикаторами змін екологічного стану довкілля (Нестерова, Шарков & Нестеров, 2019; Лавринюк, Караїм & Гулай, 2021). Враховуючи добре розвинену інфраструктуру, транспортне сполучення та віддаленість від бойових дій, значна частина внутрішньо-переміщених осіб, які були змушені в наслідок російської збройної агресії

залишити свої домівки, зосередили своє перебування у західних регіонах України, зокрема в Карпатах, головно, у відомих курортних місцях. Одним з таких є Славська селищна громада у Стрийському районі Львівської області.

Аналіз останніх досліджень і публікацій: Дослідження антропогенної діяльності на території Національного природного парку «Сколівські Бескиди» проводяться досить часто (Крепеняк, 2013; Вовкунович, Роман & Чундак, 2020). Проте екологічний стан малих річок Карпат, що протікають за межами парку вивчається точково і майже не узагальнюється (Снітинський, Хірівський & Гнатів, 2020; Кропивницька, Стаднічук & Каршень, 2021). Періодичний моніторинг якості поверхневих вод деяких джерел, потічків та річок, що входять до басейну річки Опір, який проводився до лютого 2022 року оцінювали екологічний стан як задовільний (Stadnichuk, Martyniuk & Kropyvnytska, 2018; Босак, Король & Луцик, 2019; Вовкунович, Роман & Чундак, 2020). Перевищення норм було виявлено лише за окремими гідрохімічними показниками. Водночас, аналіз якості вод було зроблено лише за порівнянням з встановленими для певної категорії вод граничнодопустимих концентрацій (ГДК). Це не дозволяє повноцінно оцінити водні екосистеми, а нормативно-методичний підхід до визначення кількісних характеристик потребує змін (Giri, Qiu, 2016; Rybalova, Artemiev & Filenko, 2018; Lenty Noya, Nany & Ramadhani Maharlika, 2020).

Мета дослідження: визначення екологічного стану басейну річки Опір і межах ділянки

с. Опорець (від витоку річки) до с. Гребенів в межах Славської селищної громади.

Виклад основного матеріалу: Малі річки є вихідним пунктом всієї річкової мережі, які формують гідрохімічні умови цих водних ресурсів безпосередньо впливаючи на якість води. Водні ресурси малих річок тісно пов'язані з ландшафтом та часто є єдиними джерелами місцевого водопостачання.

Дослідження якості води та екологічного стану річки Опір проводились на проміжку від витоку (перед с. Опорець) до початку села Гребенів. Оскільки найбільш репрезентативною ділянкою дослідження басейну річки по відношенню до антропогенного впливу на водну екосистему є гирлова частина (Писанко, 2018), то для дослідження екологічного стану річки Опір відбирали проби природної води, що формують її стік, у 5 точках, з яких 4 – «гирлова» частина приток: проба № 1 – річка Цигла (Либихора) в центральній частині села Тухля, проба № 2 річка Головчанка на початку села Тухля; проба № 3 – річка Рожанка за 200 м від зупинки «село Рожаночка», проба № 4 – річка Славська (Славка) в центрі смт. Славсько; проба № 5 відібрана з річки Опір перед селом Опорець, оскільки місце забору знаходиться на відстані 4 км від витоку в місцевості з практично нульовим антропогенним навантаженням, пробу обрано еталонною.

Дослідження проводили у бездощовий період (відсутність опадів понад 10 календарних днів) впродовж 2021-2022 років (осінь-зима-весна-літо), відповідно до основних гідрологічних сезонів, характерних для усіх гірських

річок басейну річки Опір: весняної повені, літньої, осінньої та зимової межені а також літніх і осінніх паводків.

Оцінка екологічного стану річки Опір здійснювалась на основі аналізу гідрохімічних показників (співставлення з нормальними значеннями ГДК) та розрахунку таких показників як: індекс забруднення води (ІЗВ), індекс рівня забруднення води (РЗ) та індекс гідроекологічного потенціалу (ІГЕП) (табл. 1).

Під час дослідження використовували польовий (безпосередній відбір проби, визначення органолептичних показників, проведення експрес-тест аналізів) та лабораторний методи (дослідження вмісту гідрохімічних компонентів у зразках). Лабораторний аналіз відібраних проб проводили на базі Дрогобицького педагогічного державного університету. Дослідження проводили стандартними органолептичними та фізико-хімічними методами оцінки вмісту природних вод, визначених нормативними документами (ДСанПіН 2.2.4-171-10). Одержані результати опрацьовували за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel.

Основними показниками, що визначались, були: температура, рН, БСК₅, вміст завислих часток розчиненого кисню, нітрат, нітрит, сульфат, хлорид йонів, а також йонів амонію, феруму, кальцію та магнію.

Результати аналітичних досліджень досліджуваних проб виявили відхилення від норми ГДК лише за окремими загально-санітарними та токсикологічними показниками, зокрема вмісті: завислих речовин (на 3,1 – 15,1 мг/дм³), розчиненого кисню (на 1,6 – 6,1 мгО₂/дм³), нітратів

Таблиця 1

Розрахунок індексів забрудненості, рівня забруднення та гідроекологічного потенціалу води

Індекс	Формула ¹	Джерело
Індекс забрудненості води	$ІЗВ = \sum_{i=1}^n \frac{C_i / C(ГДК)_i}{n}$	ДСанПіН 2.2.4-171-10
Індекс рівня забруднення води	$P_{ji} = \sqrt{\frac{\left[\frac{C_{ji}}{C(ГДК)_{ji}} \right]_{\max}^2 + \left[\frac{C_i}{C(ГДК)_{ji}} \right]_{\text{сер}}^2}{2}}$	Lenty Hoya, Nany & Ramadhani Maharlika, 2020
Індекс гідроекологічного потенціалу	$ІГЕП = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n \frac{C(ГДК)_i}{C_i} - \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{C(ГДК)_i} \right)$	Архипова, 2011

Примітка: ¹ C(ГДК)_{ij} – граничнодопустимий (стандартний) параметр якості води для кожного параметра якості води (j) мг/дм³; C_i – виміряні параметри якості води, мг/дм³; (C_{ij}/C(ГДК)_{ij})_{max}, (C_{ij}/C(ГДК)_{ij})_{сер} – максимальне та середнє арифметичне значення відношення C_{ij}/C(ГДК)_{ij}; P_{ij} – індекс рівня забруднення для певної категорії якості води (j) (питної, для рибогосподарства тощо); n – число показників, що використовують для розрахунку індексу

(на 12,4 – 25,1 мг/дм³), нітритів (на 0,02 мг/дм³), йонів амонію (0,4 – 2,0 мг/дм³). У показниках запаху, прозорості та кольоровості усіх досліджуваних проб відхилень від допустимих значень не спостерігалось. Прозорість коливається в межах 25-35 см, кольоровість – від 7° до 10°, запах – менше 2 балів. Перевищення кількості завислих речовин майже у 1,5 рази на окремих ділянках річок Славська та Рожанка можна пояснити наявністю місць миття автомобілів, квадроциклів та іншої техніки, вивітрюванням лісового ґрунту, який стікає в річку, та сильною течією потоку, яка розмиває береги річки.

Мінералізація досліджуваних проб води відносно не висока (максимальна 352 мг/дм³, мінімальна 20,1 мг/дм³), і корелюється із попередніми дослідженнями (Stadnichuk, Martyniuk, Kropyvnytska, 2018; Босак, Король, Луцик, 2019; Вовкунович, Роман, Чундак, 2020). При цьому визначено залежність, відповідно до якої мінералізація зростає із збільшенням густоти і чисельності населених пунктів.

За твердістю вода досліджуваних проб обраного регіону відноситься до м'якої та середньо-твердої (від 2,5 ммоль/дм³ до 4,2 ммоль/дм³), гідрокарбонатно-кальцієвого класу з переважанням іонів HCO₃⁻ і Ca²⁺ (максимально тверда вода у пробах № 2 та № 4). Вміст Ca²⁺ у пробах коливається в межах від 35,6 до 148 мг/дм³, а Mg²⁺ – від 1,8 до 22,4 мг/дм³.

Незначне підвищення концентрації йонів Ca²⁺ класично спостерігається у меженні періоди, а зниження – у паводкові сезони. Відомо, що диференціація показників має чіткий проявляється під час зміни гідрологічних режимів (повінь, паводок, межень), особливо у період літньої (літньо-осінньої) межені. Збільшення кількості опадів та підвищення температури активізує процеси хімічного вивітрювання гірських порід.

Рівень рН проб становив 7,5÷8,2, що не перевищує нормативних значень. Влітку, поблизу місць значної концентрації населення фіксувалось зниження рівня рН, що пояснюється процесом розкладання органічних відходів життєдіяльності людей, який супроводжується цвітінням води і підвищеним споживанням кисню.

Рівень БСК₅ у досліджуваних зразках № 1, № 2, № 3 та № 5 був у межах 1,4 – 2,5 мгО₂/дм³, що не перевищує показники ГДК і свідчить про

відсутність/низький рівень органічного забруднення водойми. У пробі № 4 спостерігали перевищення норми у 1,6 рази.

Вміст хлоридів (від 12,5 мг/дм³ до 65,1 мг/дм³), сульфатів (від 16,8 мг/дм³ до 115,6 мг/дм³) та йонів феруму (від 0,04 мг/дм³ до 0,15 мг/дм³) знаходиться в межах норми.

Вміст нітратів перевищував норму у пробах № 1 (у 1,6 рази) та № 4 (у 1,3 рази), що пов'язано із антропогенними чинниками. Основним виявленим джерелом забруднення води були побутові стічні води та відходи тваринництва із прилеглих населених пунктів., що також підтверджується рівнем йонів амонію у пробах № 1, № 2, № 3, № 4, який був у межах 0,9-2,5 мг/дм³, що у 1,8-5 разів перевищує значення ГДК.

Перевищення допустимої концентрації нітритів у 11 разів виявлено у пробі № 3, у пробах № 1 та № 4 перевищення норми складало 1,2-3 рази, в той час як у пробах № 2 та № 5 показники знаходились у діапазоні 0,04 – 0,06 мг/дм³.

Отримані результати повністю корелюються з густиною забудови та зростанням чисельності населення у весняно-літній період 2022 року в долинах річок Славська, Рожанка й Цигла (проби № 1, № 3, № 4) та низьким антропогенним впливом на водну акваторію в точках відбору проб № 2 та № 5.

Розраховані індекси ІЗВ, РЗ та ПГЕП для досліджуваних зразків дозволили визначити ступінь забруднення водних екосистем та ідентифікувати рівень небезпеки антропогенного навантаження (табл. 2, рис. 1).

За усередненим ІЗВ досліджувані проби річок басейну Опір відносяться до 2 класу якості води – помірно чисті, за категорією якості води – 2,6, за рівнем забрудненості – на межі між чистою та помірно забрудненою. Чистими є проби, відібрані з гирла річки Головчанка та річки Опір перед селом Опорець, де техногенне навантаження мінімальне.

Усереднене значення РЗ для досліджуваної ділянки річки Опір становить 4,5 од., що відповідає слабкому рівню забруднення з виявленим точковим сильним забрудненням в межах відбору проби № 3 (РЗ – 11 од.).

Отримані індекси ІЗВ та РЗ дозволяють оцінити та розробити заходи з покращення якості води. Поряд з тим ПГЕП дозволяє оцінити

буферну здатність водної екосистеми, допустимий антропогенний вплив на водне середовище для збереження екологічної рівноваги та стійкості розвитку водних об'єктів індекс гідро-екологічного потенціалу річок басейну річки Опір розраховували на основі 15 показників усіх груп. На досліджуваній ділянці ІГЕП змінюється в межах від 0,36 до 5,48. Значення ІГЕП для проби № 4 у 0,36 од. вказує на перевищення ГДК за кількома показниками та перебуває у зоні песимуму з низькою здатністю водної екосистеми до самоочищення і незадовільною категорією природно-техногенної безпеки

річки Славська. Усереднене значення ІГЕП становить 2,51 од, що вказує на тривожний (напружений) стан водної екосистеми та задовільну категорію природно-техногенної безпеки водної екосистеми. Здатність водної екосистеми до самоочищення – середня, а загальна оцінка гідроекологічного потенціалу – «напруження-адаптації».

Встановлено, що сезонні коливання, пов'язані із зміною водності (рис. 2, рис. 3, рис. 4) впливають на ІЗВ, РЗ та ІГЕП залежно від антропогенного тиску на водну систему. Для річок Головчанка, Цигла та Опір (у с. Опоpecь)

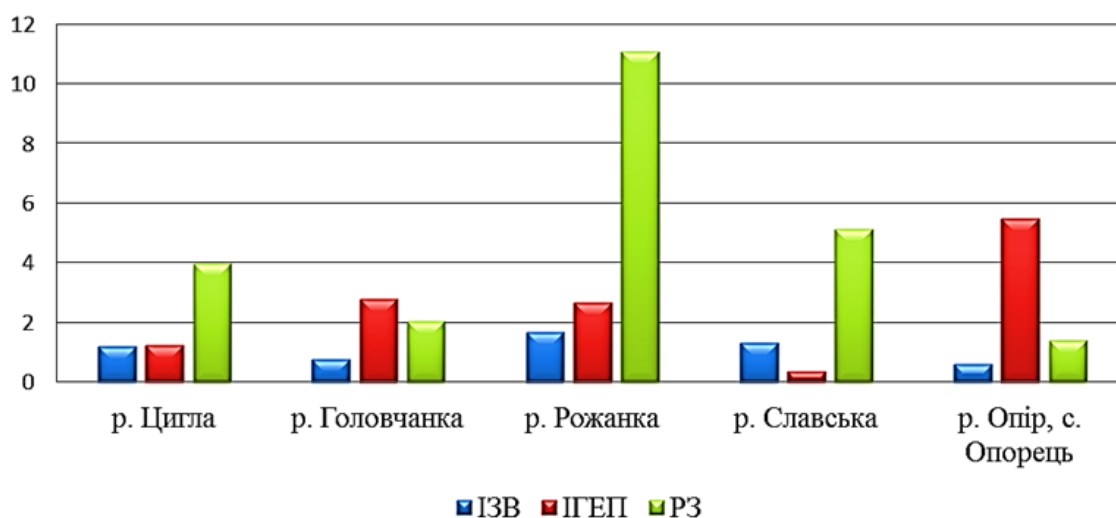


Рис. 1. Усереднені значення індексу забрудненості води, індексу рівня забрудненості води та індексу гідроекологічного потенціалу за 2022 рік

Таблиця 2

Якість води досліджуваних проб за індексом якості води, індексом забрудненості води, індексом рівня забруднення води та індексом гідроекологічного потенціалу

Характеристика		Проба 1	Проба 2	Проба 3	Проба 4	Проба 5
ІЗВ	Числове значення	1,19	0,77	1,68	1,23	0,52
	Клас якості води	II				
	Категорія якості води	Помірно чисті				
	Рівень забрудненості води	3	2	3	3	2
	Категорія якості води	помірно забруднені	чисті	помірно забруднені	помірно забруднені	чисті
ІГЕП	Числове значення	1,24	2,8	2,67	0,36	5,48
	Оцінка	напружений			песимум	Фонова зона буферності
	Здатність водної екосистеми до самоочищення	середня	середня	середня	низька	максимально можлива
	Категорія природно-техногенної безпеки водної екосистеми	Задовільна			незадовільна	еталонна
	Стан водної екосистеми	Тривожний/напружений			конфліктний	сприятливий
РЗ	Числове значення	4,0	2,0	11,1	4,0	1,4
	Забрудненість	слабка	слабка	сильна	слабка	слабка

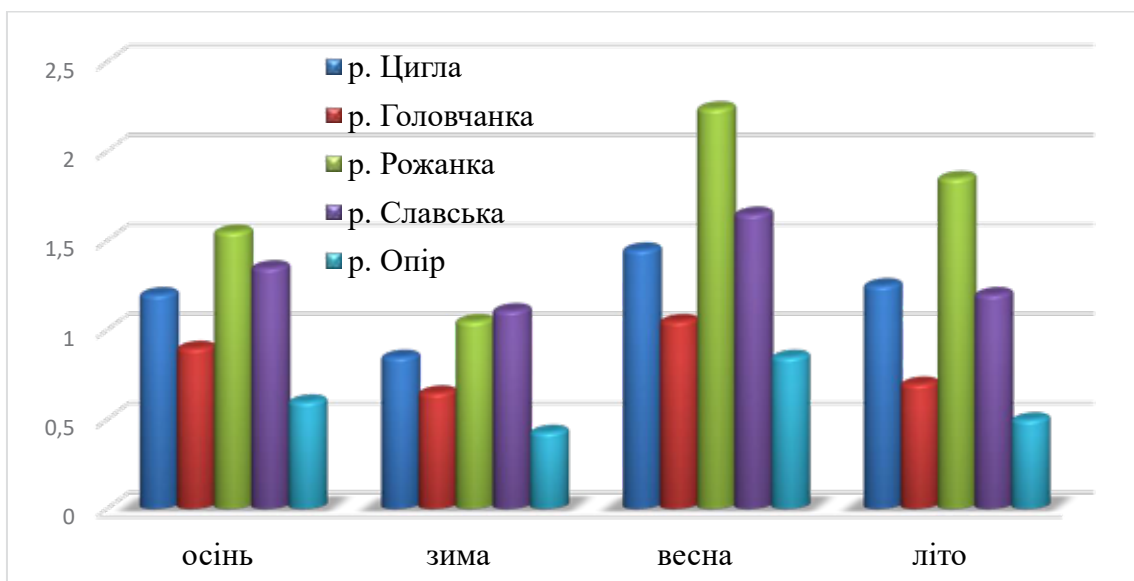


Рис. 2. Сезонні коливання індексу забрудненості води (ІЗВ)

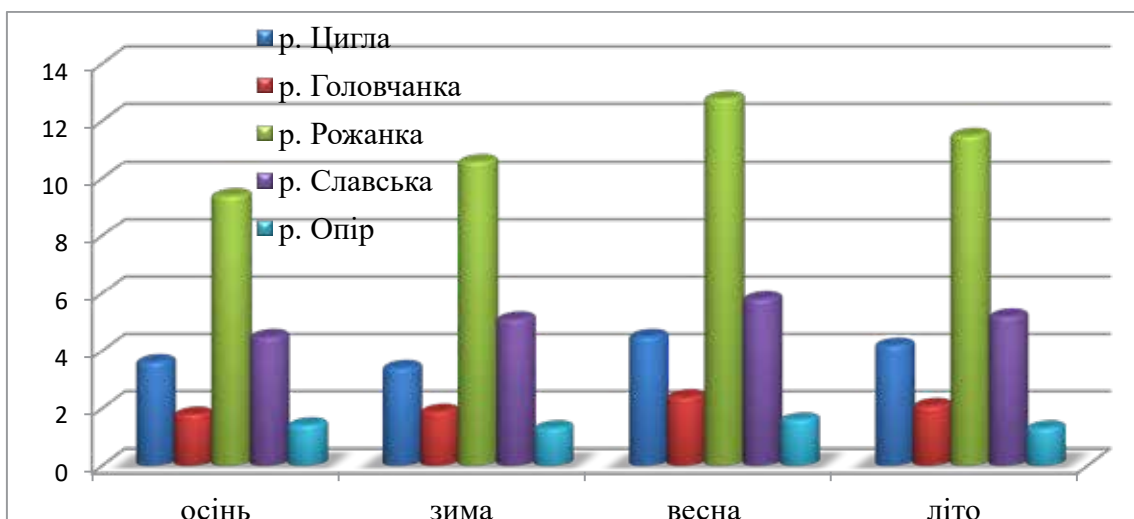


Рис. 3. Сезонні коливання індексу рівня забрудненості води (РЗ)

сезонні коливання несуттєві: максимальні весною, мінімальні – взимку, в той час як для річок Рожанка та Славська, де сконцентрована найбільша кількість туристично-рекреаційних закладів: мінімальне навантаження восени, а максимальне – навесні.

Для ІГЕП максимальне значення припадає на осінь 2021 року, а мінімальне – на весну літо 2022 року, що не типово, оскільки навесні вищий вегетаційний період і діяльність гідробіонтів активізується, а на зиму їхня кількість зменшується, відповідно максимальне значення мало б бути навесні (Архипова, 2011; Кропивницька, Стаднічук, Каршень, 2021). В цьому випадку відхилення показників ІГЕП пояснюється масовим переселенням населення

у зв'язку повномасштабним вторгненням російської армії на територію України у лютому 2022 року. Як наслідок значно збільшене антропогенне навантаження на всі екосистеми заходу країни у сукупності з холодною та сухою весною спричинило неконтрольоване (точкове) антропогенне навантаження і як результат – зниження ІГЕП.

Вплив антропогенного навантаження можна чітко прослідкується на графіках, так незалежно від сезону річка Славська постійно перебуває у зоні песимуму потенціалу (мінімальне значення 0,1 весною та максимальне значення 0,75), а річка Опір в межах села Опорець у зоні оптимуму потенціалу (5,3 – 5,5). Восени показники ІГЕП для річок Рожанка і Головчанка

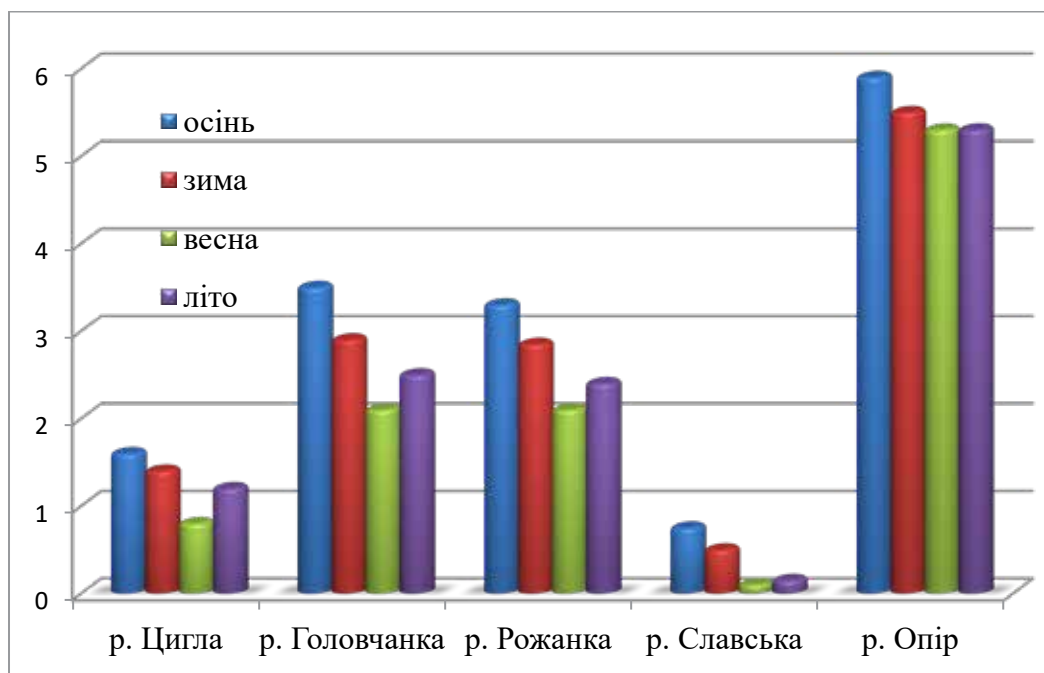


Рис. 4. Сезонні коливання індексу гідроекологічного потенціалу (ІГЕП)

були оцінені як «зона оптимуму потенціалу», а для річки Цигла – як «напруження адаптації». Взимку спостерігається зниження ІГЕП, пов'язане із періодом межені, погіршенням кисневого режиму внаслідок льодоставу, збільшенням мінералізації води, що змінює оцінку: для річок Цигла, Головчанка та Рожанка до зони «напруження адаптації». Навесні для річок Цигла, Рожанка та Головчанка спостерігалось мінімальне значення (від 0,8 до 2,1), що відповідає «зоні песимуму потенціалу» для річки Цигла та «напруження адаптації» для інших. В літній період показник ІГЕП збільшується і ці три річки перейшли в зону «напруження адаптації». Це пояснюється пришвидшенням хімічних, біохімічних, фотосинтетичних та інших реакцій у весняно-літній період, а також зменшенням антропогенного тиску на екосистему порівняно з весняним періодом, у зв'язку з поверненням частини населення на звільнені території.

Загалом, за гідрохімічними показниками поверхневі води річки Опір в межах ділянки села Опорець – села Тухля можна вважати задовільними. Поверхневі води є нейтральними, слабомінералізованими, гідрокарбонатно-кальцієвого складу, що загалом характерно для цього регіону. Вздовж течії річки відсутніх змін у складі вод не спостерігалось. У всіх пробах, окрім № 5 зафіксовано підвищений вміст

йонів амонію, що свідчить про забруднення органічними стоками. Води достатньо насичені киснем. Низькі концентрації деяких компонентів, ймовірно, зумовлені відносно великою протяжністю ріки Опір та її приток, гірською місцевістю та достатньою здатністю до самоочищення. Найкращою вважається якість води у пробі № 5, яку можна вважати фоновією, найгіршою – проби, відібрані з річки Славська. Усереднені показники якості води та екологічного стану річки Опір на ділянці село Опорець – село Гребенів наступні:

- за індексом забрудненості води – клас II, помірно чисті, 2-3 категорії (чисті – помірно забруднені);
- за індексом рівня забруднення води – слабо забруднена;
- за індексом гідроекологічного потенціалу – тривожний (напружений) стан водної екосистеми, задовільна категорія природно-техногенної безпеки водної екосистеми. Здатність водної екосистеми до самоочищення – середня, а загальна оцінка – напруження адаптації.

Загалом можна вважати, що води досліджуваного басейну є придатними для задоволення потреб населення у випадку відключення центрального водопостачання, а їх здатність до само рекреації дозволяє використовувати їх впродовж усього року, окрім місць локального сильного сезонного забруднення.

Використання екосистемного підходу до аналізу якості поверхневих вод дозволило комплексно оцінити екологічний ризик з врахуванням здатності водної екосистеми до самовідновлення, віддаленості до джерела антропогенного тиску а також його тривалості. Подальший моніторинг акваторії дже-

рел в регіонах концентрації вимушених внутрішньо-переміщених осіб, дає можливість не лише оцінити ризик розвитку деградаційних процесів обраного басейну а й оцінити стан водних ресурсів та можливість їх застосування у випадку відключення центрального водопостачання.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Архипова Л.М. Природно-техногенна безпека гідроекосистем. Івано-Франківськ. 2011. 355 с.
2. Босак П.В., Король К.А., Луцик А.Г. Екологічна характеристика річок у Славському Львівської області. *Вісник ЛДУБЖД*. 2019. № 20. С. 80-84. DOI: 10.32447/20784643.20.2019.11
3. Вовкунович М.І., Роман Л.Ю., Чундак С.Ю. Антропогенна діяльність на території НПП «Сколівські бескиди» та її вплив на екологічний стан гідромережі. *Наук. вісник Ужгород. ун-ту (Сер. Хімія)*. 2020. № 1 (43). С. 86-91. DOI: 10.24144/2414-0260.2020.1.86-91.
4. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10). Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 12.05.2010 року № 400. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text>
5. Кепеняк Н.М. Гідрологічна мережа національного природного парку «Сколівські Бескиди» та її використання в географії. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2013 № 3-4. С. 128-137.
6. Кропивницька Л., Стаднічук О., Каршень А. Сезонна мінливість екологічного стану природних вод гірської частини річки Стрий. *Acta Carpathica*. 2021. № 2. С. 33-43. DOI: <https://doi.org/10.32782/2450-8640.2021.2.4>
7. Лавринюк, З., Караїм, О., Гулай, Л. Гідрохімічний аналіз та особливості використання поверхневих вод річки Оконка. *Проблеми хімії та сталого розвитку*. 2021. 3. С. 24–29. <https://doi.org/10.32782/pcsd-2021-3-4>
8. Нестерова О.В., Шарков В.В., Журавльова О.А., Нестеров Я.С. Проблеми басейнів малих річок. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2019. № 5 (257-258) DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.221019.68.524.
9. Писанко Я.І. Екологічне прогнозування стану розвитку техногенно-зміненої гирлової ділянки річки Ірпінь. *Вісник КрНУ ім. М. Остроградського*. 2018. № 4. С. 109–114. DOI: 10.30929/1995-0519.2018.4.109-114
10. Снітинський В.В., Хірівський П.Р., Гнатів І.Р. Особливості формування поверхневого стоку гірських річок за вирубки лісів та розорювання схилів територій. *Науково-практичний журнал. Екологічні науки*. 2020. № 3(30). С. 73-77. DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.3-30.12>.
11. Giri S, Qiu Z. Understanding the relationship of land uses and water quality in Twenty First Century: A review. *J Environ Manage*. 2016. 15; 173:41-8. DOI: 10.1016/j.jenvman.2016.02.029.
12. Lenty Hoya A., Nany Y., Utomo S., Ramadhani Maharlika A. Water quality assessment and control efforts use the pollution index method in the Sikendil river. *E3S Web of Conferences 202*. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020206039>
13. Rybalova O., Artemiev S., Sarapina M., Tsybmal B., Bakhareva A., Shestopalov O., Filenko O. Development of estimation methods of environmental risk degrading the surface water state. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. № 2/10 (92) P. 4-17. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.127829
14. Stadnichuk O., Kropyvnytska L., Kucher L., Martyniuk I., Platonov M. The Impact of the mineral water composition on the population health. *Periodyk naukowy Akademii Polonijnej*. 2019. 34 nr 3, s. 91-98. DOI: <https://doi.org/10.23856/3411>
15. Stadnichuk O., Martyniuk I., Kropyvnytska L. The evaluation of the hydroecosystem (natural waters) toxicity in Turka and Skole districts of Lviv region. *Human health: realities and prospects. Monographic series. V. 3. «Health and nutrition»*, edited by Nadiya Skotna. Drohobych: Posvit, 2018, P. 117-130

REFERENCES:

1. Arkhypova L.M. (2011) Pryrodno-tekhnohenna bezpeka hidroekosystem [Natural and man-made safety of hydroecosystems]. Ivano-Frankivsk. [In Ukrainian].
2. Bosak P.V., Korol K.A. & Lutsyk A.H. (2019). Ekolohichna kharakterystyka richok u Slavskomu Lvivskoyi oblasti [Ecological characteristics of rivers in Slavsky, Lviv region]. *Visnyk LDUBZHD – Bulletin of the LDUBZH*. 20. 80-84. [In Ukrainian].
3. Vovkunovich M.I., Roman L.Yu. & Chundak S.Yu. (2020). Antropohenna diyal'nist' na terytoriyi NPP «Skolivs'ki beskydy» ta yiyi vplyv na ekolohichnyy stan hidromerezhi [Anthropogenic activity on the territory of the NPP "Skolivski beskydy" and its influence on the hydrological state of the catchment area].

Beskydy" and its impact on the ecological state of the water network]. *Nauk. visnyk Uzhhorod. un-tu (Ser. Khimiya) – Science Herald of Uzhgorod. university (Ser. Chemistry)*. 1 (43). 86-91. [In Ukrainian].

4. Derzhavni sanitarni normy ta pravyla «Hihiyenichni vymohy do vody pytynoyi, pryznachenoji dlya spozhyvannya lyudynoyu» (DSanPiN 2.2.4-171-10). [State sanitary norms and rules are the «Hygienical requirements to the water drinkable, intended for a consumption a man» (DSanPiN 2.2.4-171-10)]. Order of the Ministry of Health of Ukraine. *May, 12, 2010. № 400*. [in Ukrainian]

5. Kepyayak N.M. (2013). Hidrolohichna merezha natsional'noho pryrodnoho parku «Skolivs'ki Beskydy» ta yiyi vykorystannya v heohrafiyi [The hydrological network of the Skolivski Beskydy National Nature Park and its use in geography]. *Lyudyna ta dovkillya. Problemy neoekolohiyi – Man and environment. Problems of neoecology*. 3-4. [In Ukrainian].

6. Kropyvnytska L., Stadnichuk O. & Karshen A. (2021). Sezonna minlyvist' ekolohichnoho stanu pryrodnykh vod hirs'koyi chastyny richky Stryy [Seasonal variability of the environmental condition of the natural waters of the his part of the Stry river]. *Acta Carpathica*. 2. 33-43. [In Ukrainian].

7. Lavrynyuk Z., Karaim O. & Gulay L. (2021). Hidrokhimichnyy analiz ta osoblyvosti vykorystannya poverkhnevnykh vod richky Okonka [Hydrochemical analysis and features of the use of the surface waters of the Okonka river]. *Problemy khimiyi ta staloho rozvytku – Problems of Chemistry and Sustainable Development*, 3, 24-29. <https://doi.org/10.32782/pcsd-2021-3-4>. [In Ukrainian].

8. Nesterova O.V., Sharkov V.V., Zhuravlyova O.A. & Nesterov Ya.S. (2019). Problemy baseyniv malykh richok [Problems of small river basins]. *Visnyk Prydniprovskoyi derzhavnoyi akademiyi budivnytstva ta arkhitektury – Bulletin of the Dnipro State Academy of Construction and Architecture*. 5. (257-258). [In Ukrainian].

9. Pysanko Ya.I. (2018) Ekolohichne prohnozuvannya stanu rozvytku tekhnohenko-zminenoyi hyrlovoyi dilyanky richky Irpin [Ecological forecasting of the state of development of the technogenically altered estuarine section of the Irpin River]. *Visnyk KrNU im. M. Ostrohradskoho – Bulletin of KrNU named after M. Ostrogradskyi*. 4.109-114. [In Ukrainian].

10. Snitynskyi V., Khirivskyi P. & Hnativ I. (2020) Osoblyvosti formuvannya poverkhnevoho stoku hirs'kykh richok za vyrubky lisiv ta rozoryuvannya skhylovykh terytoriy [Features of surface runoff formation of mountain rivers during deforestation and plowing of slope areas]. *Naukovo-praktychnyy zhurnal. Ekolohichni nauky – Scientific and practical journal. Environmental sciences*. 3(30). С. 73-77. [In Ukrainian].

11. Giri S & Qiu Z. (2016). Understanding the relationship of land uses and water quality in Twenty First Century: A review. *J Environ Manage*. 15; 173:41-8. DOI: 10.1016/j.jenvman.2016.02.029. [in English]

12. Lenty Hoya A., Nany Y., Utomo S., Ramadhani Maharlika A. (2020) Water quality assessment and control efforts use the pollution index method in the Sikendil river. *E3S Web of Conferences 202*. [in English]

13. Rybalova O., Artemiev S., Sarapina M., Tsymbal B., Bakhareva A., Shestopalov O., et.al. (2018). Development of estimation methods of environmental risk degrading the surface water state. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2/10 (92). 4-17. [in English]

14. Stadnichuk O., Kropyvnytska L., Kucher L., Martyniuk I., Platonov M. (2019). The Impact of the mineral water composition on the population health// *Periodyk naukowy Akademii Polonijnej, Częstochowa, Akademia Polonijna w Częstochowie*, 34 nr 3, s. 91-98. DOI: <https://doi.org/10.23856/3411> [in English]

15. Stadnichuk O., Martyniuk I., Kropyvnytska L. (2018). The evaluation of the hydroecosystem (natural waters) toxicity in Turka and Skole districts of Lviv region. *Human health: realities and prospects. Monographic series*. V. 3. «Health and nutrition», edited by Nadiya Skotna. Drohobych: Posvit, P. 117-130 [in English]

УДК 502.11:581.9(477.82)

DOI <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-3-8>

Оксана МУЗИЧЕНКО

кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища, Волинський національний університет імені Лесі Українки, просп. Волі, 13, м. Луцьк, Волинська обл., Україна, 43025

ORCID: 0000-0003-1909-3131

Оксана ЦЬОСЬ

кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища, Волинський національний університет імені Лесі Українки, просп. Волі, 13, м. Луцьк, Волинська обл., Україна, 43025

ORCID: 0000-0002-9679-9413

Бібліографічний опис статті: Музиченко, О., Цьось, О. (2022). Структура флори рослинних угруповань міста Луцька з участю *Solidago canadensis* L. *Проблеми хімії та сталого розвитку*, 3, 59–66, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-3-8>

СТРУКТУРА ФЛОРИ РОСЛИННИХ УГРУПОВАНЬ МІСТА ЛУЦЬКА З УЧАСТЮ *SOLIDAGO CANADENSIS* L.

Однією з головних причин зниження біологічного різноманіття є вторгнення чужорідних видів рослин, які трансформують екосистеми, витісняючи аборигенні види. Одним з таких є інвазійний вид – золотарник канадський (*Solidago canadensis* L.) – трав'янистий полікарпик, гемікриптофіт, ксеромезофіт, геліофіт.

Solidago canadensis L. заселяє екотопи м. Луцька, формуючи трав'янисті зарості у складі напівприродних слабопорушених та антропогенного трансформованих рослинних угруповань. В рослинних угрупованнях м. Луцька за участю *S. canadensis* L. описано 80 видів рослин, які належать до 17 родин, 3 класів і 3 відділів. Спектр 6 провідних родин угруповань нараховує 44 види, що становить 55% від загальної кількості видів. Провідними родинами є: *Asteraceae*, *Poaceae*, *Brassicaceae*, *Lamiaceae* та *Fabaceae*. У біоморфологічній структурі флори рослинних угруповань з участю *S. canadensis* L. домінують трав'янисті полікарпики (58,75%) та гемікриптофіти (47,5%). В екологічному спектрі флори серед гідроморф найбільше мезофітів – 42 види або 52,5%; ксеромезофітів – 21 вид або 26,25%, що вказує на мезофільний характер флори даних угруповань. У складі геліоморф переважають геліофіти – 48 видів (60%) та геліосціофіти – 17 видів (21,25%), що відображає приуроченість *S. canadensis* L. до освітлених місцезростань.

Зі збільшенням проективного покриття *S. canadensis* L. в рослинних угрупованнях кількість супутніх видів рослин зменшується, зростає частка рудеральних видів, з угруповань зникають типові лучні рослини.

Ключові слова: *Solidago canadensis* L., інвазійний вид, рослинні угруповання, біоморфологічна, екологічна структура.

Oksana MUZYCHENKO

Candidate of Biological Sciences, Senior Lecturer at the Department of Ecology and Nature Management, Lesya Ukrainka Volyn National University, 13 Voli ave., Lutsk, Volyn region, Ukraine, 43025

ORCID: 0000-0003-1909-3131

Oksana TSOS

Candidate of Agricultural Sciences, Senior Lecturer at the Department of Ecology and Nature Management, Lesya Ukrainka Volyn National University, 13 Voli ave., Lutsk, Volyn region, Ukraine, 43025

ORCID: 0000-0002-9679-9413

To cite this article: Muzychenko, O., Tsos, O. (2022). Struktura flory roslynnykh uhrupovan mista Lutska z uchastiu *Solidago canadensis* L. [The structure of the flora of the plant groups of the city of Lutsk with the participation of *Solidago canadensis* L.]. *Problems of Chemistry and Sustainable Development*, 3, 59–66, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-3-8>

THE STRUCTURE OF THE FLORA OF THE PLANT GROUPS OF THE CITY OF LUTSK WITH THE PARTICIPATION OF *SOLIDAGO CANADENSIS* L.

One of the main reasons for the decrease in biological diversity is the invasion of alien species of plants, as they transform ecosystems, displacing aboriginal species. One of these invasive species is the *Solidago canadensis* L. – a herbaceous polycarp, gemicryptophyte, xeromesophyte, heliophyte.

Solidago canadensis L. populates the ecotopes of the city of Lutsk, forming herbaceous thickets in the composition of semi-natural slightly disturbed and anthropogenically transformed plant groups. 80 species of plants belonging to 17 families, 3 classes and 3 divisions described in the plant groupings of the city of Lutsk with the participation of *S. canadensis* L. The spectrum of 6 leading families of groupings includes 44 species, which is 55% of the total number of species. The leading families are: Asteraceae, Poaceae, Brassicaceae, Lamiaceae and Fabaceae. The biomorphological structure of the flora of plant groups with the participation of *S. canadensis* L. is dominated by herbaceous polycarpic (58,75%) and hemicryptophytes (47,5%). In the ecological spectrum of flora, there are more mesophytes among hydromorphs – 42 species or 52,5%; xeromesophytes – 21 species or 26,25%, which indicates the mesophilic nature of the flora of these groups. Heliomorphs are dominated by heliophytes – 48 species (60%) and heliosciophytes – 17 species (21,25%), which reflects the limitation of *S. canadensis* L. to illuminated locations.

With an increase in the projective cover of *S. canadensis* L. in plant groupings, the number of accompanying plant species decreases, the share of ruderal species increases, and typical meadow plants disappear from the groupings.

Key words: *Solidago canadensis* L., invasive species, plant groups, biomorphological, ecological structure.

Актуальність проблеми. Протягом останніх десятиліть у світі відбувається прискорення процесів біологічної інвазії – активного вселення нових видів на території, де вони раніше були відсутні. Неконтрольоване розповсюдження в природному середовищі чужорідних видів створює глобальну загрозу біорізноманіттю. Саме ці види флори і фауни, можуть спричинити масштабний негативний вплив на місцеві види та екосистеми. Окремі з них несуть пряму загрозу якості життя та здоров'ю людини. Види-вселенці зустрічаються в усіх таксономічних групах живих організмів, включаючи тварин, рослин, грибів та мікроорганізмів і можуть впливати на всі типи екосистем. Інвазійні види трансформують цілі екосистеми та роблять їх бідними на біорізноманіття, витісняючи аборигенні види. Частина їх є видами-трансформерами, які своєю життєдіяльністю змінюють умови довкілля, структуру фітоценозів, починають виконувати роль нових рослин-господарів для різних паразитів і збудників захворювань; гібридизуються з аборигенними видами [6; 11].

Поширення чужорідних видів на нових для них територіях розглядають як біологічні інвазії – особливий тип біологічного забруднення навколишнього середовища. Вивчення біологічних інвазій – один із пріоритетних напрямків сучасних екологічних досліджень. Враховуючи важливу роль інвазійних рослин у сучасному флорогенезі, дослідження особливо небезпечних інвазійних рослин набуло особливої актуальності. Вивчення впливу інвазійних видів на

конкретні екосистеми необхідне в першу чергу для прогнозування і попередження фітоінвазій, що можливе лише за умов накопичення знань про інвазійну спроможність видів у різних умовах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

На початку XXI століття розселення адвентивних рослин набуло глобальних масштабів. Водночас збільшилася кількість заносних або чужорідних видів, серед них особливу загрозу представляють інвазійні види, які можуть здійснювати негативний вплив на біорізноманіття, становлять загрозу для лісового, сільського господарства, природоохоронних територій.

Серед головних причин активного розселення інвазійних видів Я. Дідух вбачає глобальні зміни клімату, зокрема, відсутність низьких температур взимку, які стримували б поширення бур'янів [5]. На думку О. Г. Васенко з співав. антропогенні фактори також є сприяють активному розселенню видів, саме: транспортні перевезення, трансформація природних ландшафтів, необґрунтоване заліснення степів [3].

У складі адвентивної флори України зареєстровано близько 850 видів рослин, що становить близько 14% від видової різноманітності рослинного світу України, з них за різними оцінками до 100 видів є з високою інвазійною спроможністю а, 29 – знаходяться у експансії [1; 10].

Серед чужорідних видів рослин увагу науковців привертає золотарник канадський (*Solidago canadensis* L.), котрий у більшості

регіонів України перебуває у стані експансії, захоплюючи не тільки порушені урболаншафти, але поступово проникає у природні фітоценози, змінює їх вигляд, порушує сукцесійні зв'язки, виступає в якості едифікатора і домінанта, утворюючи значні за площею одновидові зарості, витісняє і (або) перешкоджає відновленню видів природної флори. За ступенем небезпеки для навколишнього середовища, науковці цей інвазійний вид відносять в один ряд з *Ambrosia artemisiifolia* L., *Heracleum sosnowskyi* Manden. і *Acer negundo* L. [8].

У сучасних публікаціях виокремлюють ряд чинників експансії *S. canadensis* L.: як і для більшості чужорідних видів в нових умовах у нього немає ворогів; висока продуктивність і схожість насіння забезпечує виживання навіть у несприятливих для нього умовах. Встановлено, там де поширюється золотарник зникають лучні види рослин, більшість лугових комах, птахів [4]. Як інвазійний вид, *S. canadensis* L. здатний не просто існувати в природних фітоценозах, а розвиватися в них масово, витісняючи місцеві види, змінюючи видовий склад і структуру фітоценозів, спричиняючи їх трансформації [2].

Мета дослідження: структурний аналіз флори рослинних угруповань м. Луцька з участю *Solidago canadensis* L.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження проводились протягом вегетаційного періоду 2020-2021 рр. Були обстежені основні території напівприродної слабопорушеної та антропогенного трансформованої рослинності в адміністративних межах м. Луцька. Видовий склад рослинних угруповань з участю *S. canadensis* L. вивчався в ході маршрутних досліджень шляхом випадкового закладання тимчасових пробних ділянок розміром 10x10 м². На ділянках проводили визначення всіх видів рослин за загальноприйнятими методиками і окомірне визначення їх проективного покриття, отримані дані обробляли статистично.

Структурний аналіз флори рослинних угруповань з участю *S. canadensis* L. виконано за загальноприйнятими методиками із застосуванням класичних методів дослідження (А. Тахтаджяном, І.Г. Серебряковим, К. Раункієром). Серед статистичних характеристик використовували індекс Сьоренсена. Видові назви судинних рослин наведено за [7].

S. canadensis L. або золотарник канадський – вид північноамериканського походження. Спочатку його культивували в ботанічних садах і поширювали по розплідниках. Оскільки вид є досить привабливим і легко вирощується, його широко використовували садівники.

Життєва форма представлена багаторічним трав'янистим полікарпіком, висотою 50-200 см. Гемікриптофіт, ксеромезофіт, геліофіт. Вид володіє лікувальними властивостями, хороший медонос, є агресивним бур'яном [9].

Дослідження рослинних угруповань м. Луцька з участю *S. canadensis* L. виявило 80 видів рослин, які належать до 45 родів, 17 родин, 16 порядків, 3 класів і 3 відділів (табл. 1).

До класу *Equisetopsida* належить один вид – хвощ польовий (*Equisetum arvense* L.). На *Liliopsida* припадає 10 видів, або 12,5% від загальної кількості видів, на *Magnoliopsida* – 69 видів, або 86,25%. Спектр 6 провідних родин угруповань нараховує 44 види, що становить 55% від загальної кількості видів (табл. 2).

Провідними родинами рослинних угруповань з участю *S. canadensis* L. є: *Asteraceae* – 20%, *Poaceae* – 10%, *Brassicaceae* – 7,5%, *Lamiaceae* та *Fabaceae* по 6,25%. Більшість родин (25) мають низький рівень флористичного запасу (1-3 види) та налічують 36 видів або 45% від загальної кількості. Найбільш поширеними є представники родини *Asteraceae*, які об'єднують 16 видів або 20% від загальної кількості і входять до складу усіх досліджуваних рослинних угруповань.

У біоморфологічній структурі флори за класифікацією К. Раункієра ядром угруповань виступають гемікриптофіти (47,5%), такі як: *Potentilla anserina* L., *Trifolium repens* L., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth. та ін. (табл. 3).

Відносно чисельною є група терофітів – 20% (*Daucus carota* L., *Polygonum aviculare* L., *Papaver rhoeas* L.) та фанерофітів – 15%. Деревя зустрічаються на усіх пробних ділянках, це види роду *Salix*, *Populus*, *Euonymus europaeus* L., *Acer negundo* L. та ін. По одному виду представлені хамефіти – *Humulus lupulus* L. та гідрофіти – *Phragmites australis* (Cav.) Trin.) (рис. 1).

Відповідно до розподілу видів за життєвими формами І. Г. Серебрякова, найбільша частка припадає на трав'яні рослини, що представлені 67 видами або 83,75% (табл. 3).

Серед трав'яних рослин переважають полікарпіки, до яких відноситься 58,75% від загальної видів (*Rumex acetosa* L., *Lotus corniculatus* L., *Cichorium intybus* L.). Зазначена життєва форма досить поширена серед представників родин *Asteraceae* та *Cyperaceae*. Деревя представлені 10%, а чагарники 6,26%.

За відношенням до водного режиму рослини було виділено 6 екологічних груп: гідрофіти, гігрофіти, гігромезофіти, мезофіти, ксеромезофіти, ксерофіти. В екологічному спектрі гідроморф у складі угруповань з участю *S. canadensis* L. найбільш чисельно представлені мезофіти, що нараховують 42 види (52,5%). В основному це лучні трави. Ксеромезофіти нараховують 21 вид або 26,25% (рис. 2). Отриманий спектр гідроморф свідчить про мезофільний характер флори.

Види рослинних угруповань з участю *S. canadensis* L. за відношенням до освітленості були розподілені на 4 екологічні групи: сціофіти, сціогеліофіти, геліосціофіти, геліофіти.

В екологічному спектрі геліоморф переважають геліофіти, що представлені 48 видами (60%). Значне місце посідають також геліосціофіти, що включають 17 видів (21,25%). Отже, переважна більшість видів рослин (81,25%) приурочена до добре та достатньо освітлених відкритих місцезростань (рис. 3). Типовими сціофітами є 3 види – *Lysimachia vulgaris* L., *Lythrum salicaria* L., *Sambucus nigra* L.

Таким чином, екологічний аналіз флори рослинних угруповань м. Луцька з участю *S. canadensis* L. свідчить, що в її складі переважають види, які приурочені до середньозволожених з достатньою освітленістю місцезростань.

Аналіз ступеня поширення *S. canadensis* L. на антропогенного трансформованих ділянках (ПП № 1) становив 90%; напівприродних слабопорушених територіях (ПП № 2 – 40%), в напівприродних рослинних угрупованнях урболандшафтів (ПП № 3) – до 1%. За кіль-

кістю супутніх видів на площі № 1 зростало найменше – 38 видів; № 2 – 52 види, № 3 – 45 видів.

Розрахунок індексу Сьоренсена показав, найбільшу подібність мають площі № 1 та № 2 (індекс Сьоренсена – 0,58), тобто рослинні угруповання, де золотарник виступає на площі № 1 – домінантом та едифікатором рослинного угруповання, а на площі № 2 – домінантом з високим ступенем поширення (табл. 6).

На площі № 1 *S. canadensis* L. створював стійкі асоціації з *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth. Тут найбільш поширеними були види: *Equisetum arvense* (L.), *Vicia cracca* L., *Stenactis annua* L. Cass, *Lamium album* L., *Trifolium repens* L., *Mentha arvensis* L., *Euphorbia cyparissias* L., *Lotus corniculatus* L. По всій території дослідження в результаті самосіву ростуть дерева: *Betula pendula* Roth, *Acer negundo* L.

У видовому складі площі № 2 співдомінантом з золотарником виступає *Phragmites australis* (Cav.) Trin., що пов'язано з більшим рівнем зволоження екотопу. Типовими представниками даного угруповання є: *Urtica dioica* L., *Artemisia vulgaris* L., *Rumex acetosa* L. та *R. confertus* Willd., *Trifolium repens* L., *Sambucus nigra* L. На даній території зустрічався ще один небезпечний інвазійний вид – *Echinocystis lobata* (Michx.) Tarr. et Gray. Незвичним для природних угруповань м. Луцька є *Rhus typhyna* L. Це дерево-інтродуцент, його поява пояснюється випадковим розселенням в природні ценози.

У складі площ № 1 та № 2 відмічено значну частку рудеральних рослин, які відсутні на площі № 3: *Armoracia rusticana* (P.G. Gaertn.), B. Mey. & Scherb, *Chenopodium glaucum* L., *Daucus carota* L., *Convolvulus arvensis* L., *Cichorium intybus* L., *Erigeron canadensis* L. Отже, видовий склад цих пробних площ є найбільш подібним, що в свою чергу свідчить про схожі екологічні умови.

Таблиця 1

Систематичний склад флори рослинних угруповань м. Луцька з участю *S. canadensis* L.

Відділ	Клас	Кількість			
		порядків	родин	родів	видів
<i>Equisetophyta</i>	<i>Equisetopsida</i>	1	1	1	1
<i>Magnoliophyta</i>	<i>Magnoliopsida</i>	25	28	59	69
	<i>Liliopsida</i>	2	2	9	10
Разом	3	28	31	69	80

Таблиця 2

Провідні родини рослинних угруповань м. Луцька з участю *S. canadensis* L.

№ з/п	Родина	Кількість видів	Участь, %
Клас <i>Equisetopsida</i>			
1.	<i>Equisetaceae</i>	1	1,25
Клас <i>Magnoliopsida</i>			
2.	<i>Asteraceae</i>	16	20
3.	<i>Convolvulaceae</i>	2	2,5
4.	<i>Betulaceae</i>	1	1,25
5.	<i>Fabaceae</i>	5	6,25
6.	<i>Celastraceae</i>	1	1,25
7.	<i>Sambucaceae</i>	1	1,25
8.	<i>Salicaceae</i>	4	5
9.	<i>Vitaceae</i>	1	1,25
10.	<i>Cucurbitaceae</i>	1	1,25
11.	<i>Geraniaceae</i>	1	1,25
12.	<i>Polygonaceae</i>	3	3,75
13.	<i>Lamiaceae</i>	5	6,25
14.	<i>Ranunculaceae</i>	3	3,75
15.	<i>Brassicaceae</i>	6	7,5
16.	<i>Oxalidaceae</i>	1	1,25
17.	<i>Aceraceae</i>	1	1,25
18.	<i>Urticaceae</i>	1	1,25
19.	<i>Chenopodiaceae</i>	1	1,25
20.	<i>Papaveraceae</i>	1	1,25
21.	<i>Oleaceae</i>	1	1,25
22.	<i>Euphorbiaceae</i>	1	1,25
23.	<i>Primulaceae</i>	2	2,5
24.	<i>Lythraceae</i>	1	1,25
25.	<i>Plantaginaceae</i>	2	2,5
26.	<i>Rosaceae</i>	3	3,75
27.	<i>Apiaceae</i>	2	2,5
28.	<i>Anacardiaceae</i>	1	1,25
Клас <i>Liliopsida</i>			
29.	<i>Cyperaceae</i>	2	2,5
30.	<i>Poaceae</i>	8	10
	Разом	80	100

Таблиця 3

Біоморфологічні спектри флори рослинних угруповань м. Луцька з участю *S. canadensis* L.

Біоморфа за І.Г. Серебряковим	Кількість видів	Участь, %	Біоморфа за К. Раункієром	Кількість видів	Участь, %
Трав'яні рослини:	67	83,75	Фанерофіти	12	15
Монокарпіки	20	25	Хамефіти	1	1,25
Полікарпіки	47	58,75	Гемікриптофіти	38	47,5
Деревні рослини:			Криптофіти:	13	16,25
Дерева	13	16,25	Геофіти	12	15
Кущі	8	10	Гідрофіти	1	1,25
	5	6,25	Терофіти	16	20

Таким чином, зі збільшенням ступені поширення *S. canadensis* L. кількість видів рослинних угруповань м. Луцька зменшується: при 40% поширення інвазійного виду – 52 види; при 90% – 38 видів рослин.

Пробна площа № 3 характеризуються найменшим показником подібності з ПП № 1 – 0,39 та близьким до ПП № 2 – 0,52. Лише на ПП № 3 зустрічаються типові для природних лучних угруповань види: *Lysimachia nummularia*

L., *Lythrum salicaria* L., *Lycopus europaeus* L., *Bidens tripartita* L., *Poa pratensis* L., *Euonymus europaeus* L.

Отже, масове поширення *S. canadensis* L. в рослинних угрупованнях м. Луцька призводить до зменшення видового різноманіття,

поступового витіснення типових лучних рослин видів.

Висновки і перспективи подальших досліджень. *S. canadensis* L. активно впроваджується в природні і напівприродні рослинні угруповання м. Луцька, витісняючи аборигенні види



Рис. 1. Біоморфологічний спектр флори рослинних угруповань м. Луцька з участю *S. canadensis* L. за К. Раункієром

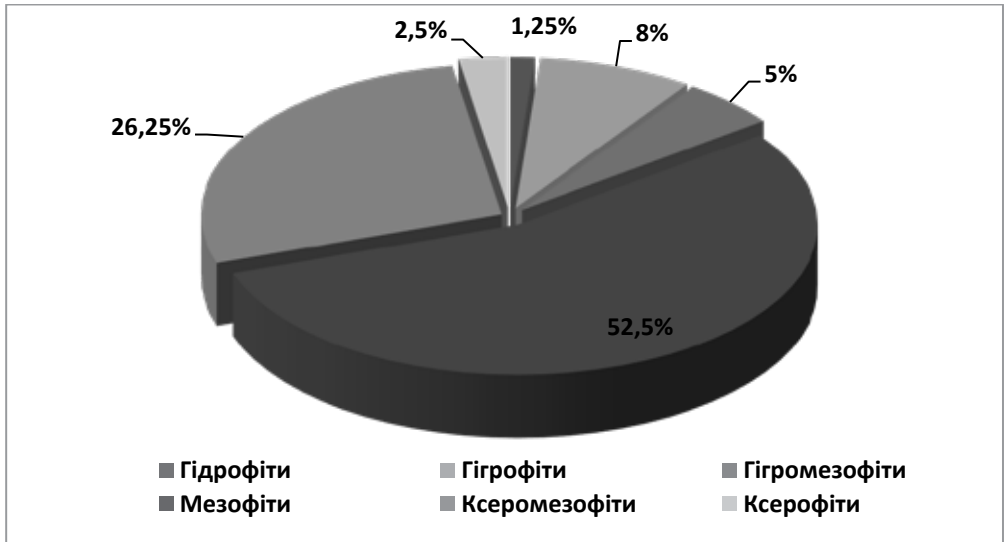


Рис. 2. Спектр флори рослинних угруповань м. Луцька з участю *S. canadensis* L. за гігроморфами

Таблиця 6

Матриця подібності видового складу флори рослинних угруповань з участю *S. canadensis* L. з використанням індексу Сьоренсена

В \ А	ПП № 1	ПП № 2	ПП № 3
ПП № 1	1	0,58	0,39
ПП № 2	0,58	1	0,52
ПП № 3	0,39	0,52	1

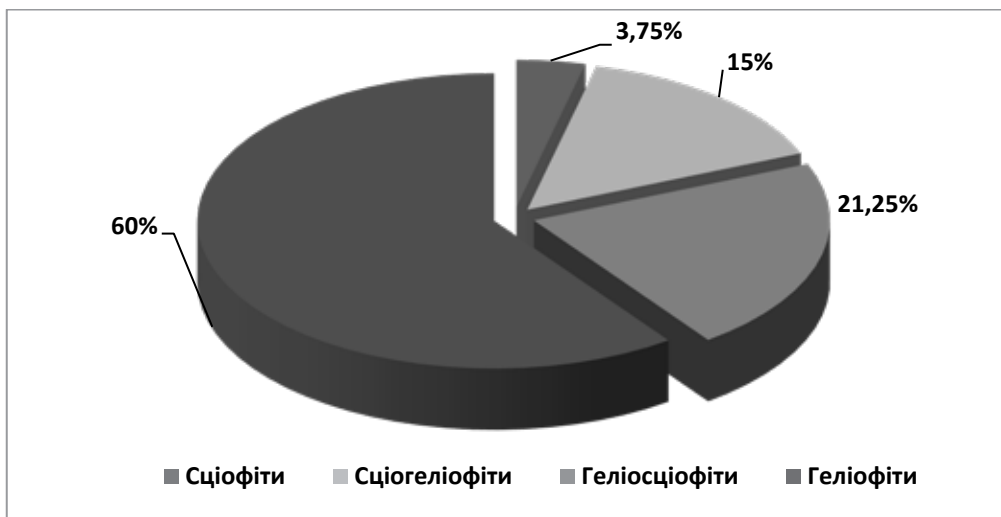


Рис. 3. Спектр флори рослинних угруповань м. Луцька з участю *S. canadensis* L. за геліоморфами

рослин. Зі збільшенням проєктивного покриття інвазійного виду в угрупованнях кількість супутніх видів рослин зменшується, зростає частка рудеральних рослин, з них зникають типові

лучні рослини. Велика швидкість захоплення нових територій *S. canadensis* L. вказує на необхідність моніторингу його поширення і проведення в майбутньому стримуючих заходів.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Абдулоєва О.С., Карпенко Н.І., Сенчило О.О. Обґрунтування «чорного списку» загрозливих для біорізноманіття інвазійних видів рослин України. *Вісник Київського національного університету*. Серія: Біологія. Київ. 2008. Вип. 52–53. С. 106–107.
2. Бурда Р.І., Ігнатюк О.А. Методика дослідження адаптивної стратегії чужорідних видів рослин в урбанізованому середовищі : монографія. Київ : НЦЕБМ НАН України, Віпол, 2011. 112 с.
3. Васенко О.Г., Міланіч Г.Ю., Козловська О.В. Оцінка стану проблеми видів-вселенців (чужорідних тварин і рослин) в Україні та світі, рекомендації щодо контролю таких організмів на законодавчому й організаційному рівні. *Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки*. 2016. Вип. 38. С. 74–88.
4. Джуренко Н.І., Коваль І.В., Колесніченко О.В. Фітохімічний потенціал рослин видів *Solidago canadensis* L. та *Solidago virgaurea* L. як прояв їхньої інвазійної спроможності: Флористичне і ценотичне різноманіття у відновленні, охороні та збереженні рослинного світу : монографія / за заг. ред. С. М. Ніколаєнка. Київ : Ліра-К, 2018. С. 95–106.
5. Дідух Я. Екологічні аспекти глобальних змін клімату: причини, наслідки, дії. *Вісник Національної академії наук України*. 2009. № 2. С. 34–44.
6. Ойцусь Л., Костолович М. Інвазійні види адвентивної фракції флори Волинського Полісся. *Вісник Львівського університету*. Серія географічна. 2014. Вип. 45. С. 430–435.
7. Определитель высших растений Украины / Доброчаева Д.Н., Котов М.И., Прокудин Ю.Н., Барбарич А.И.; отв. ред. Ю.Н. Прокудин. Киев : Фитосоциоцентр, 1999. 546 с.
8. Осипенко В.В., Ларіонов М.С. Адаптація інвазійного виду *Solidago canadensis* L. в урбоекосистемі м. Черкаси. *Вісник Черкаського університету*. Серія Біологічні науки. 2019. № 2. С. 51–62.
9. Протопопова В.В. Синантропная флора Украины и пути ее развития. Київ : Наукова думка, 1991. 204 с.
10. Протопопова В.В., Мосякін С.Л., Шевера М.В. Фітоінвазії в Україні як загроза біорізноманіттю: сучасний стан і завдання на майбутнє. Київ : Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України. 2002. 28 с.
11. Протопопова В.В., Мосякін, М.В., Шевера М.В. Вплив неаборигенних видів рослин на біоту України. Оцінка і напрямки зменшення загроз біорізноманіття / відп. ред. О. Дудкін. Київ : Хімджест, 2003. С. 129–155.

REFERENCES:

1. Abduloieva O. S., Karpenko N. I., Senchylo O. O. Obgruntuвання «chornoho spysku» zahrozlyvykh dlia bioriznomanittia invaziinykh vydiv roslin Ukrainy. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu*. Serii: Biolohiia. Kyiv. 2008. Vyp. 52–53. S. 106–107.

2. Burda R. I., Ihnatiuk O. A. *Metodyka doslidzhennia adaptyvnoi stratehii chuzhoridnykh vydiv roslyn v urbanizovanomu seredovyschi* : monohrafiia. Kyiv : NTsEBM NAN Ukrainy, Vipol, 2011. 112 s.
3. Vasenko O. H., Milanich H. Yu., Kozlovska O. V. *Otsinka stanu problemy vydiv-vselentsiv (chuzhoridnykh tvaryn i roslyn) v Ukraini ta sviti, rekomendatsii shchodo kontroliu takykh orhanizmiv na zakonodavchomu y orhanizatsiinomu rivni. Problemy okhorony navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha ta ekolohichnoi bezpeky*. 2016. Vyp. 38. S. 74–88.
4. Dzhurenko N.I., Koval I.V., Kolesnichenko O.V. *Fitokhimichniy potentsial roslyn vydiv Soldago canadensis L. ta Solidago virgaurea L. yak proiav yikhnoi invaziinoi spromozhnosti: Florystychne i tsenotychno riznomanittia u vidnovlenni, okhoroni ta zberezheni roslynnoho svitu* : monohrafiia / za zah. red. S. M. Nikolaienka. Kyiv : Lira-K, 2018. S. 95–106.
5. Didukh Ya. *Ekolohichni aspekty hlobalnykh zmin klimatu: prychny, naslidky, dii*. Visnyk Natsionalnoi akademii nauk Ukrainy. 2009. No 2. S. 34–44.
6. Oitsius L., Kostolovych M. *Invaziini vydy adventyvnoi fraktsii flory Volynskoho Polissia*. Visnyk Lvivskoho universytetu. Seriiia heohrafichna. 2014. Vyp. 45. S. 430–435.
7. *Opredelitel visshikh rastenii Ukraini* / Dobrochaeva D.N., Kotov M.I., Prokudin Yu.N., Barbarich A.I.; otv. red. Yu.N. Prokudin. Kiev : Fitosotsiotsentr, 1999. 546 s.
8. Osypenko V. V., Larionov M. S. *Adaptatsiia invaziinoho vydu Solidago canadensis L. v urboekosystemi m. Cherkasy*. Visnyk Cherkaskoho universytetu. Seriiia Biolohichni nauky. 2019. No 2. S. 51–62.
9. Protopopova V.V. *Sinantropnaya flora Ukraini i puti yee razvitiya*. Kiiv : Naukova dumka, 1991. 204 s.
10. Protopopova V.V., Mosiakin S.L., Shevera M.V. *Fitoinvazii v Ukraini yak zahroza bioriznomanittiu: suchasnyi stan i zavdannia na maibutnie*. Kyiv : Instytut botaniky im. M.H. Kholodnoho NAN Ukrainy. 2002. 28 s.
11. Protopopova V.V., Mosiakin, M.V. Shevera M.V. *Vplyv ne aboryhennykh vydiv roslyn na biotu Ukrainy. Otsinka i napriamky zmenshennia zahroz bioriznomanittia* / vidp. red. O. Dudkin. Kyiv : Khimdzhest, 2003. S. 129–155.

УДК 336.72:477.42

DOI <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-3-9>

Ірина ПАЦЕВА

доктор технічних наук, професор кафедри екології та природоохоронних технологій, Державний університет «Житомирська політехніка», вул. Чуднівська, 103, м. Житомир, Україна, 10005

ORCID: 0000-0002-6572-681X

Оксана АЛПАТОВА

кандидат біологічних наук, доцент кафедри екології та природоохоронних технологій, Державний університет «Житомирська політехніка», вул. Чуднівська, 103, м. Житомир, Україна, 10005

ORCID: 0000-0003-0803-9850

Оксана РИБАК

здобувач третього рівня вищої освіти, Державний університет «Житомирська політехніка», вул. Чуднівська, 103, м. Житомир, Україна, 10005

ORCID: 0000-0002-6475-4587

Ілля ЦИГАНЕНКО-ДЗЮБЕНКО

здобувач третього рівня вищої освіти, Державний університет «Житомирська політехніка», вул. Чуднівська, 103, м. Житомир, Україна, 10005

ORCID: 0000-0002-3240-8719

Олександр МЕДВІДЬ

здобувач третього рівня вищої освіти, Державний університет «Житомирська політехніка», вул. Чуднівська, 103, м. Житомир, Україна, 10005

ORCID: 0000-0002-2368-712X

Бібліографічний опис статті: Пацева І., Алпатова О., Рибак О., Циганенко-Дзюбенко, Медвідь О. (2022). Озеленення даху як захід по адаптації зміни клімату на прикладі м. Житомир. *Проблеми хімії та сталого розвитку*, 3, 67–74, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-3-9>

ОЗЕЛЕНЕННЯ ДАХУ ЯК ЗАХІД ПО АДАПТАЦІЇ ЗМІНИ КЛІМАТУ НА ПРИКЛАДІ М. ЖИТОМИР

У статті розглянуто сутність, узагальнення позитивних наслідків озеленення дахів. Популяризація впровадження заходів енергозбереження та покращення екологічної обстановки із застосуванням технології озеленення дахів будівель на сьогодні є актуальною. Надано рекомендації щодо впровадження проєкту озеленення дахів у містах, зокрема м. Житомирі. Адже високий рівень урбанізації, поява нових джерел забруднення навколишнього середовища, зростання міського населення і ущільнення міської забудови обумовлює особливість проблеми створення зон екологічного комфорту. Збільшення площі зелених насаджень, в тому числі зовнішнього озеленення будівель можуть значно поліпшити мікроклімат як житлових територій, так і міста в цілому. Зелені насадження виконують найрізноманітніші функції в залежності від свого призначення. Вони впливають на іонізацію повітря, тому що володіють більшою випаровуючою здатністю, їх можна використовувати для очищення міського середовища від пилу та газу, організують мікроклімат і зближують людину до оптимальних умов оточуючого середовища. Вони впливають на формування мікроклімату, тому що діють на тепловий режим, вологість і ступінь рухомості повітря. Життя городянина стає екологічним та комфортним, а озеленення створює відчуття захищеності. Збільшення площі зелених насаджень, зокрема зовнішнього озеленення будівель, значно поліпшує мікроклімат міста, а також створює виразну архітектурну композицію. Розглянуто останні досягнення сучасності в області озеленення дахів та оцінено їх основні переваги. Вказана ступінь їх впливу на навколишнє середовище, корисність та перспективність.

У найближчі роки процес урбанізації продовжуватиметься, відтак питання, пов'язані з наслідками зміни клімату у містах, є дуже важливими та набувають особливої актуальності. Наразі в Україні зелені дахи – це нова технологія, а у місті Житомир та Житомирській області їх взагалі немає, тому це буде крок до сталого

розвитку не лише нашого регіону, а і для України загалом. Тому озеленення дахів на сьогодні є ефективним засобом для поліпшення екологічної ситуації в містах. Сучасні прийоми і конструкції дозволяють створювати зручні, ефективні та економічні системи зовнішнього озеленення будівель.

Ключові слова: кліматичні зміни, урбанізація, екологічна ситуація, озеленення дахів, екологічна безпека.

Iryna PATSEVA

Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Ecology and Environmental Technologies, Zhytomyr Polytechnic State University, 103, Chudnivska str., Zhytomyr, Ukraine, 10005

ORCID: 0000-0002-6572-681X

Oksana ALPATOVA

PhD of Biology, Associate Professor at the Department of Ecology and Environmental Technologies, Zhytomyr Polytechnic State University, 103, Chudnivska str., Zhytomyr, Ukraine, 10005

ORCID: 0000-0003-0803-9850

Oksana RYBAK

Applicant for the third level of higher education, Zhytomyr Polytechnic State University, 103, Chudnivska str., Zhytomyr, Ukraine, 10005

ORCID: 0000-0002-6475-4587

Elijah TSYGANENKO-DZIUBENKO

Applicant for the third level of higher education, Zhytomyr Polytechnic State University, 103, Chudnivska str., Zhytomyr, Ukraine, 10005

ORCID: 0000-0002-3240-8719

Oleksandr MEDVID

Applicant for the third level of higher education, Zhytomyr Polytechnic State University, 103, Chudnivska str., Zhytomyr, Ukraine, 10005

ORCID: 0000-0002-2368-712X

To cite this article: Patseva, I., Alpatova, O., Rybak, O., Tsyganenko-Dziubenko I., Medvid, O. (2022). Ozelenennia dakhu yak zakhid po adaptatsii zminy klimatu na prykladi m. Zhytomyr [Rooftop gardening as an adaption measure of the climate changes a case study of Zhytomyr]. *Problems of Chemistry and Sustainable Development*, 3, 67–74, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-3-9>

ROOFTOP GARDENING AS AN ADAPTION MEASURE OF THE CLIMATE CHANGES A CASE STUDY OF ZHYTOMYR

The article examines the meaning and generalization of the positive consequences of rooftop gardening. The relevant issue of the research is implementation of the energy conservation measures and improvement of the environmental situation using the technology of the rooftop gardening. Our scientific research considers and evaluates the latest modern achievements and main advantages of the rooftop gardening. The article indicates their impact degree on the environment, usefulness and prospects. The research provides recommendations relating to the implementation of the rooftop gardening project in cities, in particular, Zhytomyr. After all the high level of urbanization, the emergence of the new environmental contamination sources, densification and urban consolidation determine the peculiarity of the problem in the process of ecological comfort zones creation. Increasing the area of green spaces, including external buildings landscape, can significantly improve the microclimate of both residential areas and the city as a whole. Green spaces perform a wide variety of functions, depending on their purpose. They have beneficial effect on the air ionization, greater evaporation capacity, they can be used as urban environment cleaner from dust and gas, organize a microclimate and bring people closer to optimal environmental conditions. They affect the formation of the microclimate, since they act on the thermal regime, humidity and the degree of urban air mobility. The life of a citizen becomes eco-friendly and comfortable, and landscaping creates a sense of security. Increasing the area of green spaces, especially external buildings landscape, significantly effects the microclimate of the city, as well as creates an expressive architectural composition.

In the coming years, the process of urbanization will increase, so issues related to the consequences of climate changes in cities are very important and become particularly relevant. Nowadays, rooftop gardening considers as a new landscape

technology in Ukraine, and in Zhytomyr and Zhytomyr region such technology does not exist at all, so this will be a step towards sustainable development not only for our region, but also for Ukraine as a whole. Therefore, rooftop gardening is an effective tool for improving the environmental situation in cities. Modern techniques and designs allow us to create convenient, efficient and economical systems for external buildings landscape.

Key words: *climate changes, ecological comfort zone, ecological situation, rooftop gardening, urbanization.*

Актуальність проблеми. Відомо, що будь-яке місто створює свої місцеві особливості клімату. Його розглядають як складну систему радіаційних потоків для різних типів діяльної поверхні, що сформувалися над його висотною забудовою, заасфальтованими площами, вулицями, а також зеленими насадженнями та водними об'єктами. Значний вплив на клімат також мають забруднення атмосферного повітря й додаткове надходження тепла внаслідок господарської діяльності людини, зокрема від спалювання палива та малої втрати тепла на випаровування (Шевченко, Сніжко, 2019). Усе це призводить до формування так званого метеорологічного явища ХХ–ХХІ ст. – острова тепла, у якому спостерігають підвищення приземної температури повітря всередині міста, порівняно з його околицями. Він відчутно впливає на зміну міської погоди та клімату, а влітку створює дискомфортні умови для мешканців міста. Отже, у місті створюються своєрідні мікрокліматичні особливості, які проявляються, насамперед, у зміні співвідношення складників радіаційного балансу, різниці температур, вологості повітря й ґрунту, освітленості територій, опадів та швидкості вітру.

В результаті глобальних кліматичних змін зростає тривалість спекотних періодів та інтенсивність стихійних гідрометеорологічних явищ, змінюється режим випадання опадів, що у поєднанні з підвищенням темпів урбанізації представляє серйозну загрозу соціальній стабільності, економічній та екологічній безпеці міського населення та середовища (Шевченко, Сніжко, 2019).

Міста суттєво впливають на кліматичні зміни, оскільки вони споживають 78% світової енергії і виробляють понад 60% викидів парникових газів, хоча при цьому вони займають менше 2% поверхні Землі (The United Nations Human Settlements Programme). Кліматичні зміни у поєднанні з підвищенням темпів урбанізації представляють дедалі більшу загрозу для світової економіки, населення і збалансованого розвитку (Cities and climate change global report on human settlements).

З нинішнім розвитком процесу урбанізації природне середовище в містах дуже сильно змінюється, а рослини в місті сприяють підвищенню комфортності, поліпшення якості міського середовища. Тому зараз використання рослин в озелененні, використання натуральних матеріалів, сприятливо впливають на людину. Життя городянина стає екологічним та комфортним, а озеленення створює відчуття захищеності (Кривомаз, Савченко, 2021).

Зелені насадження виконують найрізноманітніші функції в залежності від свого призначення. Вони впливають на іонізацію повітря, тому що володіють більшою випаровуючою здатністю, їх можна використовувати для очищення міського середовища від пилу та газу, організують мікроклімат і зближують людину до оптимальних умов оточуючого середовища (Бобраков, Куліш, Вакулук, 2019). Тому вкрай необхідні заходи з адаптації клімату на місцевому рівні, щоб зменшити наслідки зміни клімату та зберегти міста з комфортними умовами для проживання людей.

Сьогодні перед місцевими адміністраціями і постає важливе завдання – створити в індустріальних містах комфортні умови мешкання, роботи та дозвілля, що, в першу чергу, передбачає забезпечення екологічності та енергоефективності житла. Вирішення цих двох завдань можливо за допомогою озеленення дахів будівель (Богун, 2013).

Децентралізоване зберігання та використання дощової води зменшує ризик повеней і у зв'язку з транспірацією рослинності знижується температура та значно зменшується спека. Це значною мірою сприяє більш приємному міському клімату та підвищенню якості життя в містах. Ізоляція та затінення будівель зменшує навантаження на охолодження та опалення. Також можливе поєднання озеленення будівель з фотоелектричними засобами з позитивним синергічним ефектом між фотоелектричною потужністю та рослинністю. Тому озеленення будівель є важливим будівельним кроком для адаптації до змін клімату та сприяє захисту клімату (Швець, Руденко, Веремій, 2010).

У найближчі роки процес урбанізації продовжуватиметься, відтак питання, пов'язані з наслідками зміни клімату у містах, є дуже важливими та набувають особливої актуальності.

Метою роботи є дослідження сутності, узагальнення позитивних наслідків озеленення дахів та надання рекомендацій щодо впровадження проекту озеленення дахів у містах, зокрема м. Житомирі. Популяризувати впровадження заходів енергозбереження та покращення екологічної обстановки із застосуванням технології озеленення дахів будівель.

Виклад основного матеріалу дослідження. З нинішнім розвитком процесу урбанізації природне середовище в містах дуже сильно змінюється, а рослини в місті сприяють підвищенню комфортності, поліпшення якості міського середовища та сприятливо впливають на людину – життя городянина стає екологічним та комфортним.

Серед основних негативних наслідків кліматичних змін для міст відзначають тепловий стрес, підтоплення, зменшення площ та порушення видового складу міських зелених зон, стихійні гідрометеорологічні явища, зменшення кількості та погіршення якості питної води, зростання кількості інфекційних захворювань та алергійних проявів, порушення нормального функціонування енергетичних систем міста (Кривомаз, Савченко, 2021). Кліматичні зміни прямо чи опосередковано впливають на кожен із секторів міського розвитку. А збільшення площі зелених насаджень, в тому числі зовнішнього озеленення будівель можуть значно поліпшити мікроклімат як житлових територій, так і міста в цілому.

Озеленення дахів – термін, що позначає частково або повністю засаджені живими рослинами дахи будівель, покриті сумішшю зі спеціальним ґрунтом, розміщеним на гідроізолюючій мембрані. Також можуть використовуватися додаткові шари, що захищають дах від коренів, дренаж і системи поливу (Таранець, Кузьменко, 2015).

Існує два види озеленення міських дахів: інтенсивне («сад на даху» для відпочинку) та екстенсивне (дах покривається відносно тонким шаром ґрунту, куди висаджується низькоросла рослинність, що не вимагає спеціального догляду).

Покрівельний шар «зеленого даху» складається з ґрунтової суміші, під якою розміщується фільтруючий шар, перешкоджаючи проростанню коренів у нижньому шарі. (див. рис. 1). Під фільтруючим шаром, укладається дренажний шар, наприклад, з великого гравію, або спученого перліту. Він необхідний для відведення вологи, яка може утворитися в процесі поливу рослин. Ґрунт повністю покриває всю зелену покрівлю, також вона також може знаходитися в спеціальних ємностях.

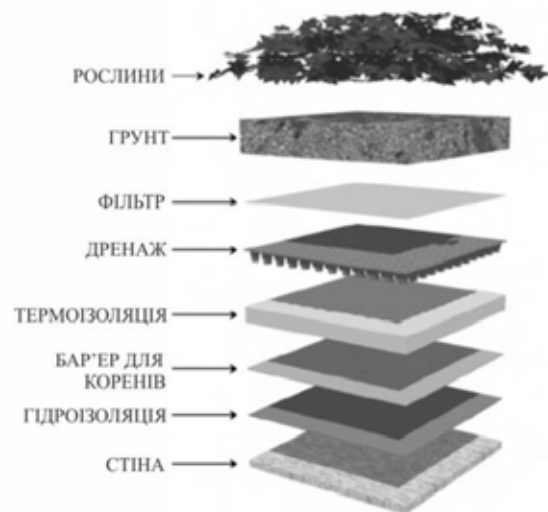


Рис. 1. Схема зеленої покрівлі

У сучасних зелених дахах шар ґрунту замінюють ґрунтовым штучним субстратом. Він добре поглинає і накопичує вологу, досить легкий. Зелені покрівлі також можна влаштовувати і на скатних покрівлях. Висота шару, що необхідна для скатних покрівель повинна бути не менше 15 см, вага системи не менше 150 кг. Для плоских покрівель з кутом нахилу до 24°, застосовують перфорований металевий профіль, необхідний для запобігання зсуву (Бобраков, Куліш, Вакулюк, 2019).

При озелененні дахів використовуються газонні трави. Розрізняють інтенсивне і екстенсивне озеленення дахів. При інтенсивному створюють поверхні, придатні для пересування та іншого використання. На них можна зробити газон, висадити кустики і квіти, розбити місця відпочинку, прокласти доріжки.

Екстенсивне озеленення потребує набагато меншого догляду, часто це просто газон на даху. Таке озеленення дахів приводить до: скорочення витрат на електроенергію, скорочення ефекту

теплового острова, збільшення терміну служби даху і зниження витрат на його обслуговування і ремонт. Зелені дахи захищають будинки від шкідливого впливу ультрафіолетових променів і різких змін зовнішньої температури, дозволяють зменшити потоки води, яка стікає з дахів під час сильних дощів. Грунт затримує воду на кілька годин, вона не виливається бурхливим струменем з водостоків. Ця "губка" не дає можливості зірвати дах вітрами і дозволяє знизити навантаження на системи водяних стоків.

Зелені дахи поглинають і перетворюють двоокис вуглецю з повітря і генерують кисень. 1м² трав'яного покриву поглинає з повітря і переробляє 0,2 кг шкідливих речовин.

Вибір рослин – відповідальний процес, який визначає не тільки естетичні характеристики саду, але і ступінь складності догляду за ним. Рослини на даху знаходяться в екстремальних умовах, подібних до гірських, і повинні бути адаптовані до них. Не всі рослини здатні витримати морозні зими при тонкому промерзаючому ґрунті. Тому основні вимоги до них на даху – стійкість до різкого перепаду температури, морозів, вітрів, сухості повітря, нестачі поживних речовин і вологи.

Перелік рослин, рекомендований для озеленення дахів, включає близько 50 видів, і всі вони підходять для умов України. До них відносяться різні сорти очитки, багато трав'янистих і ґрунтопокривних рослин. Зазвичай на газон висаджується їх композиція. З дерев переважно карликові породи – листяні чагарники (наприклад, клен «фламінго», клематис, хвилівник, рододендрон і хвойні (ялівець, ялини, гірська сосна). Слід ретельно обирати обсяг ґрунту, окремо підбираючи склад для кожної ландшафтної композиції.

На основі наукових даних, завдяки сучасному програмному забезпеченню можливе індивідуальне моделювання ефективності озеленення міста на рівні будівлі або району. Таким чином, зелені дахи – це як рішення для орієнтованого на майбутнє сталого міського розвитку при міському плануванні на прикладі міста Житомир.

В наші дні ідея озеленення покрівель не має кордонів. Зелений дах отримав міжнародне визнання та незалежно від особливостей клімату використовується в усіх регіонах та країнах світу – від Америки до Австралії,

від Аргентини до Китаю. Зараз озеленений дах є одним з найперспективніших напрямків ландшафтного дизайну зовнішнього простору. У розвинених країнах урядові структури та місцеві муніципалітети намагаються різними способами заохочувати архітекторів, проєктантів, власників нерухомості до озеленення міських покрівель, зокрема шляхом матеріального стимулювання: зниженням податків, пільгами або частковою допомогою з фінансуванням. Лідером за кількістю зелених дахів у Європі є Німеччина, де кожного року створюється близько 14 мільйонів зелених дахів (Кривомаз, Савченко, 2021).

Отже, зелені дахи, відповідаючи екологічним викликам сучасності, можуть стати не тільки окрасою урбопросторів, але і прекрасним рішенням для поліпшення якості повітря та стати звичною практикою для міст України та всього світу.

Наше дослідження-проєкт планується проводитися на прикладі міста Житомир, яке в подальшому можна використовувати для всієї зони Полісся, бо інші зони, відрізняються як географічно, так і кліматично. Основним орієнтиром досліджень, є висота опадів та місячні температури, щоб дослідити, якою мірою ця місцевість та кліматичні умови впливають на розвиток рослин на даху.

Для збалансованого росту рослин, крім необхідного догляду, важливу роль в оптимальному зростанні рослин відіграють і властивості субстрату. Тому субстрати досліджуються більш уважно, використовуючи вибрані фізико-хімічні параметри, які мають особливе значення для фізіології рослин.

Особлива увага приділяється вмісту води та об'єму повітряних включень, а також вмісту поживних речовин у субстратах.

Мета проєкту: зробити місто Житомир більш комфортним для життя. Рослини мають дати затінок та поліпшити якість повітря.

Перший і очевидний результат – охолодження. Завдяки тому, що рослини використовують сонячну енергію для фотосинтезу, а також відкидають тінь на стіну, поверхня будинку не перегрівається. А випаровування вологи з поверхні рослин дає охолоджувальний ефект. Дослідження показали, що озеленення стіни дає зниження температури поверхні на 4,67°C у порівнянні із голою стіною.

По-друге, рослини затримують леткі органічні сполуки, пил, інші мікрочастки та виділяють кисень, тому покращують якість повітря. Київ декілька разів вривався у світові лідери із найгіршої якості повітря. Тому збільшення площі зелених насаджень, зокрема вертикального озеленення, має позитивно вплинути на ситуацію, хоча і не розв'яже проблему, адже не впливає на джерело забруднення.

Також вертикальне озеленення знижує рівень шуму, залежно від виду рослини та віддаленості джерела звуку. Проте чим вищий рівень шуму, тим вищий ризик ішемічного захворювання серця, тому навіть незначне його зниження позитивно впливає на здоров'я.

Крім того, зелені насадження – це осередки біорізноманіття в місті. Вони можуть створювати цілі екосистеми, приваблюючи комах та птахів. Комахи потрібні в будь-якій екосистемі, адже вони як мінімум є і запилювачами, і кормом для пташок.

Дослідження ділиться на п'ять кроків:

1. За кліматичними умовами (опаді та температура) підібрати рослини, які добре пристосовані для зони Полісся і можуть використовуватись на зелених дахах. Приклад негативного впливу температурного фактору наведено на рисунку 2.

2. Дослідження причин різного стану рослинності, виведення можливих рішень щодо необхідного догляду та реабілітації.

3. Фізико-хімічні дослідження субстратів (висота основи на покрівлі, ємність для зберігання води/об'єм повітряних порожнеч, значення рН, солоність, вміст азоту) Практичні дослідження для оптимізації догляду (удо-

брення, зрошення) різних видів субстратів, але з тією самою рослинністю (включаючи багатofакторний тест) (див. рис. 3).

4. Розробка оптимальних, екологічних та економічно ефективних концепцій обслуговування та реабілітації.

5. Виведення рекомендацій для власників нерухомості для досягнення сталого ландшафтного дизайну і, таким чином, підвищення вартості будівлі та популяризації «зеленого будівництва» – як однієї зі складових озеленення міст.

Озеленення – важливий елемент адаптації до зміни клімату, але і його треба впроваджувати продумано (Іванюта, Коломієць, Малиновська, Якушенко, 2020). За будь-якими зеленими насадженнями необхідно доглядати. Слід зазначити, що догляд за рослинами на даху не складний та зводиться до систематичного поливу та підживлення спеціальними добривами. Для спрощення процедури догляду можна встановити систему автоматичного поливу рослин. Добрива найкраще додати до посадки рослин в ґрунт або ж використовувати підживлення при поливі.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Зовнішнє озеленення будівель на сьогодні є ефективним засобом для поліпшення екологічної ситуації в містах та відмінний спосіб благоустрою території, районів, будинків. Це не стільки модне віяння, а й по-справжньому виправданий проєкт. Наразі в Україні зелені дахи – це нова технологія, а у місті Житомир та Житомирській області їх взагалі немає, тому це буде крок до сталого розвитку не лише нашого регіону,



Рис. 2. Приклад негативного впливу температурного фактору на озеленення даху

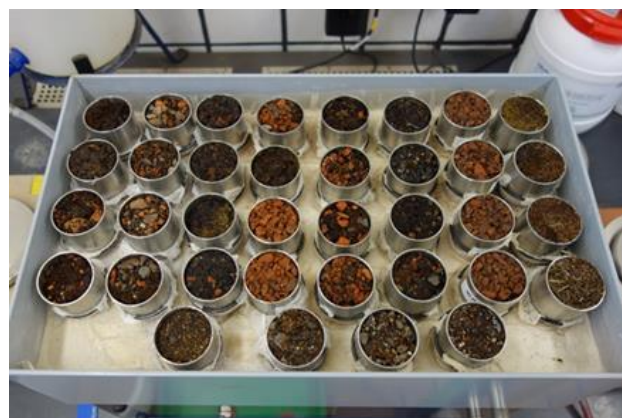


Рис. 3. Коробка зі зразками субстратів

а і для України загалом. Тому озеленення дахів на сьогодні є ефективним засобом для поліпшення екологічної ситуації в містах. Сучасні прийоми і конструкції дозволяють створювати зручні, ефективні та економічні системи зовнішнього озеленення будівель.

У той же час наслідки зміни клімату (спека та сильні дощі, шторми, підвищений ризик поведінки) вимагають збільшення утримання дощової води та контрольованого скидання в каналізаційну систему. Вище перераховані фактори

встановлюють та супроводжують стратегію зелених дахів міста Житомир науковим обґрунтуванням. Наші наукові дослідження служать допоміжним матеріалом щодо питань зелених дахів та пропонують аргументацію щодо обов'язкових процедур планування землекористування та отримання дозволів на будівництво. Зацікавленими сторонами є органи міського самоврядування, а також архітектори, забудовники та інвестори і звичайно ж самі жителі нашого міста.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Шевченко О., Сніжко С. Зміна клімату та українські міста: прояви та проєкції до кінця ХХІ століття на основі RCP-сценаріїв. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка: Географія*. 2019. Т. 2(75). С. 11–18.
2. The United Nations Human Settlements Programme – UN-HABITAT: <https://unhabitat.org> (дата звернення: 15.08.2022).
3. Cities and climate change global report on human settlements: <https://unhabitat.org/cities-and-climate-change-global-report-on-human-settlements-2011> (дата звернення: 17.08.2022).
4. Кривомаз Т.І., Савченко А.М. Адаптація секторів міського розвитку до кліматичних змін. *Екологічна безпека та природокористування*. 2021. № 2 (38). С. 64–78.
5. Бобраков А.А., Куліш С.А., Вакулук Я.Є. Озеленення як інноваційний метод при проєктуванні енергоефективних будівель та споруд. *Комунальне господарство міст*. 2019. (152). С. 119–123.
6. Богун К.В. Соціально-економічні та екологічні наслідки озеленення дахів будівель: <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=1804>.
7. Швець В. В., Руденко К. С., Веремій О. Г. Формування екологічного каркасу міста. Укриття під зеленим покривом. *Науково-технічний збірник «Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві»*. 2010. Т. 9. № 2. С. 139–143.
8. Таранець Л. А., Кузьменко Т. Ю. Зовнішнє озеленення будівель : основні прийоми. Історичний досвід і сучасні тенденції розвитку архітектури, дизайну, містобудування та образотворчого мистецтва : зб. наук. праць за матеріалами Всеукр. наук. конф. молодих вчених, аспірантів та студентів, 20–22 трав. 2015 р. Полтава: ПолтНТУ, 2015. С. 417–422.
9. Кривомаз Т.І., Савченко А.М. Зниження впливу будівельної галузі на кліматичні зміни шляхом впровадження принципів зеленого будівництва. *Екологічна безпека та природокористування*. 2021. № 37 (1). С. 55–68.
10. Іванюта С.П., Коломієць О.О., Малиновська О.А., Якушенко Л.М. Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації: аналіт. доповідь; за ред. С.П. Іванюти. К.: НІСД, 2020. 110 с.

REFERENCES:

1. Shevchenko O., Snizhko S. (2019). Zmina klimatu ta ukrainski міста: proiavy ta proektsii do kintsia KhKhI stolittia na osnovi RCP-stsenariiv. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka: Neohrafiia*. Т. 2(75), p.p. 11–18. [in Ukrainian].
2. The United Nations Human Settlements Programme – UN-HABITAT: <https://unhabitat.org>. [in English].
3. Cities and climate change global report on human settlements: <https://unhabitat.org/cities-and-climate-change-global-report-on-human-settlements-2011>. [in English].
4. Kryvomaz T.I., Savchenko A.M. (2021). Adaptatsiia sektoriv miskoho rozvytku do klimatychnykh zmin. *Ekolohichna bezpeka ta pryrodokorystuvannia*. 2021. № 2 (38). P.P. 64–78. [in Ukrainian].
5. Bobrakov A.A., Kulish S.A., Vakuliuk Ya.Ie. (2019). Ozelenennia yak innovatsiinyi metod pry proektuvanni enerhoefektyvnykh budivel ta sporud. *Komunalne hospodarstvo mist*. (152), p.p. 119–123. [in Ukrainian].
6. Bohun K.V. Sotsialno-ekonomichni ta ekolohichni naslidky ozelenennia dakhiv budivel: <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=1804>. [in Ukrainian].
7. Shvets V.V., Rudenko K.S., Veremii O.H. (2010). Formuvannia ekolohichnoho karkasu міста. Ukryttia pid zelenym pokryvom. *Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk «Suchasni tekhnolohii, materialy i konstruksii v budivnytstvi»*. Т. 9. № 2, p.p. 139–143. [in Ukrainian].

8. Taranets L.A., Kuzmenko T.Yu. (2015). Zovnishnie ozelenennia budivel : osnovni pryiony. Istorychnyi dosvid i suchasni tendentsii rozvytku arkhitektury, dyzainu, mistobuduvannia ta obrazotvorchoho mystetstva : zb. nauk. prats za materialamy Vseukr. nauk. konf. molodykh vchenykh, aspirantiv ta studentiv, 20-22 trav. 2015 r. Poltava: PoltNTU, pp. 417–422. [in Ukrainian].

9. Kryvomaz T.I., Savchenko A.M. (2021). Znyzhennia vplyvu budivelnoi haluzi na klimatychni zminy shliakhom vprovadzhennia pryntsyviv zelenoho budivnytstva. Ekolohichna bezpeka ta pryrodokorystuvannia. № 37 (1), p.p. 55-68. [in Ukrainian].

10. Ivaniuta S.P., Kolomiets O.O., Malynovska O.A., Yakushenko L.M. (2020). Zmina klimatu: naslidky ta zakhody adaptatsii: analit. dopovid; za red. S.P. Ivaniuty. K.: NISD, 110 p. [in Ukrainian].

УДК 378-091:61

DOI <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-3-10>

Олексій МАРКОВИЧ

кандидат педагогічних наук, доцент кафедри фізичної терапії, ерготерапії, Комунальний заклад вищої освіти «Рівненська медична академія» Рівненської обласної ради, вул. М. Карнаухова, 53, м. Рівне, Україна, 33018

ORCID: 0000-0001-7917-3382

Лариса КОРОБКО

кандидат медичних наук, доцент, декан медико-фармацевтичного факультету, професор кафедри медико-профілактичних дисциплін та лабораторної діагностики, Комунальний заклад вищої освіти «Рівненська медична академія» Рівненської обласної ради, вул. М. Карнаухова, 53, м. Рівне, Україна, 33018

ORCID: 0000-0001-8054-1461

Борис ЧИЖИШИН

кандидат медичних наук, доцент кафедри медико-профілактичних дисциплін та лабораторної діагностики, Комунальний заклад вищої освіти «Рівненська медична академія» Рівненської обласної ради, вул. М. Карнаухова, 53, м. Рівне, Україна, 33018

ORCID: 0000-0003-0168-2632

Бібліографічний опис статті: Маркович, О., Коробко Л., Чижішин Б. (2022). Формування основ фахової компетентності у студентів в навчальних закладах професійної освіти. *Проблеми хімії та сталого розвитку*, 3, 75–83, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-3-10>

ФОРМУВАННЯ ОСНОВ ФАХОВОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ У СТУДЕНТІВ В НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ ПРОФЕСІЙНОЇ ОСВІТИ

Мета роботи. Популяризація алгоритмізації, як одного з перспективних напрямків інтенсифікації навчально-професійної підготовки студентів в закладах професійної освіти і проінформувати про стан впровадження зазначеної технології в навчальний процес Рівненської медичної академії.

Методологічна основа. В комунальному закладі Рівненський медичний коледж Рівненської медичної академії, на відділенні «Сестринська справа», з предмету «Медсестринство в хірургії» було проведено педагогічний експеримент по визначенню різниці фахової практичної підготовки студентів експериментальних груп, які займалися за алгоритмічними і контрольних – за звичайними технологіями навчання.

Визначення рівня практичної підготовки проводилось на останньому занятті, шляхом візуального спостереження за якістю виконання практичних навичок по встановлених критеріях оцінювання.

Наукова новизна. Було проаналізовано всю доступну інформацію про алгоритмізацію практичної підготовки, розроблені алгоритмічні інструкції з предметів «Медсестринство в хірургії» для студентів відділення «Сестринська справа», на основі яких було проведено педагогічний експеримент.

Висновки. Проведений педагогічний експеримент, який виявив вищу професійну практичну компетентність у студентів експериментальних груп, а саме: рівень засвоєння професійних вмінь вищий в межах 4,47 % – 9,26 %; середній бал вищий в межах 0,36 – 0,45; якісну успішність вищу у межах 20 – 24,6 % від груп студентів, які засвоювали матеріал за традиційними технологіями навчання.

Ключові слова: Алгоритм, алгоритмізація, алгоритмічна інструкція, практична навичка.

Oleksiy MARKOVYCH

Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Physical Therapy, Occupational Therapy, Communal Institution of Higher Education «Rivna Medical Academy» of the Rivna Regional Council, str. M. Karnaukhova, 53, Rivne, Ukraine, 33018

ORCID: 0000-0001-7917-3382

Larysa KOROBKO

Candidate of Medical Sciences, Docent, Dean of the Medical and Pharmaceutical Faculty, Professor of the Department of Medical and Preventive Disciplines and Laboratory Diagnostics, Communal Institution of Higher Education «Rivna Medical Academy» of the Rivna Regional Council, str. M. Karnaukhova, 53, Rivne, Ukraine, 33018

ORCID: 0000-0001-8054-1461

Borys CHYZHYSHYN

Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Medical and Preventive Disciplines and Laboratory Diagnostics, Communal Institution of Higher Education «Rivna Medical Academy» of the Rivna Regional Council, str. M. Karnaukhova, 53, Rivne, Ukraine, 33018

ORCID: 0000-0003-0168-2632

To cite this article: Markovych, O., Korobko L., Chyzhyshyn B. (2022). Formuvannia osnov fakhovoi kompetentnosti u studentiv v navchalnykh zakladakh profesiinoi osvity [Formation of the basis of professional competence of students in educational institutions of professional education]. *Problems of Chemistry and Sustainable Development*, 3, 75–83, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-3-10>

FORMATION OF THE BASIS OF PROFESSIONAL COMPETENCE OF STUDENTS IN EDUCATIONAL INSTITUTIONS OF PROFESSIONAL EDUCATION

The goal of the work. *To popularize algorithmization as one of the promising directions of intensification of educational and professional training of students in professional education institutions and to inform about the state of implementation of the specified technology in the educational process of the Rivne Medical Academy.*

Methodological basis. *In the communal institution of the Rivne Medical College of the Rivne Medical Academy, at the «Nursing» department, a pedagogical experiment was conducted on the subject «Nursing in surgery» to determine the difference in the professional practical training of students of the experimental groups, who studied according to the algorithmic and control – according to the usual learning technologies.*

Determination of the level of practical training was carried out at the last lesson, by visual observation of the quality of performance of practical skills according to the established evaluation criteria.

Scientific novelty. *All available information on the algorithmization of practical training was analyzed, algorithmic instructions for the subjects «Nursing in surgery» were developed for students of the department «Nursing», on the basis of which a pedagogical experiment was conducted.*

Conclusions. *A pedagogical experiment was conducted, which revealed higher professional practical competence among students of experimental groups, namely: the level of assimilation of professional skills is higher in the range of 4.47%-9.26%; the average score is higher in the range of 0.36-0.45; qualitative success rate is 20-24.6% higher than groups of students who mastered the material using traditional learning technologies.*

Key words: *Algorithm, algorithmization, algorithmic instruction, practical skill.*

Актуальність проблеми. Алгоритмізація, як один із «загальних методів» в навчанні сприяє розвитку загальної логічної культури вихованців і творчому мисленню, а саме: вмінню мислити формально і ясно, брати до уваги раціональні зерна із сторонніх дій і суджень, знаходили власні, доцільні шляхи вирішення проблем. Зазначені властивості є важливими чинниками загальної культури людини в сучасному високотехнологічному світі.

Необхідність впровадження широкої алгоритмізації в медицину, зокрема в медсестринську освіту підтверджено резолюцією конференції, з проблем вищої освіти під егідою ЮНЕСКО, що відбулася в Парижі 5 – 9 жовтня 1998 р.

Із матеріалів зазначеного міжнародного форуму випливає, що тенденції сучасної освіти спрямовані не на об'єм, а на фундаментальність засвоєння знань, навичок і вмінь, на вироблення властивості сприймати, розуміти й засвоювати прискорений потік нової інформації, а тому алгоритмічні технології в навчанні і практичній діяльності стають вимогою епохи.

Зауважимо, що особливо важливим є впровадження алгоритмічних технологій навчання в наш час, при дистанційній формі навчання (Маркович, Коробко, Чижишин, 2021, с. 478).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За нашими спостереженнями, в навчальній і науковій психолого-педагогічній літературі

недостатньо ґрунтовних досліджень, які б розглядали питання дієвості алгоритмів, також впровадження алгоритмічних методик та технологій в навчальний процес по підготовці підростаючого покоління. Зазвичай публікації зводяться в основному до констатації необхідності і корисності алгоритмізації і банальної інформації про основні її поняття.

Виклад нового матеріалу дослідження. Відомо, що поняття «алгоритм» і «алгоритмізація» увійшли в педагогіку та психологію з математики. В математичному понятті, під терміном «алгоритм» розуміють єдино визначену послідовність команд (кроків), які потрібно виконати над вхідними математичними даними для отримання однозначно очікуваного результату.

Основоположником і популяризатором наукового впровадження алгоритмізації в навчальний процес нематематичних, а так званих гуманітарних дисциплін був Лев Наумович Ланда. В дисертації на здобуття вченого звання доктор психологічних наук, і в книзі – «алгоритмізація в обучении» (Ланда, 1966) він увів поняття «послаблюючих алгоритмів», після чого стало можливим створювати і відпрацьовувати алгоритмічні інструкції використовуючи аналітико-синтетичні та індуктивно-дедуктивні розумові здібності людини.

Згідно концепції Л. Н. Ланди і його послідовників можна вибудувати деяку достатньо «безперервну», з психологічної точки зору градацію алгоритмічного вирішення педагогічних проблем – від діяльності «абсолютно алгоритмічної», до «алгоритмічної в тій чи іншій мірі», і до «відносно алгоритмічної».

Проникаючи в різні ділянки науки, поняття алгоритму стало поступово наповнюватись новим змістом, в тій чи іншій мірі, віддаляючись від свого первинного, математичного поняття. В наш час ми спостерігаємо тенденцію до впровадження алгоритмічних технологій в різних сферах розумової, практичної і фізичної роботи, та при підготовці підростаючого покоління до майбутньої професійно-трудової діяльності (Мумряева, 2001, с. 56).

Однак є сфери професійної діяльності людини, де педантична алгоритмічна точність і однозначність виконання своїх службових обов'язків і дій є не побажанням, а незаперечним каноном, вже з перших днів трудової кар'єри. Без сумніву, що зазначені вимоги від-

носяться і до працівників медичної сфери, адже на кону лежить здоров'я і життя пацієнта. Крім того, професійна діяльність медичного працівника має певні специфічні особливості, що підвищує роль алгоритмічної підготовки вже в закладах медичної освіти, до яких відносяться:

- робота медичного працівника пов'язана із взаємодією з іншою людиною, як з особистістю – враховуючи не тільки її фізичні, але й психологічні, духовні і моральні якості;

- медичних працівник безпосередньо взаємодіє з хворою людиною, психіка якої може бути змінена надмірною підозрілістю, озлобленістю, дратівливістю, вразливістю, непомірним хвилюванням. Необхідно також ураховувати, що медичні працівники мають справу з різною віковою категорією пацієнтів – від новонароджених і до осіб з глибокою старістю, тобто з особливостями вікової психології;

- кожен пацієнт, знаходячись в стресовому стані дуже уважно слідкує за поведінкою медичного працівника, за елементами його професійної діяльності і помічає найменші прояви невпевненості і розгубленості. Така пильна увага може посилити його хвилювання, особливо при недостатності досвіду роботи, відсутності впевненості в компетентному виконанні передбачених процедур і маніпуляцій (Маркович, 2009, с. 120).

Що стосується навчальної професійної підготовки в будь-якій сфері, то алгоритмізація дозволяє студентам: встановлювати причини тих чи інших явищ та процесів, знаходити невідомі сполучні зв'язки між ними; зіставляти нові дані з тими, що їм вже відомі; визначати допустимість практичного використання закономірностей здобутої інформації в нестандартних ситуаціях; застосовувати знання, навички і вміння, отримані при засвоєнні однієї типової проблеми до розв'язання інших задач і завдань подібного спрямування; розкривати і аналізувати протиріччя і на їхній основі формулювати нові цілі і завдання (Герасимова, 1999, с. 56).

Проаналізуємо, завдяки яким властивостям алгоритмічних технологій підвищувати рівень майбутньої практичної підготовки майбутніх медичних працівників:

- *від дискретності алгоритму* слід розуміти послідовність чітко відділених один від одного кроків. Його реалізація відбувається

шляхом виконання дискретного ланцюжка, тобто послідовних конкретних елементарних дій, а повний процес їхнього здійснення називається алгоритмічним процесом. Як уже зазначалося, кожна порція інформації повинна мати цифрову або буквену нумерацію;

– *під масовістю застосування алгоритму* слід розуміти той факт, що вирішення однієї конкретної дозволяє вирішувати інші подібні завдання, міняючи лише змінні, тобто аналіз умов та вимог однієї задачі даного класу дозволить людині виявити загальний принцип рішення усіх задач цього класу. Також під масовістю використання алгоритму потрібно розуміти можливість застосовувати його до численних початкових даних, можливість достатньо широко цими даними варіювати;

– *зрозумілість алгоритму* вказує на те, що виконавець зможе виконати алгоритм лише в тому випадку, якщо йому зрозумілий у ньому кожен крок від початку і до закінчення виконання дії. Якщо виконавець є некомпетентним в питаннях, які вирішуються даним алгоритмом, то слід спростити форму викладення і кількість інформації в кожному етапі до доступності розуміння;

– *ефективність і результативність алгоритму* означає, що вирішення завдання за алгоритмічно визначеними кроками завершується отриманням прогнозованого результату у сприйнятливий для виконання час. Для алгоритмічного навчання є необхідним, щоб кожен його елементарний крок приносив прогнозований результат, в іншому випадку ланцюжок послідовних дій може перерватись;

– *під детермінованістю алгоритму* слід розуміти твердження, що результат вирішення алгоритмічного завдання не залежить від виконавця. Таке завдання з успіхом може бути виконано будь ким і в будь-який час який розуміє кроки алгоритму, тому що описання алгоритмічної інструкції виконання тієї чи іншої дії наскільки точні і виразні, що не допускають двозначних тлумачень, і ніякої сваволі з боку виконавця;

– *під скінченністю алгоритму* слід розуміти твердження, що діючи за алгоритмом, виконавець отримує розв'язання завдання через визначену кількість кроків. На думку педагогів і психологів, які опановували алгоритмізацію і експериментували с словесно-алгорит-

мічним описанням дії, алгоритмічних кроків не повинно бути дуже багато (7-10), тому що при великій кількості компонентів відбувається розпорошення уваги виконавця і неможливість зібрати дискретний ланцюжок в єдину структуру (Русанова, 2006, с. 84).

Алгоритми, за складністю і масштабом діяльності, яку необхідно застосувати для їх вирішення можна поділити на три групи, а саме:

а) алгоритми простих дій, тобто алгоритми конкретного виконання кожної окремо взятої практичної процедури чи маніпуляції. Алгоритмічне вивчення і відпрацювання кожної реальної дії є конкретно-навчальною основою практичної підготовки, її закінченим окремою елементом;

б) алгоритми складних (комбіновано-комплексних) дій. Алгоритми складних дій направлені на вирішення певних об'єднуючих завдань, до складу яких входить попереднє відпрацювання деякої кількості окремих простих елементів, кожен з яких можна описати і відпрацювати за окремими простими алгоритмами. Таким чином, алгоритм комбіновано-комплексної дії будується подібно до простого – за конкретними кроками, але в його структуру входять вже раніше підготовлені за власними алгоритмами окремі елементи діяльності;

в) алгоритми загальної діяльності, або алгоритми пошуку, відіграють особливу роль в підготовці і становленні майбутнього спеціаліста. Алгоритми пошуку не передбачають засвоєння нових практичних дій, а сприяють спрямуванню уже засвоєних – в конкретно-практичну (трудова) діяльність, тобто в творче використання всього обсягу отриманих фахових знань, навичок і вмій у вирішення оперативних і стратегічних задач і завдань. Для відпрацювання алгоритмів пошуку, обов'язково повинна бути створена і грамотно підібрана збірка навчально-виробничих творчих задач і завдань, для засвоєння всієї палітри майбутньої професійної діяльності (Маркович, Коробко. Чижин, 2022, с. 279).

Алгоритм на початковому етапі його засвоєння є ні чим іншим, як специфічним засобом унаочнення, який може бути сформованим у вигляді словесно-описової інструкції, в графічній і табличній інтерпретації тощо. Однак словесно-текстова інструктивна побудова алгоритму є найбільш доступною, простою

і звичною формою його представленням, орієнтованого на людину, як на виконавця. До зазначеної інструкції необхідно (бажано) додавати поетапні рисунки, фотографії, схеми, графіки, які візуально доповнюють основні кроки виконання алгоритму, а ще краще еталонне виконання алгоритму у вигляді відеороликів (Маркович, Коробко. Чижишин, 2021, с. 84).

Проаналізуємо типову словесно-описову алгоритмічну інструкцію пов'язану з виконанням умовної медичної навички пов'язаної з лікуванням чи доглядом за хворим. На нашу думку завжди доцільно структурувати алгоритм, виділивши певні блоки або етапи виконання, наприклад: підготовчий (попередній), основний (виконавчий) і заключний (кінцевий). Коротко проаналізуємо алгоритм такої (умовної) навички за її етапами:

I. Підготовчий етап – при якому можуть алгоритмізуватись такі пункти: а) відбір необхідного матеріально-технічного забезпечення виконання навички: наприклад – необхідне обладнання, устаткування, інструментарій, матеріали, розчини та ін.; їхня кількість; стан стерильності; наявність пацієнта, тренажера, помічника тощо; б) підготовка до виконання дії медичного працівника – гігієнічна обробка рук і одягання гумових рукавичок; одягання робочого і захисного одягу – медичного халату, шапочки і маски, клейончастого фартуха, захисних окулярів чи щитка; в) підготовка пацієнта – отримання згоди на виконання маніпуляції, психологічне його заспокоєння, пояснення необхідності і перебігу запланованої дії, надання необхідного положення.

II. Основний етап (безпосереднє виконання навички). а) кожен елемент (одинак алгоритму) повинен бути пронумерованим; б) в елемент алгоритму виконання дії входить декілька нескладних скоординованих рухів, які можна оцінити зоровим аналізатором; в) кожен елемент повинен нести суттєву інформацію, бути доцільним і завершеним; г) кожний крок алгоритмічної складової повинен логічно продовжувати попередній етап і переходити в наступний; д) складний етап діяльності можна розділити на логічно завершені підетапи; е) прості і зрозумілі окремі етапи діяльності можна об'єднати в один пункт; є) етапи виконання дії і вся дія не повинні надмірно деталізуватись, але й не надто узагальнюватись; ж) етапність виконання

дії повинна бути зрозуміла усім, в тому числі і студентам з низьким рівнем підготовки; з) останній елемент виконання алгоритму повинен завершувати основну технологію виконання навички.

III. Заключний етап може полягати: а) в наданні рекомендацій пацієнтові стосовно режиму після закінчення процедури, стосовно дотримання гігієни чи рухового режиму патологічної ділянки, стосовно наступного відвідування тощо; б) в знятті використаного медичного одягу і рукавичок з дотриманням правил особистої безпеки і довкілля; в) в заповненні відповідної документації про проведену роботу; оформлення і відправлення отриманих лабораторних зразків на дослідження, наведення порядку на робочому місці.

Зауважимо, що запропонований нами умовний алгоритм виконання має і умовний описовий варіант, а при описовому оформленні алгоритму кожної практичної навички до нього будуть вноситись конкретні доповнення і поправки.

Для більшого розуміння можливостей алгоритмізації, продемонструємо описово-графічний алгоритм виконання однієї із простих практичних медичних навичок.

Алгоритм накладання пов'язки Дезо на ліву руку.

Підготовчий етап. Матеріальне забезпечення: бинти шириною 12 – 14 см – 3 – 4 шт., ватно-марлевий валик, голка з ниткою, ножиці.

1. Одягніть медичну одягу, захисну маску, виконайте гігієнічне миття рук, одягніть гумові рукавички.

2. Поясніть пацієнтові необхідність і суть виконання маніпуляції, отримайте згоду на її здійснення, зручно посадить на стілець, покладіть у пахвову ямку пошкодженої кінцівки невеличкий ватно-марлевий валик, плече притисніть до тулуба, зігніть руку в ліктьовому суглобі під кутом 90° і прикладіть передпліччя й кисть долонею до живота.

Основний етап (див. рисунок). 3. Двома циркулярними турами зафіксуйте пошкоджене плече до грудної клітки. Напрямо бинтування від здорового боку до хворого (на ліву руку – проти руху годинникової стрілки, на праву – за годинниковою стрілкою). Починають і закінчують цей етап у пахвовій ділянці з неущожденного боку.

4. Із пахової ямки здорового боку бинт ведіть спереду грудної клітки косо вгору на хворе надпліччя, обійдіть його, опустіться по задній поверхні плеча, прибинтуйте до тулуба передпліччя і кисть і поверніться в початкове положення.

5. З пахви продовжуйте бинтування косо вгору по спині на пошкоджене надпліччя, обійдіть його, опустіться вертикально вниз по грудній клітці до верхньої третини передпліччя, обхопіть ліктьовий суглоб і по спині поверніться в здорову пахову ділянку.

6. Повторюючи тури декілька разів, закінчіть пов'язку. Останній тур – закріплюючий навколо грудної клітки. При використанні повністю одного бинта, його кінець зшийте із початком іншого.

7. Зафіксуйте пов'язку на передній поверхні грудної клітки, прошиваючи нитками або прикріплюючи шпилькою кінець бинта до нижніх турів.

Заключний етап. 8. Перевірте функціональність накладеної пов'язки і її естетичний вигляд, зніміть гумові рукавички, зафіксуйте виконане у відповідну документацію, при ослабленні або забрудненні пов'язки порекомендуйте звернутися про її заміну (Сабадишин, Маркович, Рижковський, Чижишин, 2017, с. 97).

Із основних помилок, які ми зустрічаємо в навчальній літературі з текстового формулювання алгоритму дуже часто спостерігається: а) необґрунтована деталізація алгоритму – наприклад: окремими пунктами нумерується психологічне заспокоєння пацієнта; отри-

мання згоди на виконання маніпуляції, і пояснення необхідності її виконання; надання зручної позиції пацієнту та ін. Ми рекомендуємо об'єднувати дуже прості, або всім зрозумілі, так звані загальнолюдські пункти алгоритму в один – через кому, бо крапку з комою, що значна спростить структуру алгоритму; б) в алгоритмі не спостерігається логічного продовження попереднього кроку наступним, що не дозволяє студентів продовжити його виконання; в) алгоритмічна інструкція не має чіткості викладення і студенти не розуміють її етапів; г) посилення певного кроку алгоритму на якісь пункти і сторінки, що не дає змоги розуміти його виконання як єдиного дискретного ланцюжка.

Аналізуючи позитивні сторони використання алгоритмів практичної діяльності для фахової підготовки майбутніх спеціалістів зауважимо, що навчання за алгоритмічними інструкціями не є самоціллю алгоритмізації. Навчання з інструктивною і наочною підтримкою студента триває доти, поки в його центральній нервовій системі не сформується так званий корково-підкорковий центр виконання навички, поки не з'являться впевнені автоматизовані рухи у вигляді динамічного стереотипу і поки вся дія не буде виконуватись як єдине-ціле.

Процес формування практичних навичок і вмінь за алгоритмічним інструктивним матеріалом, у студентів професійних закладів освіти можна поділити на декілька етапів, які в навчальній літературі прийнято називають:

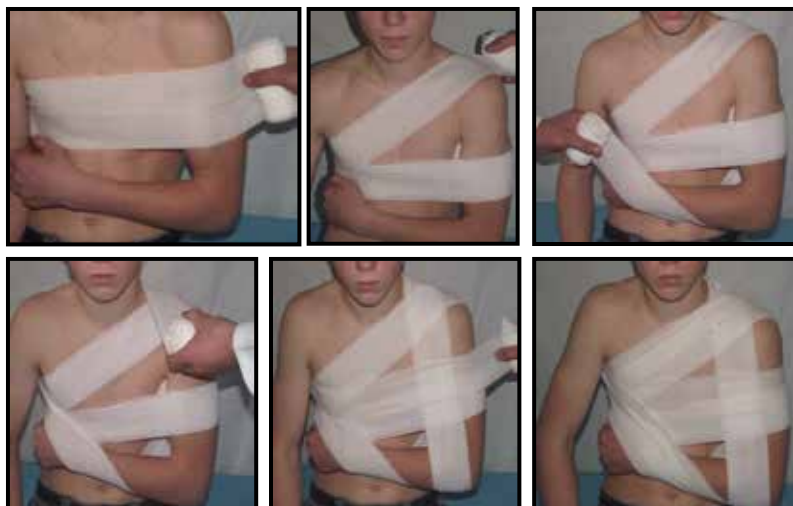


Рис. Етапи накладання пов'язки Дезо

вати аспектами. Умовно можна виділити три основних аспекти практичного опрацювання алгоритмів – орієнтовний, виконавчий і коректувальний

I. Орієнтовний аспект – тобто початок теоретичного засвоєння алгоритму за покроковою текстовою інструкцією його виконання. При його засвоєнні відбувається ознайомлення і вивчення матеріально-технічного забезпечення виконання алгоритму, знайомство з засобами графічного і кінематографічного унаочнення тощо. Цей етап засвоєння алгоритму відноситься до питань професійних знань. Словесне описання виконання складної дії за допомогою більш простих, послідовних і зрозумілих етапів діяльності є не що інше, як створення психологічної (розумової) подоби діяльності.

Як уже зазначалось, орієнтовне засвоєння алгоритму багато в чому залежить від методики його описання. Якість словесно-алгоритмічного описання виконання дії має психологопедагогічні пояснення. Чим більш досконалим, простим і зрозумілим буде алгоритм, тим легше й швидше можна виробити в студентів необхідні навички, і тим більшою є можливість звільнити їхню свідомість від необхідності думати що і як виконувати, а також швидше відмовитись від візуального інструктивного супроводу.

II. Виконавчий аспект засвоєння алгоритму – тобто виконання дії за його словесно-описовою побудовою відноситься до питань практичного формування професійних навичок і вмінь. Можливість студента практично виконати алгоритм за пронумерованими описовими кроками інструкції є головною метою створення самого алгоритму, а сама інструкція стає засобом унаочнення. Даний аспект можна умовно поділити на етап свідомого, але невмілого виконання навички, і початок автоматизованого її виконання. Зрозуміло, що більш високі рівні засвоєння практичних дій формуються вже без алгоритмічно-інструктивного супроводу. У студента поволі формується чітке розуміння того, як і навіщо потрібно виконувати ту чи іншу дію, поступово зникає збудження, хвилювання, патологічні рефлексії за рахунок внутрішнього гальмування.

III. Коректувальний аспект відпрацювання алгоритму полягає в першу чергу у виправленні помилок, а також в удосконаленні рухової

діяльності, нормалізації функції нервово-вісцеральних рефлексів. Що стосується помилок при початковому засвоєнні практичних дій, то вони є природним явищем і закономірним результатом недостатньої практичної підготовки студентів. Під помилкою розуміють елемент алгоритмічної діяльності, при якому не досягається поставленої мети. Слід зазначити, що виявлення й виправлення (корекція) помилок по ходу виконання практичної дії є важливим елементом її формування. Помилки можуть виникати в різній формі – в невиконанні дії, в неточній її реалізації, внаслідок несвоєчасної, або непотрібної діяльності.

За психологічним змістом процес оволодіння практичною навичкою і корекція помилок є активним процесом уточнення своєї діяльності на основі самоконтролю і самооцінки. Як відзначають психологи, невірно завчені і закріплені навички базової навчально-практичної підготовки в умовах навчального закладу, негативно впливають на якість виробничо-практичної діяльності майбутнього спеціаліста. Давно відомо, що легше заново навчати людину будь-чому – ніж перевчати, оскільки той динамічний стереотип, якій закріпився має ґрунтовну основу. Ось чому навчальні алгоритми медичного спрямування мають бути ідентичними з професійними алгоритмами закладів охорони здоров'я, щоб практична медицина не перевчала молодих спеціалістів наново.

Необхідно також звернути увагу на ті основні форми і методи навчання які є сумісними з алгоритмізацією. Зважаючи на те, що проводити тренування студента на хворій людині не можна з різних міркувань, а тому основними методами первинного відпрацювання невідомих практичних навичок до певних рівнів автоматизму є тренінг один на одному (студент на студентів) або на тренажерах.

Саме тренінг виконання медичних практичних навичок студент на студентів є найкращим методом практичної підготовки з декількох причин. По перше, ніякий тренажер, манекен, чи будь-який інший засіб унаочнення не може точніше відтворити усі параметри людського тіла; по-друге, при відпрацюванні навички один на одному можливо імітувати спілкування між медиком і пацієнтом; по-третє, тільки людському тілу можна надавати зручного для вико-

нання навички положення і змінювати його по мірі необхідності.

Даний метод відпрацювання практичних навичок зазвичай проводять в кабінетах доклінічної практики навчальних і лікувальних закладів, але таким чином можна тренувати тільки ті практичні навички і вміння, виконання яких не становлять загрози для студентів і довіллю. Це, як правило, ті маніпуляції, де немає контакту з кров'ю, ранами, порожнинами тіла, виділеннями біологічних рідин пацієнта тощо.

На тренажерах, в медичних закладах прийнято відпрацьовувати практичні навички і вміння які неможливо виконувати один на одному. Не можна виконувати в навчальному кабінеті один на одному всі види ін'єкцій, перев'язку ран, накладання і знімання швів, катетеризацію сечового міхура, постановку клізми та інші подібні маніпуляції з декількох причин: з етичний міркувань, відсутністю реальних ушкоджень, як засобів унаочнення, неможливістю забезпечити достатній рівень безпеки студентів, дезінфекцію і утилізацію відходів та ін.

Підсумовуючи ефективність впровадження алгоритмічних технологій в навчальний процес зауважимо, що даний метод можна суміщати як з традиційними, так і з інноваційними формами методами навчання при єдиній умові – заняття повинні бути забезпеченими алгоритмічними інструкціями на різних носіях (паперових, комп'ютерно-екранних, мобільно-телефонних).

Висновки. Алгоритмізація, яка є загальним і активним методом навчання та контролю за навчально-виховною діяльністю студентів: а) виключає суттєві помилки первинного вивчення і відпрацювання практичних навичок

і вмінь; б) навчання за алгоритмами сприяє кращому розумінню і запам'ятовуванню навчального матеріалу через розподіл складних важкодоступних дій і завдань на прості елементарні операції; в) алгоритмізація є одним з основних факторів інтенсифікації сучасного навчального процесу.

Перспективи подальших досліджень. В Рівненській медичній академії продовжується збільшення кількості викладачів і дисциплін охоплених впровадженням алгоритмічних технологій в навчальну практику, а також удосконалюється методика алгоритмічного навчання.

На даний час вже розроблено концепцію триетапної моделі формуванні професійної майстерності студентів за допомогою алгоритмів, суть якої наступна: на першому етапі фахової підготовки відпрацьовуються практичні дії на підсвідомому рівні за допомогою алгоритмічних інструкцій до рівня навички; на другому – вже сформовані навички удосконалюються через доповнення алгоритмів їх виконання специфічно-медичними критеріями якості відпрацювання і контролю професійної підготовки студентів. Даний етап змінює і доповнює несвідоме, автоматичне виконання навички елементами свідомої діяльності, підвищуючи рівень виконавської майстерності студентів до рівня професійного вміння; і на третьому етапі – алгоритмізації підлягають навчально-професійні завдання і задачі, алгоритмічне вирішення яких з наступним алгоритмічним практичним відпрацюванням формує у студентів основи фахової компетентності (Маркович, Коробко, Чижишин, 2022. С. 36). На порядку денному стоїть завдання проведення педагогічного експерименту по встановленню ефективності даної методики навчання.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Герасимова И. В. Использование алгоритмического подхода в обучении химии при решении задач интеллектуального развития учащихся: дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02. Омск, 1999. 216 с.
2. Ланда Л. Н. Алгоритмизация в обучении : монографія. Москва : Просвещение, 1966. 523 с.
3. Маркович О. В. Формування професійних умінь майбутніх медичних сестер хірургічного профілю засобами алгоритмізації : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.04. Київ, 2009. 284 с.
4. Маркович Олексій, Коробко Лариса, Чижишин Борис. Удосконалення алгоритмічного підходу до формування фахових умінь майбутніх медичних працівників в умовах дистанційного навчання : *Технології дистанційного навчання: впровадження, розвиток, удосконалення*: Матеріали міжнародної дистанційної науково-практичної конференції. Харків, 2021. 23-24 березня. С. 477 – 483.
5. Маркович О. В., Коробко Л. Р., Чижишин Б. З. Алгоритмізація, як форма оптимізації структури і змісту навчально-виховного процесу : *Наука, освіта та виробництво: виклики сьогодення* : зб. Матеріалів II Всеукраїнської мультидисциплінарної науково-практичної Інтернет конференції. Полтава, 2021. 12 трав. 2021. С. 82 – 88.

6. Маркович О. В., Коробко Л. Р., Чижин Б. З. Теоретичне обґрунтування доцільності використання алгоритмічних технологій при підготовці майбутніх медиків : *Пріоритетні напрями досліджень у науковій та освітній діяльності: проблеми та перспективи*: зб. тез II Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю. Рівне, 2022. 12 – 13 жовтня. С 277 – 281.

7. Маркович О.В., Коробко Л.Р., Чижин Б.З. Формування фахової компетентності триетапною технологією алгоритмічного засвоєння основ професійної майстерності : навч.-метод. посіб. Рівне : КЗВО «Рівненська медична академія, 2022. 44 с.

8. Мумряева С.М. Алгоритмический подход к изучению математического анализа в педвузе в условиях дифференцированного обучения: дис... канд. пед. наук : 13.00.02. Саранск, 2001. 159 с.

9. Русанова О. О. Алгоритмічний підхід у навчанні майбутніх інженерів-гірників вищих технічних навчальних закладів: дис. ... канд. пед. наук. : 13.00.04. Донецьк, 2006. 218 с.

10. Медсестринство в хірургії : практикум / Сабадишин Р. О., та ін Вінниця : Нова книга, 2017. 360 с.

REFERENCES:

1. Gerasimova I. V. Using an algorithmic approach in teaching chemistry in solving problems of intellectual development of students: dis. ...cand. ped. Sciences : 13.00.02. Omsk, 1999. 216 p.

2. Landa L. N. Algorithmization in teaching : monograph. Moscow : Prosveshcheniye, 1966. 523 p.

3. Markovych O. V. Formation of professional skills of future nurses of the surgical profile by means of algorithmization: diss. ... candidate ped. Sciences: 13.00.04. Kyiv, 2009. 284 p.

4. Oleksiy Markovych, Larysa Korobko, Boris Chyzyshyn. Improving the algorithmic approach to the formation of professional skills of future medical workers in the conditions of distance learning : *Technologies of distance learning: implementation, development, improvement* : Materials of the international distance scientific and practical conference. Kharkiv, 2021. March 23 – 24. P. 477 – 483.

5. Markovych O. V., Korobko L. R., Chyzyshyn B. Z. Algorithmization as a form of optimization of the structure and content of the educational process : *Science, education and production: challenges of today: collection*. Materials of the II All-Ukrainian multidisciplinary scientific and practical Internet conference. Poltava, 2021. May 12. 2021. P. 82 – 88.

6. Markovych O. V., Korobko L. R., Chyzyshyn B. Z. Theoretical justification of the feasibility of using algorithmic technologies in the training of future doctors : *Priority areas of research in scientific and educational activities: problems and prospects* : coll. theses of the II All-Ukrainian scientific and practical conference with international participation. Rivne, 2022. October 12 – 13. С 277 – 281.

7. Markovych O.V., Korobko L.R., Chyzyshyn, B.Z. The formation of professional competence using the three-stage technology of algorithmic learning of the basics of professional skill : educational and methodological manual. Rivne: KZVO «Rivne Medical Academy», 2022. 44 p.

8. Mumryayeva S.M. Algorithmic Approach to the Study of Mathematical Analysis in a Pedagogical University under Conditions of Differentiated Teaching: Dis. ... Cand. ped. Sciences : 13.00.02. Saransk, 2001. 159 p.

9. Rusanova O. O. Algorithmic approach in training future mining engineers of higher technical educational institutions: diss. ... candidate ped. of science : 13.00.04. Donetsk, 2006. 218 p.

10. Nursing in surgery : practicum / R. O. Sabydshyn, et al. Vinnytsia : Nova kniga, 2017. 360 p.

УДК 548.73:(546.56+546.57+546.48+546.832+546.22)

DOI <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-3-11>

Олександр СМІТЮХ

кандидат хімічних наук, старший лаборант кафедри хімії та технологій, Волинський національний університет імені Лесі Українки, просп. Волі, 13, м. Луцьк, Волинська обл., Україна, 43025

ORCID: 0000-0003-1632-5849

Олег МАРЧУК

кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри хімії та технологій, Волинський національний університет імені Лесі Українки, просп. Волі, 13, м. Луцьк, Волинська обл., Україна, 43025

ORCID: 0000-0002-5618-7156

Анастасія ПАНАСЮК

здобувач другого рівня вищої освіти, Волинський національний університет імені Лесі Українки, просп. Волі, 13, м. Луцьк, Волинська обл., Україна, 43025

Бібліографічний опис статті: Смітюх, О., Марчук, О. Панасюк, Н. (2022). Особливості кристалічної структури сульфідів $Ag(Cu)_2CdHf_3S_8$. *Проблеми хімії та сталого розвитку*, 3, 84–90, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-3-11>

ОСОБЛИВОСТІ КРИСТАЛІЧНОЇ СТРУКТУРИ СУЛЬФІДІВ $Ag(Cu)_2CdHf_3S_8$

Робота присвячена вивченню особливостей кристалічної структури тетраарних сульфідів $Ag(Cu)_2CdHf_3S_8$ як перспективних матеріалів, що прогнозовано володітимуть низькою теплопровідністю. Синтез сульфідів здійснювали у кварцевих ампулах, що були вакуумовані до залишкового тиску 10^{-2} Па у муфельній печі з програмним управлінням технологічними процесами. Для отримання зразків використовували прості речовини напівпровідникової чистоти. З метою встановлення фазового складу та розрахунку кристалічної структури, для отриманих порошкоподібних зразків знімали дифрактограми на рентгенівському апараті ДРОН 4-13 (CuK α -випромінювання). Кристалічну структуру розраховували методом Рітвельда з подальшою візуалізацією у програмі Vesta. Кристалічна структура отриманих фаз належить до кубічної сингонії (структурний тип $MgAl_2O_4$; просторова група Fd-3m; символ Пірсона cF56). Досліджені структури характеризуються трьохшаровою укладкою з атомів сульфуру, а порожнини заповнені атомами Ag, Cu, Cd і Hf. Причому, тетраедричні порожнини заповнені на 1/8, а октаедричні – на 1/2. У позиції 16d зосереджена суміш атомів [Cd:Hf] у співвідношенні ~1:3 і має октаедричне оточення з атомів сульфуру, а в ПСТ 8a локалізовані атоми Ag (Cu) і мають тетраедричне оточення з атомів сульфуру. При переході від кристалічної структури $Ag_2CdHf_3S_8$ до $Cu_2CdHf_3S_8$ параметри решітки зменшуються, за рахунок зменшення атомного радіусу Cu, що викликає збільшення дисторсії в октаедричному оточенні. При цьому об'єм тетраедра зростає пропорційно не спричинюючи дисторсію у многограннику. Вцілому кристалічна структура сульфідів $Ag(Cu)_2CdHf_3S_8$ вказує на те, що ці фази є цікавими і перспективними, оскільки містять у складі перехідний метал Cd і f-елемент Hf, що може суттєво змінювати їх функціональність.

Ключові слова: кристалічна структура, сульфід, елементарна комірка.

Oleksandr SMITIUKH

PhD, senior laboratory assistant of the Department of Chemistry and Technology, Lesya Ukrainka Volyn National University, 13 Voli ave., Lutsk, Volyn region, Ukraine, 43025

ORCID: 0000-0003-1632-5849

Oleg MARCHUK

PhD, an associate professor, of the Department of Chemistry and Technology, Lesya Ukrainka Volyn National University, 13 Voli ave., Lutsk, Volyn region, Ukraine, 43025

ORCID: 0000-0002-5618-7156

Anastasia PANASIUK

Second-level graduate of higher education, Lesya Ukrainka Volyn National University, 13 Voli ave., Lutsk, Volyn region, Ukraine, 43025

To cite this article: Smitiukh, O., Marchuk, O. Panasiuk, N. (2022). Osoblyvosti krystalichnoi struktury novykh faz $\text{Ag}(\text{Cu})_2\text{CdHf}_3\text{S}_8$ [The characteristics of the crystal structure of the $\text{Ag}(\text{Cu})_2\text{CdHf}_3\text{S}_8$ sulfides]. *Problems of Chemistry and Sustainable Development*, 3, 84–90, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-3-11>

THE CHARACTERISTICS OF THE CRYSTAL STRUCTURE OF THE $\text{Ag}(\text{Cu})_2\text{CDHF}_3\text{S}_8$ SULFIDES

The work has been devoted to study the peculiarities of the crystal structure of the $\text{Ag}(\text{Cu})_2\text{CdHf}_3\text{S}_8$ new quaternary sulfides as prospective materials that may belong to the stuff with low thermal conductivity. The synthesis of samples has been conducted in quartz vacuumed (10^{-2} Pa) ampoules in muffle furnace with software control of technological processes. The semiconductor-pure elements were used for obtaining samples. In order to study phase composition and determine the crystal structure of the obtained samples, we have recorded diffractograms of the samples using DRON 4-13. The crystal structure was determined with using Ritveld's method. Further, it has been visualized with VESTA program. The crystal structure of the obtained samples belongs to the MgAl_2O_4 structure type (SG Fd-3m, Pearson symbol cF56) with cubic symmetry. The structure of these compounds is based on the three-layer close packing of sulfur atoms in which the voids are filled with Ag, Cu, Cd i Hf atoms. Moreover, the tetrahedral voids are packed to 1/8, and the octahedral voids – to 1/2. The mix [Cd:Hf] (~1:3) is located in the site 16d and has octahedral surrounding with S atoms and Ag (Cu) atoms fill the tetrahedral site 8a formed by four S atoms. To transit from the $\text{Ag}_2\text{CdHf}_3\text{S}_8$ crystal structure to $\text{Cu}_2\text{CdHf}_3\text{S}_8$, the lattice parameters decrease due to the decrease in the atomic radius of Cu, which causes an increase in distortion in the octahedral environment. At the same time, the volume of the tetrahedron increases proportionally without causing distortion in the polyhedron. In general, the crystal structure of $\text{Ag}(\text{Cu})_2\text{CdHf}_3\text{S}_8$ sulfides indicates that the phases are interesting and promising, as they contain the transition metal Cd and the f-element Hf, which can significantly change their functionality.

Key words: crystal structure, sulfides, and unit cell.

Актуальність проблеми та аналіз останніх досліджень і публікацій. Ідея пошуку нових матеріалів в напівпровідниковій сфері стає дедалі більше напрямленою на відносно дешеві, доступні та екологічно нешкідливі елементи. Зокрема, чимало досліджень присвячено вивченню сульфідів, як одного з варіанту таких матеріалів. Про розвиток цієї ідеї свідчать роботи (He, 2014; Ang, 2015; Barbier, 2017; Bourgès, 2018; Pavan Kumar, 2017; Chetty, 2015; Fan, 2020; Zhang, 2018; Pavan Kumar, 2010; Bourgès, 2019).

У результаті проведених експериментальних досліджень було встановлено, що тернарні та тетрарні тіошпінелі, що кристалізуються в структурному типі MgAl_2O_4 є досить стабільні та перспективні (Strick, 1968; Snyder, 2001; Cherniushok, 2022). Шпінельні фази типу AB_2S_4 , що можуть містити перехідні елементи, володіють широким спектром фізичних властивостей та перспективною високою функціональністю. Для прикладу, халькогеніди CuM_2S_4 (M = Ti, Cr, Co, та ін.) проявляють магнітні (Kariya, 2009), каталітичні (Chauhan,

2017), електричні (Matsumoto, 2000) та термоелектричні властивості (Lang, 2019; Hashikuni, 2019). Оскільки тетрарні халькогеніди згідно з роботою (Cherniushok, 13) володіють низькою теплопровідністю, то перспективним є вивчення похідних фаз, у яких атоми Cu замінити Ag, а як перехідний метал використати Cd.

Мета дослідження. Метою представлено наукового дослідження є вивчення кристалічної структури нових тетрарних сульфідів $\text{Ag}(\text{Cu})_2\text{CdHf}_3\text{S}_8$ як перспективних матеріалів для термоелектрики.

Експеримент. Матеріали та синтез. Зразки стехіометричних складів $\text{Ag}_2\text{CdHf}_3\text{S}_8$ і $\text{Cu}_2\text{CdHf}_3\text{S}_8$, масою 1 г кожен, були синтезовані методом твердофазних реакцій з використанням простих речовин напівпровідникової чистоти у вакуумованих до 10^{-2} Па кварцевих ампулах. Синтез проводили у муфельній печі МР-30 з програмним управлінням технологічними процесами згідно технологічного режиму: нагрівання до 1423 К (швидкість 12 К/год), витримка за температури 1423 К 3 год; охолодження до температури 773 К (швидкість

12 К/год); гартування зразків у холодну воду без розгерметизації контейнерів. В подальшому зразки були подрібнені в агатовій ступці до дрібнодисперсного стану і знову вакуумовані та відпалені за температури 773 К протягом 500 год, після чого зразки гартували у холодну воду без розгерметизації контейнерів.

Рентгенофазовий та рентгеноструктурний аналіз проводили за порошкограмами, які були отримані на рентгенівському апараті ДРОН-4-13 з параметрами зйомки: CuK_α -випромінювання; крок сканування – $0,02^\circ$, експозиція у кожній точці – 20 с. Розрахунок кристалічних структур $\text{Ag}_2\text{CdHf}_3\text{S}_8$ та $\text{Cu}_2\text{CdHf}_3\text{S}_8$ проведено методом Рітвельда (пакет програм WinCSD (Grin, 2014)). Візуалізацію кристалічних структур виконано за допомогою програми VESTA (Momma, 2011).

Обговорення результатів. Кристалічну структуру тетрарних сульфідів $\text{Ag}(\text{Cu})_2\text{CdHf}_3\text{S}_8$ розраховано використовуючи методу Рітвельда. Порошкограми проіндексовано в кубічній симетрії (просторова група $Fd-3m$, символ Пірсона $cF56$). Умови та

результати експериментальних даних внесені в таблицю 1. Аналіз індексів hkl , відбить та інтенсивностей вказує на те, що кристалічна структура синтезованих халькогенідів належать до структурного типу MgAl_2O_4 (Hill, 1979). Як початкову модель для стартових розрахунків було взято координати атомів у структурі $\text{Cu}_{7,38}\text{Mn}_4\text{Sn}_{12}\text{S}_{32}$.

На рисунках 1 та 2 представлено теоретичні, експериментальні та різницеві між ними профілі порошкограм тетрарних халькогенідів $\text{Ag}_2\text{CdHf}_3\text{S}_8$ і $\text{Cu}_2\text{CdHf}_3\text{S}_8$.

Якщо розглядати кристалічну структуру з точки зору теорії щільних упаковок (рисунок 3), то кристалічну структуру $\text{Ag}(\text{Cu})_2\text{CdHf}_3\text{S}_8$ можна представити як тришарову щільну упаковку з атомів сульфуру, в якій статистична суміш $[\text{Cd} : \text{Hf}]$ заповняє $1/2$ октаедричних пустот, а атоми $\text{Ag}(\text{Cu})$ – $1/8$ тетраедричних.

Атоми статистичної суміші вбудовані в центросиметричні позиції, в той час як атоми сульфуру – на осях 3-го порядку (3m). Першою координаційною сферою для атомів сульфуру

Таблиця 1

Результати розрахунку кристалічної структури сульфідів $\text{Ag}(\text{Cu})_2\text{CdHf}_3\text{S}_8$

Параметри	$\text{Ag}_2\text{CdHf}_3\text{S}_8$	$\text{Cu}_2\text{CdHf}_3\text{S}_8$
Просторова група	$Fd-3m$	
a , (Å)	10.7402(7)	10.415(1)
Об'єм комірки (Å ³)	1239.1(3)	1129.8(1)
Густина (обрахована) (г/см ³)	6.016(1)	5.921(2)
Адсорбційний коефіцієнт (1/см)	978.63	794.16
Випромінювання і довжина хвилі (нм)	Cu 0.154185	
Дифрактометр	ДРОН 4-13	
Спосіб обрахунку	Повнопрофільний	
Програма для обрахунку	CSD	
Кількість атомних позицій	4	4
Кількість вільних параметрів	1	1
2θ та $\sin\theta/\lambda$ (макс.)	100.00; 0.497	100.02; 0.497
R_I	0.0506	0.0388
R_p	0.2059	0.2420
Фактор шкали	0.2981(2)	0.2439(6)
Фактор добротності	2.4	1.86

Таблиця 2

Координати та ізотропні параметри теплового коливання атомів у структурі $\text{Ag}_2\text{CdHf}_3\text{S}_8$

Атоми	ПСТ	КЗП	x	y	z	$B_{\text{ізо}} \times 10^2$ (Å ²)
Ag	$8a$	1	1/8	1/8	1/8	1.35(15)
Cd	$16d$	0.29(3)	1/2	1/2	1/2	1.3(5)
Hf	$16d$	0.71(2)	1/2	1/2	1/2	1.02(12)
S	$32e$	1	0.7394(7)	x	x	1.6(3)

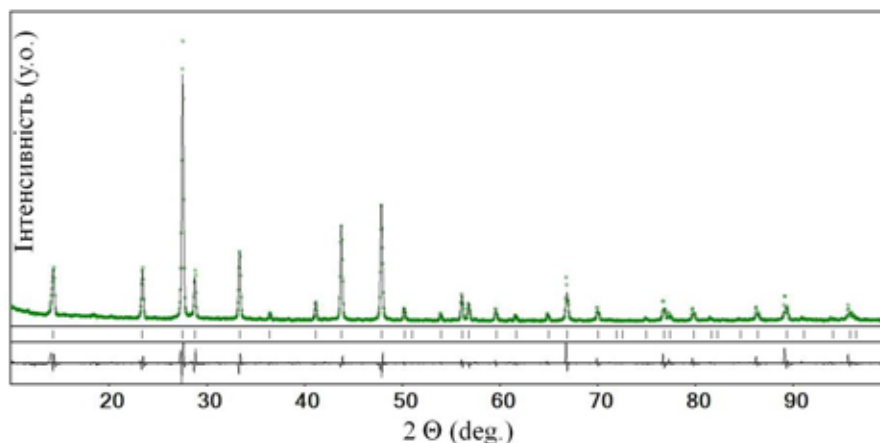


Рис. 1. Теоретичний (-), експериментальний (○) та різницевий профілі порошкограми сульфїду $\text{Ag}_2\text{CdHf}_3\text{S}_8$

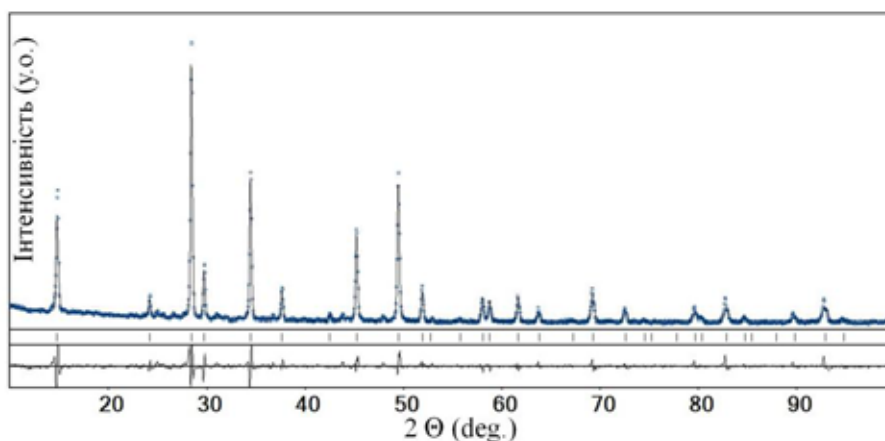


Рис. 2. Теоретичний (-), експериментальний (○) та різницевий профілі порошкограми сульфїду $\text{Cu}_2\text{CdHf}_3\text{S}_8$

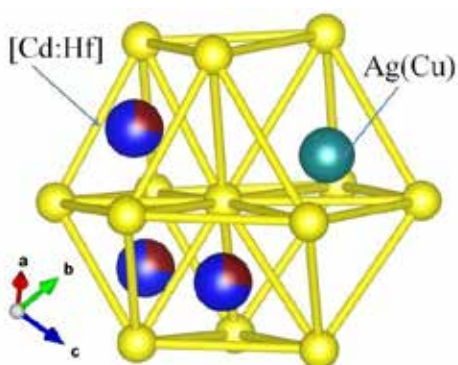


Рис. 3. Друге координаційне оточення (ДКО) у структурі $\text{Ag}(\text{Cu})_2\text{CdHf}_3\text{S}_8$

є тетраedr. Для всіх октаедричних позицій відстані $\delta([\text{Cd} : \text{Hf}]-\text{S})$ є адитивними величинами. У випадку $\delta(\text{Ag}(\text{Cu})-\text{S})$, відстані рівні сумі тетраедричних радіусів. Проекцію елементарної комірки та координаційне оточення атомів

у структурі $\text{Ag}(\text{Cu})_2\text{CdHf}_3\text{S}_8$ представлено на рисунку 4.

Заміна атомів Ag на атоми Cu у структурі призводить до зменшення параметрів елементарної комірки, а це в свою чергу призводить до

певних структурних змін. В таблиці 4 наведено деякі параметри, що змінюються.

Виходячи з даних наведених у таблиці 4, констатуємо, що при переході $Ag \rightarrow Cu$ суттєво зменшується об'єм тетраедра. При цьому збільшується дисторційний параметр в октаедричній позиції.

У таблиці 5 приведені міжатомні віддалі та координаційні числа атомів у структурах $Ag(Cu)_2CdHf_3S_8$.

Висновки

У роботі представлено результати вивчення кристалічної структури двох складних халькогенідів $Ag(Cu)_2CdHf_3S_8$, що кристалізуються у структурному типі $MgAl_2O_4$. Досить щільна гранецентрована комірка, а також те, що до їх складу входить перехідний метал Cd і f-елемент Hf, тому матеріали є перспективними з точки зору їх функціональності.

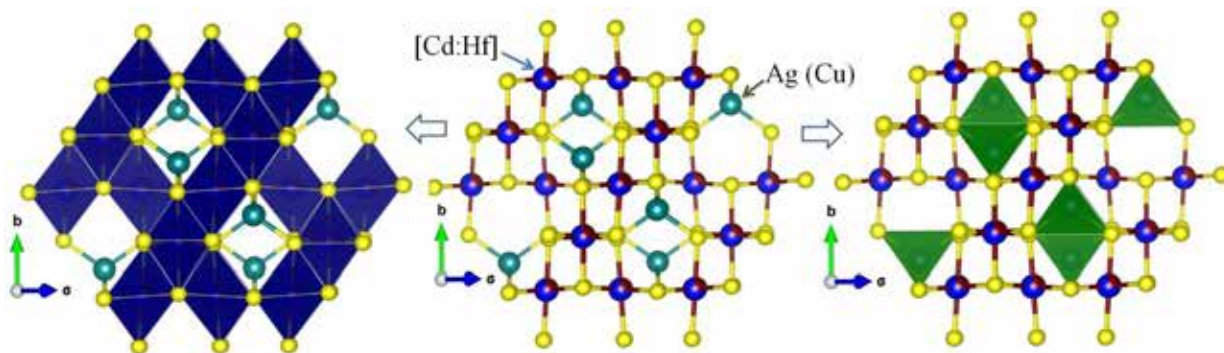


Рис. 4. Фрагмент кристалічної структури тетраєдних сульфідів $Ag_2CdHf_3S_8$ і $Cu_2CdHf_3S_8$ та координаційне оточення атомів Ag, Cu і статистичної суміші [Cd : Hf]

Таблиця 3

Координати та ізотропні параметри теплового коливання атомів у структурі $Cu_2CdHf_3S_8$

Атоми	ПСТ	КЗП	x	y	z	$B_{iso} \times 10^2 (\text{Å}^3)$
Cu	8a	1	1/8	1/8	1/8	1.4(3)
Cd	16d	0.20(0)	1/2	1/2	1/2	1.7(14)
Hf	16d	0.75(2)	1/2	1/2	1/2	0.98(14)
S	32e	1	0.7480(3)	x	x	0.9(3)

Таблиця 4

Параметри багатогранників у структурах $Ag(Cu)_2CdHf_3S_8$

	$Ag_2CdHf_3S_8$	$Cu_2CdHf_3S_8$
тетраєдр		
Середня довжина зв'язку, Å	2.5235	2.2995
Об'єм поліедра, Å ³	8.2467	6.2403
Коефіцієнт дисторсії	0	0
Ефективне КЧ	4	4
октаєдр		
Середня довжина зв'язку, Å	2.5759	2.5783
Об'єм поліедра, Å ³	22.5234 Å ³	22.8377
Коефіцієнт дисторсії	0.00015	0.00143
Ефективне КЧ	6	5.9995

Таблиця 5

Міжатомні віддалі та координаційні числа атомів у структурах $Ag_2CdHf_3S_8$ і $Cu_2CdHf_3S_8$

$Ag_2CdHf_3S_8$			$Cu_2CdHf_3S_8$		
Атоми	δ, нм	КЧ	Атоми	δ, нм	КЧ
Ag – 4S	2.523(7)	4	Cu – 4S	2.29(3)	4
[Cd:Hf] – 6S	2.576(7)	6	[Cd:Hf] – 6S	2.58(3)	6

ЛІТЕРАТУРА:

1. He, Y., Day, T., Zhang, T., Liu, H., Shi, X., Chen, L. Snyder, G. High thermoelectric performance in non-toxic earth-abundant copper sulfide. *Adv. Mater.* 2014. 26. P. 3974-3978. doi:10.1002/adma.201400515
2. Ang, R., Khan, A., Tsujii, N., Takai, K., Nakamura, R., Mori, T. Thermoelectricity Generation and Electron-Magnon Scattering in a Natural Chalcopyrite Mineral from a Deep-Sea Hydrothermal Vent. *Angew. Chemie – Int. Ed.* 2015. 54. P. 12909-12913. doi:10.1002/anie.201505517
3. Barbier T., Berthebaud D., Frésard, R., Lebedev, O., Guilmeau, E., Eyert, V., Maignan, A. Structural and thermoelectric properties of n-type isocubanite CuFe_2S_3 . *Inorg. Chem. Front.* 2017. 4. P. 424-432. doi:10.1039/c6qi00510a
4. Bourgès, C., Bouyrie, Y., Supka, A., Al Rahal Al Orabi, R., Lemoine, P., Lebedev, O., Ohta, M., Suekuni, K., Nassif, V., Hardy, V., Daou, R., Miyazaki, Y., Fornari, M., Guilmeau, E. High-Performance Thermoelectric Bulk Colusite by Process Controlled Structural Disordering. *J. Am. Chem. Soc.* 2018. 140. P. 2186-2195. doi:10.1021/jacs.7b11224
5. Pavan Kumar, V., Barbier, T., Caignaert, V., Raveau, B., Daou, R., Malaman, B., Le Caër, G., Lemoine, P., Guilmeau, E. Copper Hyper-Stoichiometry: The Key for the Optimization of Thermoelectric Properties in Stannoidite $\text{Cu}_{8+x}\text{Fe}_{3-x}\text{Sn}_2\text{S}_{12}$. *J. Phys. Chem. C.* 2017. 121. P. 16454-16461. doi:10.1021/acs.jpcc.7b02068
6. Chetty, R., Bali, A., Mallik R. Tetrahedrites as thermoelectric materials: An overview. *J. Mater. Chem. C.* 2015. 3. P. 12364-12378. doi:10.1039/c5tc02537k
7. Fan, Y., Wang, G., Wang, R., Zhang, B., Shen, X., Jiang, P., Zhang, X., Shuang Gu, H., Lu, X., Yuan Zhou, X. Enhanced thermoelectric properties of p-type argyrodites Cu_8GeSe_6 through Cu vacancy. *J. Alloys Compd.* 2020. 822. P. 153665. doi:10.1016/j.jallcom.2020.153665
8. Zhang, R., Gucci, F. Zhu, H., Chen, K., Reece, M. Data-Driven Design of Ecofriendly Thermoelectric High-Entropy Sulfides. *Inorg. Chem.* 2018. 57. P. 13027-13033. doi:org/10.1021/acs.inorgchem.8b02379
9. Pavan Kumar, V., Paradis-Fortin, L., Lemoine, P., Caignaert, V., Raveau, B. Malaman, B., Le Caër, G., Cordier, S. Guilmeau, E. Designing a Thermoelectric Copper-Rich Sulfide from a Natural Mineral: Synthetic Germanite $\text{Cu}_{22}\text{Fe}_8\text{Ge}_4\text{S}_{32}$. *Inorg. Chem.* 2010. 56. P. 13376-13381. doi:org/10.1021/acs.inorgchem.7b02128
10. Bourgès, C., Pavan Kumar, V., Nagai, H., Miyazaki, Y., Raveau, B., Guilmeau, E. Role of cobalt for titanium substitution on the thermoelectric properties of the thiospinel CuTi_2S_4 . *J. Alloys Compd.* 2019. 781. P. 1169-1174. doi:10.1016/j.jallcom.2018.12.102
11. Strick, G., Eulenberger, G., Hahn, H. Über einige quaternäre Chalkogenide mit Spinellstruktur, ZAAC. *J. Inorg. Gen. Chem.* 1968. 357. P. 338-344. doi:10.1002/zaac.19683570421
12. Snyder, J., Caillat, T., Fleurial, J. Thermoelectric properties of chalcogenides with the spinel structure. *Mater. Res. Innov.* 2001. 5. P. 67-73. doi:10.1007/s100190100133
13. Cherniushok, O., Smiutikh, O., Tobola, J., Knura, R., Marchuk, O., Parashchuk, T., Wojciechowski, K. 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, *Chemistry of Materials.* 2022. 34(5). P. 2146-2160. doi:10.1021/acs.chemmater.1c03593
14. Kariya, F., Ebina, K., Hasegawa, K., Koshimizu, K., Wuritunasitu, B. Hondou, K., Ebisu, S., Nagata, S. Magnetic properties of the spinel-type $\text{Cu}(\text{Cr}_{1-x}\text{Hf}_x)_2\text{S}_4$. *J. Solid State Chem.* 2009. 182. P. 2018-2023. doi:10.1016/j.jssc.2009.05.012
15. Chauhan, M., Reddy, K., Gopinath, C., Deka, S. Copper Cobalt Sulfide Nanosheets Realizing a Promising Electrocatalytic Oxygen Evolution Reaction. *ACS Catal.* 2017. 7. P. 5871-5879. doi:10.1021/acscatal.7b01831
16. Matsumoto, N., Hagino, T., Taniguchi, K., Chikazawa, S., Nagata S. Electrical and magnetic properties of CuTi_2S_4 and CuZr_2S_4 . *Phys. B Condens. Matter.* 2000. 284, P. 1978-1979. doi:10.1016/S0921-4526(99)02946-4
17. Lang, Y., Pan L., Chen, C. Wang, Y. Thermoelectric Properties of Thiospinel-Type CuCo_2S_4 . *J. Electron. Mater.* 2019. 48. P. 4179-4187. doi:10.1007/s11664-019-07182-x
18. Hashikuni, K., Suekuni, K., Usui, H., Chetty, R., Ohta, M., Kuroki, K., Takabatake, T., Watanabe, K., Ohtaki, M. Thermoelectric Properties and Electronic Structures of CuTi_2S_4 Thiospinel and Its Derivatives: Structural Design for Spinel-Related Thermoelectric Materials. *Inorg. Chem.* 2019. 58. P. 1425-1432. doi:10.1021/acs.inorgchem.8b02955
19. Grin, Y., Akselrud, L. WinCSD: Software package for crystallographic calculations (Version 4). *J. Appl. Cryst.* 2014. 47(2). P. 803-805. doi:10.1107/s1600576714001058
20. Momma, K., Izumi, F. VESTA 3 for three-dimensional visualization of crystal, volumetric and morphology data. *J. Appl. Cryst.* 2011. 44(6). P. 1272-1276. doi:10.1107/S0021889811038970
21. Hill, R., Craig, R., Gibbs, G. Systematics of the spinel structure type. *Phys. Chem. Miner.* 1979. 4. P. 317-339. doi:10.1007/BF00307535

REFERENCES:

1. He, Y., Day, T., Zhang, T., Liu, H., Shi, X., Chen, L. Snyder, G. (2014). High thermoelectric performance in non-toxic earth-abundant copper sulfide. *Adv. Mater.*, 26, 3974-3978. doi:10.1002/adma.201400515

2. Ang, R., Khan, A., Tsujii, N., Takai, K., Nakamura, R., Mori, T. (2015). Thermoelectricity Generation and Electron-Magnon Scattering in a Natural Chalcopyrite Mineral from a Deep-Sea Hydrothermal Vent. *Angew. Chemie – Int. Ed.*, 54, 12909-12913. doi:10.1002/anie.201505517
3. Barbier T., Berthebaud D., Frésard, R., Lebedev, O., Guilmeau, E., Eyert, V., Maignan, A. (2017). Structural and thermoelectric properties of n-type isocubanite CuFe_2S_3 . *Inorg. Chem. Front.*, 4, 424-432. doi:10.1039/c6qi00510a
4. Bourgès, C., Bouyrie, Y., Supka, A., Al Rahal Al Orabi, R., Lemoine, P., Lebedev, O., Ohta, M., Suekuni, K., Nassif, V., Hardy, V., Daou, R., Miyazaki, Y., Fornari, M., Guilmeau, E. (2018). High-Performance Thermoelectric Bulk Colusite by Process Controlled Structural Disorder. *J. Am. Chem. Soc.*, 140, 2186-2195. doi:10.1021/jacs.7b11224
5. Pavan Kumar, V., Barbier, T., Caignaert, V., Raveau, B., Daou, R., Malaman, B., Le Caër, G., Lemoine, P., Guilmeau, E. (2017). Copper Hyper-Stoichiometry: The Key for the Optimization of Thermoelectric Properties in Stannoidite $\text{Cu}_{8+x}\text{Fe}_{3-x}\text{Sn}_2\text{S}_{12}$. *J. Phys. Chem. C.*, 121, 16454-16461. doi:10.1021/acs.jpcc.7b02068
6. Chetty, R., Bali, A., Mallik R. (2015). Tetrahedrites as thermoelectric materials: An overview. *J. Mater. Chem. C.*, 3, 12364-12378. doi:10.1039/c5tc02537k
7. Fan, Y., Wang, G., Wang, R., Zhang, B., Shen, X., Jiang, P., Zhang, X., Shuang Gu, H., Lu, X., Yuan Zhou, X. (2020). Enhanced thermoelectric properties of p-type argyrodites Cu_8GeS_6 through Cu vacancy. *J. Alloys Compd.*, 822, 153665. doi:10.1016/j.jallcom.2020.153665
8. Zhang, R., Gucci, F. Zhu, H., Chen, K., Reece, M. (2018). Data-Driven Design of Ecofriendly Thermoelectric High-Entropy Sulfides. *Inorg. Chem.*, 57, 13027-13033. doi:10.1021/acs.inorgchem.8b02379
9. Pavan Kumar, V., Paradis-Fortin, L., Lemoine, P., Caignaert, V., Raveau, B., Malaman, B., Le Caër, G., Cordier, S., Guilmeau, E. (2010). Designing a Thermoelectric Copper-Rich Sulfide from a Natural Mineral: Synthetic Germanite $\text{Cu}_{22}\text{Fe}_8\text{Ge}_4\text{S}_{32}$. *Inorg. Chem.*, 49, 13376-13381. doi:10.1021/acs.inorgchem.7b02128
10. Bourgès, C., Pavan Kumar, V., Nagai, H., Miyazaki, Y., Raveau, B., Guilmeau, E. (2019). Role of cobalt for titanium substitution on the thermoelectric properties of the thiospinel CuTi_2S_4 . *J. Alloys Compd.*, 781, 1169-1174. doi:10.1016/j.jallcom.2018.12.102
11. Strick, G., Eulenberger, G., Hahn, H. (1968). Über einige quaternäre Chalkogenide mit Spinellstruktur, ZAAC. *J. Inorg. Gen. Chem.*, 357, 338-344. doi:10.1002/zaac.19683570421
12. Snyder, J., Caillat, T., Fleurial, J. (2001). Thermoelectric properties of chalcogenides with the spinel structure. *Mater. Res. Innov.*, 5, 67-73. doi:10.1007/s100190100133
13. Cherniushok, O., Smitiukh, O., Tobola, J., Knura, R., Marchuk, O., Parashchuk, T., Wojciechowski, K. (2022). 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, *Chemistry of Materials.*, 34(5), 2146-2160. doi:10.1021/acs.chemmater.1c03593
14. Kariya, F., Ebina, K., Hasegawa, K., Koshimizu, K., Wuritunasitu, B., Hondou, K., Ebisu, S., Nagata, S. (2009). Magnetic properties of the spinel-type $\text{Cu}(\text{Cr}_{1-x}\text{Hf}_x)_2\text{S}_4$. *J. Solid State Chem.*, 182, 2018-2023. doi:10.1016/j.jssc.2009.05.012
15. Chauhan, M., Reddy, K., Gopinath, C., Deka, S. (2017). Copper Cobalt Sulfide Nanosheets Realizing a Promising Electrocatalytic Oxygen Evolution Reaction. *ACS Catal.*, 7, 5871-5879. doi:10.1021/acscatal.7b01831
16. Matsumoto, N., Hagino, T., Taniguchi, K., Chikazawa, S., Nagata S. (2000). Electrical and magnetic properties of CuTi_2S_4 and CuZr_2S_4 . *Phys. B Condens. Matter.*, 284, 1978-1979. doi:10.1016/S0921-4526(99)02946-4
17. Lang, Y., Pan L., Chen, C. Wang, Y. (2019). Thermoelectric Properties of Thiospinel-Type CuCo_2S_4 . *J. Electron. Mater.*, 48, 4179-4187. doi:10.1007/s11664-019-07182-x
18. Hashikuni, K., Suekuni, K., Usui, H., Chetty, R., Ohta, M., Kuroki, K., Takabatake, T., Watanabe, K., Ohtaki, M. (2019). Thermoelectric Properties and Electronic Structures of CuTi_2S_4 Thiospinel and Its Derivatives: Structural Design for Spinel-Related Thermoelectric Materials. *Inorg. Chem.*, 58, 1425-1432. doi:10.1021/acs.inorgchem.8b02955
19. Grin, Y., Akselrud, L. (2014). WinCSD: Software package for crystallographic calculations (Version 4). *J. Appl. Cryst.*, 47(2), 803-805. doi:10.1107/s1600576714001058
20. Momma, K., Izumi, F. (2011). VESTA 3 for three-dimensional visualization of crystal, volumetric and morphology data. *J. Appl. Cryst.*, 44(6), 1272-1276. doi:10.1107/S0021889811038970
21. Hill, R., Craig, R., Gibbs, G. (1979). Systematics of the spinel structure type. *Phys. Chem. Miner.*, 4, 317-339. doi:10.1007/BF00307535

ЗМІСТ

Олена АНІЧКІНА, Ольга АВДЄЄВА, Олена ЄВДОЧЕНКО ФОРМУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНІХ ХІМІКІВ У ПРОЦЕСІ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ В ЗАКЛАДІ ВИЩОЇ ОСВІТИ.....	3
Назарій БЛАШКО, Олег МАРЧУК, Анатолій ФЕДОРЧУК, Ярослав РОМАНЮК КРИСТАЛІЧНА СТРУКТУРА $PR_3HG_{0.1}GA_{1.67}SE_7$	13
Людмила ГРИГОР'ЄВА, Олена МАКАРОВА, Анна АЛЕКСЄЄВА ЕКОЛОГІЧНІ ПОЛЮТАНТИ СИСТЕМИ ДОЩОВОЇ КАНАЛІЗАЦІЇ М. МИКОЛАЄВА.....	19
Любомир ГУЛАЙ, Олена ДЖАМ, Ольга КАРАЇМ, Зоряна ЛАВРИНЮК ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ПОВЕРХНЕВИХ ВОД Р. ПРИП'ЯТЬ.....	26
Іванна ДАНИЛЮК, Руслан ВАСЬКЕВИЧ, Алла ВАСЬКЕВИЧ, Валентина ТОЛМАЧОВА, Олена КОВТУН, Христина КАРПЕНКО, Ніна ЯКОВИЧУК, Аліна ГРОЗАВ, Леся САЛІЄВА, Наталія СЛИВКА, Михайло ВОВК ОЦІНКА ПРОТИГРИБКОВОЇ АКТИВНОСТІ ДЕЯКИХ ПРОЛІДИНОНІВ ТА КОНДЕНСОВАНИХ АЗЕПІНОНІВ	36
Наталія КАЗАКОВА ПРОФЕСІЙНО-ПЕДАГОГІЧНА КУЛЬТУРА ПЕДАГОГА ЯК УМОВА УСПІШНОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНЬОГО ФАХІВЦЯ.....	43
Лілія КРОПИВНИЦЬКА, Олена СТАДНІЧУК, Людмила КУЧЕР, Олег ШЕРЕМЕТА, Микола ПЛАТОНОВ ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД РІЧКИ ОПІР.....	49
Оксана МУЗИЧЕНКО, Оксана ЦЬОСЬ СТРУКТУРА ФЛОРИ РОСЛИННИХ УГРУПОВАНЬ МІСТА ЛУЦЬКА З УЧАСТЮ <i>SOLIDAGO CANADENSIS</i> L.....	59
Ірина ПАЦЕВА, Оксана АЛПАТОВА, Оксана РИБАК, Ілля ЦИГАНЕНКО-ДЗЮБЕНКО, Олександр МЕДВІДЬ ОЗЕЛЕНЕННЯ ДАХУ ЯК ЗАХІД ПО АДАПТАЦІЇ ЗМІНИ КЛІМАТУ НА ПРИКЛАДІ М. ЖИТОМИР.....	67
Олексій МАРКОВИЧ, Лариса КОРОБКО, Борис ЧИЖИШИН ФОРМУВАННЯ ОСНОВ ФАХОВОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ У СТУДЕНТІВ В НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ ПРОФЕСІЙНОЇ ОСВІТИ.....	75
Олександр СМІТЮХ, Олег МАРЧУК, Анастасія ПАНАСЮК ОСОБЛИВОСТІ КРИСТАЛІЧНОЇ СТРУКТУРИ СУЛЬФІДІВ $Ag(Cu)_2CDHF_3S_8$	84

CONTENTS

<i>Olena ANICHKINA, Olha AVDIEIEVA, Olena YEVDACHENKO</i> FORMATION OF EXPERIMENTAL COMPETENCE OF FUTURE CHEMISTS IN THE PROCESS OF PROFESSIONAL TRAINING IN AN INSTITUTION OF HIGHER EDUCATION.....	3
<i>Nazarii BLASHKO, Oleg MARCHUK, Anatolii FEDORCHUK, Yaroslav ROMANYK</i> THE CRYSTAL STRUCTURE OF $\text{PR}_3\text{HG}_{0.1}\text{GA}_{1.67}\text{SE}_7$ COMPOUND.....	13
<i>Lyudmila HRYHORIEVA, Olena MAKAROVA, Anna ALEKSIEIEVA</i> ENVIRONMENTAL POLLUTANTS OF THE RAIN SEWER SYSTEM MYKOLAIV CITY.....	19
<i>Lubomir GULAY, Olena DZHAM, Olha KARAIM, Zoryana LAVRYNYUK</i> ECOLOGICAL CONDITION OF THE SURFACE WATERS OF THE PRIPYAT RIVER.....	26
<i>Ivanna DANYLIUK, Ruslan VASKEVYCH, Alla VASKEVYCH, Valentina TOLMACHEVA, Olena KOVTUN, Khrystyna KARPENKO, Nina YAKOVYCHUK, Alina GROZAV, Lesya SALIYEVA, Nataliia SLYVKA, Mykhailo VOVK</i> ASSESSMENT OF ANTIFUNGAL ACTIVITY OF SOME PYRROLIDINONES AND CONDENSED AZEPINONES.....	36
<i>Nataliia KAZAKOVA</i> PROFESSIONAL AND PEDAGOGICAL CULTURE OF THE TEACHER AS A CONDITION FOR THE SUCCESSFUL TRAINING OF THE FUTURE SPECIALIST.....	43
<i>Lilia KROPYVNYTSKA, Olena STADNICHUK, Liudmyla KUCHER, Oleh SHEREMETA, Mykola PLATONOV</i> ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL STATE OF THE SURFACE WATER CONDITION OF THE OPIR RIVER.....	49
<i>Oksana MUZYCHENKO, Oksana TSOS</i> THE STRUCTURE OF THE FLORA OF THE PLANT GROUPS OF THE CITY OF LUTSK WITH THE PARTICIPATION OF <i>SOLIDAGO CANADENSIS</i> L.....	59
<i>Iryna PATSEVA, Oksana ALPATOVA, Oksana RYBAK, Elijah TSYGANENKO-DZIUBENKO, Oleksandr MEDVID</i> ROOFTOP GARDENING AS AN ADAPTION MEASURE OF THE CLIMATE CHANGES A CASE STUDY OF ZHYTOMYR.....	67
<i>Oleksiy MARKOVYCH, Larysa KOROBKO, Borys CHYZHYSHYN</i> FORMATION OF THE BASIS OF PROFESSIONAL COMPETENCE OF STUDENTS IN EDUCATIONAL INSTITUTIONS OF PROFESSIONAL EDUCATION.....	75
<i>Oleksandr SMITIUKH, Oleg MARCHUK, Anastasia PANASIUK</i> THE CHARACTERISTICS OF THE CRYSTAL STRUCTURE OF THE $\text{AG}(\text{CU})_2\text{CDHF}_3\text{S}_8$ SULFIDES.....	84

НОТАТКИ

ПРОБЛЕМИ ХІМІЇ ТА СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Випуск 3

Коректура • Ірина Миколаївна Чудеснова

Комп'ютерна верстка • Юрій Васильович Ковальчук

Формат 60x84/8. Гарнітура Times New Roman.

Папір офсет. Цифровий друк. Ум. друк. арк. 10,93. Замов. № 1122/456. Наклад 300 прим.

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»

65101, Україна, м. Одеса, вул. Інглєзі, 6/1

Телефон +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08

E-mail: mailbox@helvetica.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

ДК № 7623 від 22.06.2022 р.