



**ВІСНИК НАУКИ ТА
ОСВІТИ**
ISSN 2786-6165 (ONLINE)



№ 11(41) 2025

Видавнича група «Наукові перспективи»

Християнська академія педагогічних наук України

«Вісник науки та освіти»

№ 11(41) 2025

Київ – 2025

Publishing Group «Scientific Perspectives»

Christian Academy of Pedagogical Sciences of Ukraine

"Bulletin of Science and Education"

№ 11(41) 2025

Kyiv – 2025

**«Вісник науки та освіти (Серія «Філологія», Серія «Педагогіка», Серія «Соціологія», Серія «Культура і мистецтво», Серія «Історія та археологія»):
журнал. 2025. № 11(41) 2025. С. 4183**



Рекомендовано до видавництва Всеукраїнською Асамблеєю докторів наук з державного управління (Рішення від 01.12.2025, № 1/12-25)

Згідно наказу Міністерства освіти і науки України 10.10.2022 № 894 журналу присвоєні категорії "Б" із історії та археології (спеціальність - 032 Історія та археологія) та педагогіки (спеціальність - 011 Освітні, педагогічні науки)

Згідно наказу Міністерства освіти і науки України від 23.12.2022 № 1166 журналу присвоєна категорія Б з філології (спеціальність - 035 філологія)

Журнал видається за підтримки Інституту філософії та соціології Національної академії наук Азербайджану, Всеукраїнської асоціації педагогів і психологів з духовно-морального виховання та Всеукраїнської асамблеї докторів наук з державного управління

Журнал публікує наукові розвідки з теоретичних та прикладних аспектів філології, соціології, науки про освіту, історії, археології, а, також, культурології та мистецтвознавства з метою їх впровадження у сучасний науково-освітній простір.

Цільова аудиторія: вчені, лінгвісти, літературознавці, перекладачі, мистецтвознавці, культурознавці, педагоги, соціологи, історики, археологи, а, також, інші фахівці з різних сфер життєдіяльності суспільства, де знаходиться застосування тематики наукового журналу



Журнал включено до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus (IC), Research Bible, міжнародної пошукової системи Google Scholar



Головний редактор: Гурко Олена Василівна - доктор філологічних наук, професор, завідувач кафедри англійської мови для нефілологічних спеціальностей Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара, (Дніпро, Україна)

Редакційна колегія:

- ✦ Александрова (Верба) Оксана Олександрівна – доктор мистецтвознавства, доцент, професор кафедри теорії музики Харківського національного університету імені І. П. Котляревського, (Харків, Україна)
- ✦ Афонін Едуард Андрійович - доктор соціологічних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки України, (Київ, Україна)
- ✦ Булатов Валерій Анатолійович - старший викладач кафедри дизайну Українського гуманітарного інституту, член спілки дизайнерів України
- ✦ Вакулик Ірина Іванівна - кандидат філологічних наук, доцент, доцент кафедри журналістики та мовної комунікації Національного університету біоресурсів і природокористування України (Київ, Україна)
- ✦ Волошенко Марина Олександрівна – доктор педагогічних наук, доцент, доцент кафедри психології та соціальної роботи, Національний університет "Одеська політехніка" (Одеса, Україна)
- ✦ Вуколова Катерина Володимирівна – кандидат філологічних наук, доцент кафедри романо-германської філології та перекладу Білоцерківського національного аграрного університету (Біла Церква, Україна), доцент Дніпровського відділення центру наукових досліджень та викладання іноземних мов Національної академії наук України, Дніпро, Україна (Дніпро, Україна)
- ✦ Головна Алла Василівна - кандидат філологічних наук, доцент, доцент кафедри англійської філології і перекладу Національного авіаційного університету (Київ, Україна)
- ✦ Гончарук Віталій Володимирович – к.пед.н., старший викладач кафедри хімії та екології «Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини», (м. Умань, Україна)
- ✦ Ісайкіна Олена Дмитрівна - кандидат історичних наук, доцент, доцент кафедри історії та документознавства Національного авіаційного університету, член Спілки краєзнавців України (Київ, Україна)
- ✦ Колмикова Олена Олександрівна - кандидат філологічних наук, доцент, доцент кафедри гуманітарних дисциплін Дунайського інституту Національного університету "Одеська морська академія" (Одеса, Україна)
- ✦ Котельницький Назар Анатолійович - кандидат історичних наук, доцент кафедри права Чернігівського інституту інформації, бізнесу та права Міжнародного науково - технічного університету імені академіка Юрія Бугая, член - кореспондент Центру українських досліджень Інституту Європи РАН (Чернігів, Україна)



- Гібалова Н.В.** 1954
СТУДЕНТСЬКА НАУКОВА ПЛАТФОРМА ЯК ІНФОРМАЦІЙНЕ Е-СЕРЕДОВИЩЕ ДОСЛІДНИЦЬКОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ПОЧАТКОВИХ КЛАСІВ
- Гладюк М.М., Тулайдан Г.М., Романюк Л.А.** 1967
ПІДГОТОВКА МАЙБУТНЬОГО ВЧИТЕЛЯ ХІМІЇ ДО ФОРМУВАННЯ ДОСЛІДНИЦЬКИХ УМІНЬ УЧНІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НАВЧАННЯ
- Головач Й.І., Доровці А.Ф., Пап Г.Г.** 1984
ІНТЕРАКТИВНИЙ ВЕБ-ДОДАТОК З ІСТОРІЇ МАТЕМАТИКИ ЯК ЗАСІБ ПІДТРИМКИ НАВЧАННЯ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ МАТЕМАТИКИ ТА ІНФОРМАТИКИ
- Гонтаренко І.С., Булаєв Р.Ф.** 1997
ОСОБЛИВОСТІ УПРАВЛІННЯ ОСВІТНІМ СЕРЕДОВИЩЕМ ЗАКЛАДУ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ
- Дарманська І.М., Очеретний В.О., Кикилик А.М.** 2012
АВТОРСЬКЕ ПРАВО У СИСТЕМІ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ: АСПЕКТ ПРАВОВОЇ, ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТА МОВНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ
- Дейниченко Г.В., Дейніченко Т.І.** 2025
ПРАКТИЧНА ПІДГОТОВКА МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ: ЗАРУБІЖНИЙ ДОСВІД
- Дзюба П.М., Макогончук Н.В.** 2038
ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕРАКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ГРОМАДЯНСЬКОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНІХ ОФІЦЕРІВ-ПРИКОРДОННИКІВ
- Діброва О.В., Діброва І.М.** 2049
ФОРМУВАННЯ МОТИВАЦІЇ ДО ЗДОРОВОГО СПОСОБУ ЖИТТЯ СЕРЕД УЧНІВ ЗАКЛАДІВ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ В ПРОЦЕСІ УРОКІВ ФІЗИЧНОЇ КУЛЬТУРИ



УДК 378.147:54:37.091.3-057.4

[https://doi.org/10.52058/2786-6165-2025-11\(41\)-1967-1983](https://doi.org/10.52058/2786-6165-2025-11(41)-1967-1983)

Гладюк Микола Миколайович кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри хімії та методики її навчання, Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, вул. Максима Кривоноса, 2, м. Тернопіль, <https://orcid.org/0000-0002-1642-6079>

Тулайдан Галина Миколаївна кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри хімії та методики її навчання, Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, вул. Максима Кривоноса, 2, м. Тернопіль, <https://orcid.org/0000-0003-2306-6435>

Романюк Леонід Антонович кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри вищої математики, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, <https://orcid.org/0000-0002-2538-4026>

ПІДГОТОВКА МАЙБУТНЬОГО ВЧИТЕЛЯ ХІМІЇ ДО ФОРМУВАННЯ ДОСЛІДНИЦЬКИХ УМІНЬ УЧНІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НАВЧАННЯ

Анотація. Сучасна хімічна освіта вимагає переходу від репродуктивного засвоєння знань до діяльнісного, дослідницького типу навчання, що ґрунтується на розвитку в учнів умінь ставити запитання, формулювати гіпотези, планувати й проводити експеримент, інтерпретувати результати та здійснювати рефлексію. Разом із тим результати опитувань учителів хімії засвідчують недостатню готовність педагогів до впровадження STEM-, AR/VR- та цифрових технологій, що суттєво обмежує можливості формування дослідницької компетентності школярів. Це зумовлює потребу модернізації підготовки майбутнього вчителя хімії з акцентом на використанні інноваційних інструментів навчання. Мета статті полягає у визначенні теоретичних і методичних засад формування дослідницьких умінь учнів у процесі хімічної освіти та обґрунтуванні можливостей інноваційних технологій цифрових лабораторій, інтерактивних симуляцій, STEM-ресурсів і web-інструментів – для підвищення готовності майбутнього вчителя хімії до організації дослідницької діяльності школярів. Дослідження ґрунтується на комплексі наукових методів: аналізі психолого-педагогічних та методичних джерел; узагальненні результатів анкетування



вчителів хімії з різних регіонів України; порівняльному аналізі функціональних можливостей віртуальних лабораторій (PhET, VirtuLab, ChemCollective, Wolfram Demonstrations Project тощо); вивченні результатів педагогічних експериментів щодо впровадження STEM-, web- та хмарних технологій у навчання хімії; статистичній інтерпретації емпіричних даних.

У статті розкрито сутність і структуру дослідницьких умінь учнів, визначено їх ключову роль у компетентнісній моделі хімічної освіти. Встановлено, що лише 24,1% учителів системно застосовують STEM-підходи, а рівень обізнаності з AR-технологіями залишається критично низьким (15,8%).

Здійснений аналіз цифрових лабораторій підтвердив їх високу ефективність для моделювання хімічних процесів, формування навичок гіпотезування, аналізу та інтерпретації результатів.

Педагогічні експерименти засвідчили зростання рівня дослідницької компетентності учнів на 10–19% за окремими показниками після впровадження цифрово орієнтованих технологій, а кількість учнів з високим рівнем сформованості таких умінь збільшилася більш ніж удвічі. У підготовці майбутніх учителів інтеграція хмарних сервісів, веб-квестів і симуляцій сприяла зростанню цифрової та дослідницької компетентності у 2–3 рази. Результати дослідження можуть бути використані для модернізації освітніх програм педагогічних університетів, розроблення модулів із цифрових STEM- і AR/VR-технологій, підвищення кваліфікації вчителів хімії, створення електронних навчальних ресурсів і віртуальних лабораторій.

Ключові слова: підготовка вчителя хімії, освітнє середовище, дослідницькі вміння, критичне мислення, цифрова лабораторія.

Hladiuk Mykola Mykolaiovych Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor at the Department of Chemistry and Methods of its Teaching, Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ternopil, <https://orcid.org/0000-0002-1642-6079>

Tulaidan Halyna Mykolaivna, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor at the Department of Chemistry and Methods of its Teaching, Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ternopil, <https://orcid.org/0000-0003-2306-6435>

Romaniuk Leonid Antonovych Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor at the Department of High Mathematics, Ternopil Ivan Pului National Technical University, Ternopil, <https://orcid.org/0000-0002-2538-4026>



TRAINING OF FUTURE CHEMISTRY TEACHERS TO FORM STUDENTS' RESEARCH SKILLS USING INNOVATIVE TEACHING TECHNOLOGIES

Abstract. Modern chemistry education requires a transition from reproductive acquisition of knowledge to an active, research-based type of learning, which is based on the development of students' skills to ask questions, formulate hypotheses, plan and conduct experiments, interpret results, and reflect. At the same time, the results of surveys of chemistry teachers indicate insufficient readiness of teachers to implement STEM, AR/VR, and digital technologies, which significantly limits the possibilities of forming research competence in schoolchildren. This necessitates the modernization of the training of future chemistry teachers with an emphasis on the use of innovative teaching tools. The purpose of the article is to determine the theoretical and methodological foundations of the formation of students' research skills in the process of chemistry education and to substantiate the possibilities of innovative technologies of digital laboratories, interactive simulations, STEM resources and web tools - to increase the readiness of future chemistry teachers to organize research activities of schoolchildren. The study is based on a set of scientific methods: analysis of psychological, pedagogical and methodological sources; generalization of the results of a survey of chemistry teachers from different regions of Ukraine; comparative analysis of the functional capabilities of virtual laboratories (PhET, VirtuLab, ChemCollective, Wolfram Demonstrations Project, etc.); study of the results of pedagogical experiments on the implementation of STEM, web and cloud technologies in chemistry education; statistical interpretation of empirical data. The article reveals the essence and structure of students' research skills, identifies their key role in the competency model of chemistry education.

It was found that only 24.1% of teachers systematically apply STEM approaches, and the level of awareness of AR technologies remains critically low (15.8%). The analysis of digital laboratories confirmed their high efficiency for modeling chemical processes, developing skills in hypothesizing, analyzing and interpreting results. Pedagogical experiments have shown an increase in the level of students' research competence by 10–19% according to individual indicators after the introduction of digitally oriented technologies, and the number of students with a high level of formation of such skills has more than doubled. In the training of future teachers, the integration of cloud services, web quests and simulations contributed to the growth of digital and research competence by 2–3 times. The results of the study can be used to modernize educational programs of pedagogical universities, develop modules on digital STEM and AR/VR



technologies, improve the skills of chemistry teachers, create electronic educational resources and virtual laboratories.

Keywords: chemistry teacher training, educational environment, research skills, critical thinking, digital laboratory.

Постановка проблеми. Сучасна система загальної середньої освіти в Україні перебуває в активній фазі трансформації, що зумовлено впровадженням концепції Нової української школи, орієнтованої на розвиток компетентнісної моделі навчання та формування здатності учнів застосовувати знання у реальних ситуаціях. У цьому контексті особливої ваги набуває розвиток дослідницьких умінь учнів з хімії, оскільки хімічна освіта за своєю природою є експериментальною, передбачає висунення гіпотез, планування досліду, аналіз результатів і формування умінь робити науково обґрунтовані висновки. Проте практика засвідчує, що значна частина школярів демонструє фрагментарне розуміння наукових методів, труднощі з постановкою експерименту та недостатній рівень критичного осмислення результатів, що свідчить про нерівномірність розвитку їх дослідницької компетентності.

Водночас актуальною залишається проблема недостатньої готовності майбутніх учителів хімії до цілеспрямованого формування таких умінь у школярів. Традиційна модель підготовки здебільшого зосереджує увагу на предметознавчому компоненті та формальному відтворенні педагогічних прийомів, тоді як питання проектування дослідницько орієнтованого навчання часто розглядаються поверхово. Сучасні виклики STEM-орієнтованої освіти вимагають від учителя не лише знань хімічного експерименту, а й здатності інтегрувати цифрові лабораторії, симулятори, віртуальні моделі, мобільні додатки та інші інноваційні технології, що суттєво змінюють структуру дослідницької діяльності учня.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Наукові праці, присвячені формуванню дослідницьких умінь учнів у процесі вивчення хімії, демонструють різноманіття підходів до організації експериментальної діяльності, однак водночас засвідчують низку методичних прогалин, що зумовлюють потребу подальших досліджень у сфері підготовки майбутніх учителів. У роботі О. Гурської [1] доведено, що проектна технологія є ефективним засобом розвитку дослідницької самоактивності старшокласників: авторка встановила зростання рівня самостійності, гіпотетично-аналітичного мислення та здатності учнів до планування експерименту. Водночас О. Гурська підкреслює, що навіть за наявності позитивних результатів проектної діяльності учні часто потребують системного педагогічного супроводу щодо інтерпретації отриманих даних та



обґрунтування висновків, що актуалізує проблему недостатньої готовності вчителів до методичного підтримання таких видів діяльності. Результати дослідження О. Сергєєва [2] виявили значну різницю між декларативним розумінням STEM-підходів та їх реальним упровадженням у шкільній практиці. Автор встановив, що лише чверть учителів системно застосовують STEM-технології на уроках хімії, тоді як переважна більшість обмежується епізодичними активностями, що не створюють цілісної моделі дослідницького навчання. Особливо цінним є висновок про брак матеріально-технічного забезпечення та методичних ресурсів, які педагоги вважають ключовими бар'єрами для розвитку експериментальної діяльності. Комплексний навчальний посібник О. Анічкіної та ін. [3] узагальнює великий масив емпіричного матеріалу щодо можливостей організації хімічного експерименту в різних умовах – як шкільних, так і домашніх. Автори показали, що експериментальна діяльність учнів може бути забезпечена за допомогою доступних матеріалів і простих методичних конструкцій, що суттєво розширює можливості для формування дослідницьких умінь в умовах обмеженого обладнання. Водночас у посібнику наголошується на тому, що ефективність експерименту значною мірою залежить від рівня підготовки вчителя, зокрема його здатності керувати процесом дослідження, формулювати проблемні запитання та організовувати рефлексивний аналіз.

У дослідженні М. Сливки та ін. [4] та їхніх співавторів отримано важливі докази дієвості сучасних освітніх технологій для підвищення навчальних досягнень учнів із хімії. Автори встановили, що застосування інтерактивних методів, цифрових симуляцій, змішаного навчання та STEM-елементів забезпечує суттєве зростання рівня знань школярів, підвищення їх мотивації й формування навичок самостійного аналізу. Особливої уваги заслуговує висновок про те, що технологічно насичені підходи сприяють появі стійкого навчального інтересу, що є основою розвитку дослідницьких умінь. Цінний внесок у дослідження цифровізації підготовки педагогів здійснили Н. Шиян та ін. [5]. Автори продемонстрували, що інтеграція хмарних сервісів у підготовку майбутніх учителів хімії приводить до істотного зростання їхніх цифрових та дослідницьких компетентностей. За результатами трирічного експерименту вони засвідчили збільшення кількості студентів із високим рівнем готовності до використання цифрових ресурсів у 2–3 рази. Проблематика підготовки майбутнього вчителя до роботи з інформаційними ресурсами знайшла відображення в дослідженні В. Мірошніченка та Н. Олійник [6]. Автори встановили, що формування інформаційно-комунікаційної культури студента є ключовою передумовою розвитку його дослідницьких умінь. На основі експериментальних даних



вони показали, що участь студентів у діяльності, побудованій на веб-квестах, мультимедійних платформах та інтерактивних онлайн-інструментах, суттєво підвищує рівень їх цифрової грамотності та здатності аналізувати інформацію. Отже, наявні наукові роботи створюють важливу теоретичну основу, але залишають значний простір для подальшого дослідження підготовки майбутнього вчителя хімії до формування дослідницьких умінь учнів із застосуванням інноваційних технологій.

Метою статті є обґрунтування теоретичних засад і визначення практичних напрямів удосконалення підготовки майбутнього вчителя хімії до формування дослідницьких умінь учнів засобами інноваційних технологій навчання. Завдання статті: розкрити сутність дослідницьких умінь учнів, визначити їхню структуру, функції та значення у процесі вивчення хімії в контексті компетентнісного підходу; проаналізувати стан підготовки майбутніх учителів хімії щодо розвитку дослідницьких умінь школярів, виявити наявні суперечності, потреби модернізації педагогічної освіти; охарактеризувати інноваційні технології навчання (цифрові лабораторії, STEM-підходи, AR/VR, web-інструменти), визначити їх потенціал для організації дослідницької діяльності учнів з хімії.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідницькі вміння учнів – це не просто набір знань чи окремих дій, а цілісна система інтелектуальних і практичних компетентностей, що формуються у процесі активного пізнання. Вони передбачають здатність школярів бачити проблему, ставити запитання, висувати гіпотези, аналізувати й узагальнювати інформацію, обирати ефективні методи дослідження та реалізовувати їх на практиці. Важливим результатом стає не лише отримання нових знань, а й вміння інтерпретувати, представляти результати, захищати власні висновки та здійснювати самооцінку своєї діяльності [1]. У контексті підготовки майбутнього вчителя хімії саме розвиток таких умінь стає центральним завданням педагогічної освіти. Інноваційні технології навчання – інтерактивні методи, цифрові лабораторії, проєктні та stem-підходи – створюють нове освітнє середовище, у якому студент навчається не лише передавати знання, а й формувати в учнів дослідницьке мислення. Майбутній учитель має опанувати методику організації навчального експерименту, управління пізнавальною активністю школярів і розвиток у них критичного мислення через дослідження. Таким чином, інноваційні технології стають не лише засобом навчання, а й інструментом формування науково-дослідної культури майбутнього покоління.

Анкетування, проведене О. Сергєєвим серед учителів хімії з різних регіонів України, засвідчило, що STEM-підходи поступово стають важливою частиною сучасного навчання хімії, проте їх практична реалізація



залишається обмеженою через низку чинників [2, с. 99]. Більшість опитаних педагогів (понад 75%) використовують окремі елементи STEM-навчання, але лише 24,1% впроваджують їх системно. Найпоширенішими інструментами вчителі назвали електронні освітні ресурси (77,4%), проектно-дослідницьку діяльність (70,7%), практико-орієнтовані завдання (52,6%) та інтегровані уроки (50,4%). Водночас, лише 17,3% закладів мають обладнані STEM-лабораторії, що істотно обмежує можливості для розвитку експериментальної діяльності учнів. Найбільшими бар'єрами для впровадження STEM-технологій учителі вважають нестачу матеріально-технічної бази (90,2%), відсутність методичних матеріалів (65,4%), а також недостатню підготовку педагогів (31,6%) і низьку мотивацію учнів (42,9%). Попри це, 62,4% респондентів переконані, що STEM-освіта підвищує рівень навчальних досягнень учнів із хімії, а 34,6% відзначають частковий позитивний ефект. Дослідження також показало низький рівень обізнаності з технологіями доповненої реальності (AR): лише 15,8% учителів їх використовують, тоді як майже 40% лише чули про них і прагнуть дізнатись більше. Отримані дані свідчать про необхідність удосконалення підготовки майбутніх учителів хімії через включення до освітніх програм інноваційних модулів з цифрових STEM- і AR-технологій, формування навичок організації проектно-дослідницької діяльності, а також розвиток компетентності у використанні віртуальних лабораторій та інтерактивних симуляцій.

Одним із ефективних інноваційних інструментів, що сприяють розвитку дослідницьких умінь учнів у хімії, є інтерактивні симуляції PhET, створені Університетом Колорадо (Боулдер, США). Цей ресурс пропонує вчителям і здобувачам освіти широкий спектр віртуальних експериментів, які дозволяють відтворювати складні хімічні процеси у зручному, наочному й безпечному форматі. Для майбутнього вчителя хімії використання PhET-симуляцій – це не просто додатковий навчальний інструмент, а методичний ресурс, що змінює підхід до викладання. Завдяки цим технологіям учні мають змогу «побачити» невидимі молекулярні процеси – структуру атомів, утворення іонів, перебіг реакцій або зміну кислотності розчинів. Це відкриває нові можливості для розвитку дослідницького мислення: спостерігати, аналізувати, формувати гіпотези й робити висновки на основі цифрового експерименту.

Під час роботи, наприклад, із симулятором «рН-шкала», учні проходять усі етапи реального експерименту – від формулювання мети й планування дій до аналізу отриманих даних. Вони можуть вимірювати рівень рН, змінювати концентрацію речовин, вносити реагенти та досліджувати взаємозв'язки між будовою молекул і їхніми властивостями [7, с. 394]. Таким чином, навіть без спеціалізованого лабораторного

обладнання школярі отримують дослідницький досвід, що стимулює пізнавальну активність і розвиває навички наукового мислення.

Віртуальні лабораторії природничого напрямку, зокрема PhET, VirtuLab, Wolfram Demonstrations Project, Chemical Education Research та IrYdium Chemistry Lab (ChemCollective), посідають провідне місце серед сучасних освітніх ресурсів, які сприяють інтеграції цифрових технологій у підготовку майбутніх учителів хімії (детальніше характеристики вище зазначених віртуальних лабораторій розглянуто у табл.1). Їхньою спільною рисою є відкритий і безкоштовний доступ, що суттєво розширює можливості навчального процесу навіть у тих закладах, де відсутнє спеціалізоване лабораторне обладнання або сучасна матеріально-технічна база.

Такі платформи дають змогу студентам та учням вільно проводити віртуальні експерименти, не ризикуючи безпекою, та спостерігати явища на мікрорівні, які неможливо побачити у звичайній лабораторії [7; 8; 9].

Для підготовки майбутнього вчителя хімії такі інструменти мають подвійну педагогічну цінність: по-перше, вони формують у студента дослідницькі навички, критичне мислення та цифрову грамотність; по-друге, демонструють ефективні способи залучення школярів до дослідницької діяльності через ігрові, інтерактивні та STEM-орієнтовані формати.

Таблиця 1

Віртуальні лабораторії для вивчення хімії та їх роль у формуванні дослідницьких умінь

Віртуальна лабораторія (розробник, країна)	Основне призначення	Можливості для дослідницької діяльності учнів	Умови використання	Значення для підготовки майбутнього вчителя хімії
PhET Interactive Simulations (Університет Колорадо, США)	Візуалізація хімічних процесів, будови атомів і молекул	Моделювання реакцій, робота з рН, дослідження теплових ефектів	Безкоштовний онлайн-доступ, українська локалізація	Розвиває вміння аналізувати, інтерпретувати результати, будувати гіпотези
VirtuLab (VirtuLab.net, ЄС)	Комплексна система для природничих наук	Моделювання структури речовини, проведення віртуальних вимірювань	Відкритий доступ через браузер	Формує навички планування експерименту та оцінки його результатів



Віртуальна лабораторія (розробник, країна)	Основне призначення	Можливості для дослідницької діяльності учнів	Умови використання	Значення для підготовки майбутнього вчителя хімії
Wolfram Demonstrations Project (Wolfram Research, США)	Математичне моделювання хімічних і фізичних процесів	Візуалізація термодинамічних закономірностей, хімічної рівноваги	Необхідна установка Wolfram CDF Player	Розвиває міждисциплінарне мислення, поєднання математики й хімії
ChemCollective / IrYdium Chemistry Lab (Ун. Карнегі-Меллон, США)	Віртуальна лабораторія для тренування експериментальних навичок	Проведення якісних та кількісних аналізів, створення власних дослідів	Онлайн-доступ, безкоштовно	Сприяє розвитку критичного мислення, самостійного наукового пошуку
Chemical Education Research (Iowa State University, США)	Методична підтримка викладання хімії	Доступ до інтерактивних матеріалів і навчальних курсів	Відкритий освітній ресурс	Є джерелом методичних ідей для педагогічної практики
Go-Lab (Європейський освітній консорціум)	Онлайн-платформа для інтегрованих лабораторних занять	Створення експериментів, спільна робота учнів у віртуальному середовищі	Безкоштовно, інтеграція з Google Workspace	Розвиває цифрову співпрацю та дослідницьку компетентність
Labster (Данія)	3D-віртуальні лабораторії для природничих дисциплін	Повноцінне моделювання хімічних експериментів у VR	Платна, через університетські ліцензії	Забезпечує безпечне моделювання складних процесів без ризику
MEL Chemistry VR (MEL Science, Велика Британія)	Використання VR / AR для навчання хімії	Занурення у віртуальне середовище, спостереження хімічних реакцій	Платна підписка, VR-окуляри	Підвищує мотивацію до вивчення хімії, формує просторове мислення
ChemReaX (Американська хімічна асоціація, США)	Онлайн-симуляції хімічних реакцій	Вивчення кінетики, термодинаміки, рівноваги реакцій	Безкоштовний браузерний доступ	Розвиває аналітичні навички, прогнозування результатів
OLabs (Міністерство освіти, Індія)	Віртуальні лабораторії для STEM-освіти	Проведення безпечних базових експериментів	Безкоштовно, низькі технічні вимоги	Оптимальне рішення для шкіл з обмеженою матеріальною базою

Джерело: створено на основі [7; 8; 9].



Модель «Інтелект України» демонструє ефективний приклад інтеграції STEM-підходів у навчання хімії, що формує основу для професійної готовності педагогів і підвищення дослідницької компетентності учнів. Проект розпочав свою реалізацію у 2008 році, та став одним із ключових напрямів модернізації вітчизняної освіти. Його головна мета – створення сучасного освітнього середовища, де учні навчаються за інноваційною програмою, що інтегрує елементи STEM-освіти, розвиваючи дослідницьке мислення, творчість і практичні навички. Проведений у закладах освіти Закарпатської області педагогічний експеримент (Ужгородський ліцей «Лідер», приватний ліцей «ТеоБенд», ЗЗСО № 8 м. Виноградів) довів ефективність застосування інноваційних підходів та STEM-освіти в навчанні хімії. Учні, які працювали за програмою науково-освітнього проекту «Інтелект України», показали коефіцієнт якості знань 80–90%, що на 8–10% вище, ніж у класах із традиційною програмою. Ступінь навченості також перевищував показники контрольних груп на 15–20%, а кількість відмінників була в середньому у 1,5–2 рази більшою. Особливістю «інтелект-класів» є поєднання класичних і цифрових методів, зокрема аудіовізуальних засобів, інтерактивних вправ, ігрових форм і дослідницьких завдань. Такий підхід стимулює активну пізнавальну діяльність, розвиток аналітичного мислення й формування дослідницьких умінь, що підтверджено результатами тематичних зрізів. Під час перехресного моніторингу учні, які навчалися за програмою «Інтелект України», показали збереження до 52% рівня знань після зміни формату завдань, тоді як у традиційних класах цей показник знизився до 34% [4]. Отримані результати свідчать, що використання інноваційних освітніх технологій у підготовці майбутнього вчителя хімії забезпечує вищий рівень засвоєння матеріалу, глибше розуміння наукових понять і підвищення стійкості до навчального стресу. Модель «Інтелект України» демонструє ефективний приклад інтеграції STEM-підходів у навчання хімії, що формує основу для професійної готовності педагогів і підвищення дослідницької компетентності учнів.

Цифровізація дослідницької діяльності у підготовці майбутнього вчителя хімії відкриває якісно новий рівень організації навчального процесу, де поєднуються науковість, технологічність і практична спрямованість. Інтеграція сучасних інформаційно-комунікаційних технологій – таких як Google Classroom, Padlet, Trello, Symbaloo, Google Академія, Google Form, Gmail, Google Диск і Google Календар – забезпечила створення цілісного цифрового освітньо-дослідницького середовища, у якому учні не лише засвоюють знання, а й стають активними учасниками наукового пошуку. Завдяки цим інструментам навчання хімії набуло більшої



інтерактивності: віртуальні лабораторії дозволяють проводити експерименти у безпечному цифровому форматі, хмарні сервіси – здійснювати миттєвий обмін даними, а онлайн-дошки – організовувати спільну роботу над дослідницькими проектами [10, с. 161]. Важливо, що цифровізація сприяла не лише підвищенню якості знань, а й розвитку ключових компетентностей – самостійності, креативності, аналітичного мислення, відповідальності та наукової допитливості.

Результати педагогічного експерименту, проведеного серед 124 учнів (61 – в експериментальній групі, 63 – у контрольній), підтвердили ефективність впровадженої цифрово орієнтованої технології. Початковий рівень підготовки обох груп був майже однаковим, однак після впровадження інноваційної методики в експериментальній групі відбулося істотне зростання всіх показників дослідницької компетентності. Рівень стійкого інтересу до дослідницької діяльності підвищився на 10,65%, прагнення до самовдосконалення – на 12,99%, розуміння структури дослідження – на 18,98%, оволодіння дослідницькими методами – на 16,67%, самостійність і креативність – на 13,46%, а рівень рефлексії та усвідомлення відповідальності – на 13,6%. Перевірка статистичної достовірності методом Монте-Карло засвідчила 91,02% точності отриманих результатів, що підтверджує надійність експерименту. Загалом кількість учнів із високим рівнем сформованості дослідницької компетентності зросла більш ніж удвічі, тоді як частка з низьким рівнем зменшилася на 30–35% [10, с. 162]. Цифровізація хімічної освіти стає не просто інструментом, а стратегічним напрямом розвитку педагогічної майстерності майбутнього вчителя. Вона трансформує процес навчання з репродуктивного у дослідницько-інтерактивний, сприяючи формуванню нового типу педагога – науковця, фасилітатора, куратора експериментів, здатного поєднувати класичну наукову традицію з можливостями сучасних технологій.

У сучасній підготовці майбутнього вчителя хімії особливої ваги набуває розуміння дослідницького характеру навчання як основи компетентнісного підходу. Вивчення хімії вже не зводиться лише до засвоєння фактів чи формул – воно спрямоване на розвиток здатності мислити науково, аналізувати, ставити запитання й шукати відповіді через дослід. У цьому контексті методологічна функція історичного матеріалу набуває великого значення: він дозволяє простежити генезис наукових ідей, зрозуміти, як виникали нові знання, які суперечності, потреби практики чи соціальні чинники спонукали вчених до відкриттів. Знайомлячи студентів із логікою наукового пошуку – від гіпотези до підтвердження чи спростування – майбутній учитель вчиться передавати учням не лише знання, а й дослідницький спосіб мислення [11, с. 80]. Сучасна педагогічна освіта



дедалі більше орієнтується на створення навчально-методичних і ситуаційно-методичних задач, які моделюють реальні умови діяльності вчителя, сприяють розвитку аналітичного мислення, вмінню приймати рішення й застосовувати інноваційні технології в навчанні. Такі задачі виступають містком між теорією та практикою, даючи змогу здобувачам освіти не лише засвоювати хімічні знання, а й тренувати педагогічні, організаційні та комунікативні навички [12, с. 153]. Саме через інноваційні технології, хмарні сервіси, візуалізацію історії науки, інтерактивні моделі та цифрові симуляції можна зробити цей процес навчання живим, динамічним і натхненним, що формує у школярів справжню мотивацію до пізнання хімії як науки дослідження, відкриттів і творчого пошуку.

Проведене у 2016–2019 рр. експериментальне дослідження підготовки майбутніх учителів хімії до застосування хмарних технологій у професійній діяльності засвідчило значний приріст їхніх цифрових і дослідницьких компетентностей. Якщо на констатувальному етапі лише 9,13% студентів мали високу мотивацію до використання хмарних сервісів, а лише 2,78% володіли ґрунтовними знаннями про них, то після впровадження поетапної методики (мотиваційно-організаційного, когнітивно-діяльнісного та рефлексійного етапів) ці показники зросли у кілька разів. Участь 147 студентів (75 – експериментальна група, 72 – контрольна) дозволила довести ефективність моделі, побудованої на інтеграції Google Classroom, Padlet, Trello, Canva, Symbaloo, LearningApps та інших сервісів для створення віртуальних лабораторій, онлайн-квестів і е-портфоліо. В експериментальній групі кількість студентів із високим рівнем готовності до використання хмарних технологій зросла більш ніж утричі, а з низьким рівнем – скоротилася удвічі. Статистичний аналіз за критерієм χ^2 -Пірсона при $p=0,01$ підтвердив достовірність результатів, що свідчить: інтеграція хмарних технологій у підготовку майбутніх учителів хімії є ефективним засобом формування їхньої здатності організовувати дослідницьку діяльність учнів із використанням інноваційних цифрових інструментів [5].

У сучасній системі підготовки майбутніх учителів хімії ключовим чинником розвитку їхньої професійної компетентності стає формування інформаційно-комунікаційної культури як складової дослідницьких і педагогічних умінь. На констатувальному етапі досліджень установлено, що понад 80% студентів володіють лише базовими навичками роботи з інформаційними ресурсами, тоді як лише близько 10% демонструють високий рівень ІКТ-компетентності. Тому у педагогічній підготовці особливу роль починають відігравати web-технології, які поєднують традиційне навчання з цифровими інструментами, створюючи інтерактивний освітній простір. Вони забезпечують умови для самостійного пошуку,



критичного аналізу та творчої інтерпретації інформації, що безпосередньо сприяє формуванню дослідницьких умінь майбутніх учителів хімії. Застосування веб-квестів, мультимедійних платформ (Google Classroom, Canva, Trello, Padlet) та мобільних додатків, як-от Li Co STEM, підвищує рівень пізнавальної активності студентів, формує навички командної роботи, рефлексії та цифрової грамотності. Під час таких занять учителі моделюють реальні педагогічні ситуації, навчаються створювати власні цифрові ресурси, проводити віртуальні експерименти й організовувати хімічні дослідження в умовах обмеженого доступу до лабораторій – зокрема, у воєнний час. Результати педагогічних експериментів показують, що інтеграція web-технологій підвищує ефективність навчання: частка студентів, які активно використовують цифрові інструменти у професійній діяльності, зросла майже вдвічі, а рівень їхньої мотивації до дослідницької діяльності – більш ніж на 20% [6]. Таким чином, використання web-технологій і мобільного навчання не лише оновлює методику викладання хімії, а й стає ключовим засобом підготовки вчителя-дослідника, здатного формувати в учнів критичне мислення, інтерес до експерименту та вміння застосовувати наукові знання у практичних ситуаціях.

Висновки. Проведене дослідження дозволило розкрити специфіку формування дослідницьких умінь учнів з хімії та обґрунтувати важливість підготовки майбутнього вчителя до організації дослідницької діяльності із застосуванням інноваційних технологій навчання. Аналіз сутності дослідницьких умінь показав, що вони являють собою цілісну систему інтелектуальних і практичних компетентностей, що охоплюють уміння бачити проблему, формулювати запитання, висувати гіпотези, добирати методи дослідження, інтерпретувати результати та здійснювати їх рефлексію. У компетентнісному освітньому середовищі такі уміння виступають необхідною умовою формування наукового мислення учнів і забезпечують перехід від репродуктивного засвоєння знань до діяльнісного, дослідницько орієнтованого навчання. Аналіз стану підготовки майбутніх учителів хімії засвідчив наявність істотних суперечностей між сучасними вимогами компетентнісної освіти та реальним рівнем сформованості педагогічних умінь студентів у сфері організації дослідницької діяльності школярів. Емпіричні дані анкетувань указують на низьку забезпеченість STEM-лабораторіями, недостатню методичну підготовку та обмежене використання учителями цифрових ресурсів, зокрема AR-технологій. Це підтверджує потребу модернізації змісту педагогічної освіти, зокрема включення модулів із цифрових STEM-орієнтованих технологій, засвоєння методики роботи з віртуальними лабораторіями та впровадження навчальних ситуацій, що відтворюють реальні умови організації експерименту.

Охарактеризовані в дослідженні інноваційні технології навчання – цифрові лабораторії (PhET, VirtuLab, ChemCollective), симулятори хімічних процесів, AR/VR-середовища, хмарні та web-інструменти – продемонстрували значний потенціал для розвитку дослідницької активності учнів і формування готовності майбутніх учителів хімії до дослідницько орієнтованого навчання. Педагогічні експерименти підтвердили, що інтеграція таких ресурсів сприяє істотному зростанню показників дослідницької компетентності: розвитку інтересу до досліджень, уміння планувати експеримент, аналізувати результати, працювати самостійно та здійснювати рефлексію. Отримані результати також засвідчують важливість створення цифрово орієнтованого освітнього середовища, у якому майбутній учитель виконує роль фасилітатора наукового пошуку й куратора експериментальної діяльності.

Загалом дослідження підтверджує, що цифровізація хімічної освіти та використання STEM-, web- і AR/VR-технологій є стратегічним напрямом підвищення якості професійної підготовки майбутніх учителів хімії. Інноваційні технології не лише розширюють можливості для моделювання складних хімічних процесів і забезпечують доступність експерименту, але й формують фундаментальні дослідницькі навички, критичне мислення та здатність учителя організовувати науково-пізнавальну діяльність учнів у різних освітніх умовах. Саме інтеграція традиційних і цифрових форм експериментування створює сучасну модель педагогічної підготовки, орієнтовану на формування вчителя-дослідника, здатного забезпечити високий рівень наукової культури та дослідницької компетентності учнів.

Література:

1. Гурська О. В. Формування дослідницьких умінь старшокласників засобами проектної технології навчання хімії. *Педагогічна Академія: наукові записки*. 2025. № 16. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.15211569>
2. Сергєєв О. Оцінка практичного стану впровадження stem-технологій на уроках хімії в закладах загальної середньої освіти. *Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського. Серія: Теорія та методика навчання природничих наук*. 2024. Вип. 6. С. 96-102. DOI: <https://doi.org/10.31652/2786-5754-2024-6-96-102>
3. Анічкіна О., Авдєєва О., Євдоченко О., Камінський О., Писаренко С., Чумак В. Хімічний експеримент у школі та вдома: навчальний посібник. Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2024. 386 с. URI: <https://eprints.zu.edu.ua/39718/1/%D0%A0%D1%83%D0%BA%D0%BE%D0%BF%D0%B8%D1%81.pdf>
4. Сливка М.В., Лабатій Т.В., Бестріцька В.О., Король Н.І., Цанько М.Ю., Стерчо І.П., Мільович С.С., Кривов'яз А.О., Онисько М.Ю., Ефективність освітніх технологій навчання хімії в сучасній українській школі. *Наук. вісник Ужгород. ун-ту (Сер. Хімія)*. 2024, Вип. 1 (51). DOI: <https://doi.org/10.24144/2414-0260.2024.1.64-69>



5. Шиян Н. І., Криворучко А. В., Стрижак С. В. Підготовка майбутніх учителів хімії до застосування хмарних сервісів у професійній діяльності. Науковий вісник Ужгородського університету: збірник наукових праць; серія: Педагогіка. Соціальна робота. 2021. Вип. 1 (48). С. 450-454. URI: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/37993>

6. Мірошніченко В.І., Олійник Н.Т. Формування інформаційно-комунікаційної культури майбутніх учителів хімії засобами web-технологій у професійній діяльності. Інноваційна педагогіка. 2024. Вип. 67. Том 2. С. 24 – 28. DOI: <https://doi.org/10.32782/2663-6085/2023/67.2.4>

7. Старченко В. С., Макєєв С. Ю. Організація дослідницької діяльності на уроках хімії за допомогою інтерактивного симулятора PhET. *Природничі науки та освіта: сучасний стан і перспективи розвитку : IV Міжнар. наук.-практ. конф., м. Харків, 7–8 листоп, 2024 р.: зб. наук. пр. / Харків. нац. пед. ун-т ім. Г. С. Сковороди; редкол.: Ю. Д. Бойчук та ін. Харків, 2024. С. 394–396.* URI: <https://dspace.hnpu.edu.ua/handle/123456789/17504>

8. Бохан Ю.В., Форостовська Т. О. Віртуальний лабораторний практикум як засіб вивчення природничих дисциплін. *Наукові записки. Серія: педагогічні науки.* 2021. Вип. 194. С. 74 – 78. DOI: <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2021-1-194-74-78>

9. Войтович І., Войтович О., Мартинюк Г. Використання віртуальних лабораторій в процесі вивчення хімічних дисциплін. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: педагогіка.* 2021. Вип. 1(1). С. 32–41. DOI: <https://doi.org/10.25128/2415-3605.21.1.4>

10. Стрижак Д.О., Шиян Н.І., Стрижак С.В., Криворучко А.В. Формування дослідницької компетентності учнів при вивченні хімії. *Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського. Серія: Теорія та методика навчання природничих наук.* 2023. Вип. 4. С. 154 – 164. DOI: <https://doi.org/10.31652/2786-5754-2023-4-154-164>

11. Величко Л. Історія і сучасність у змісті навчання хімії в контексті воєнного стану. *Український Педагогічний журнал.* 2023. Вип. 2. С. 73–83. DOI: <https://doi.org/10.32405/2411-1317-2023-2-73-83>

12. Совгіра С. В., Браславська О. В. Підготовка майбутнього вчителя хімії до розв'язування ситуаційно-методичних задач. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми.* 2023. Вип. 67. С. 150 – 159. DOI: <https://doi.org/10.31652/2412-1142-2023-67-150-159>

References

1. Hurska, O. V. (2025). Formuvannia doslidnytskykh umin starshoklasnykiv zasobamy proektnoi tekhnolohii navchannia khimii [Formation of research skills of high school students by means of project technology in chemistry teaching]. *Pedahohichna Akademiia: naukovy zapysky*, (16). DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.15211569> [in Ukrainian].

2. Serhieiev, O. (2024). Otsinka praktychnoho stanu vprovadzhennia STEM-tekhnolohii na urokakh khimii v zakladakh zahalnoi serednoi osvity [Assessment of the practical state of STEM-technology implementation in chemistry lessons in general secondary education institutions]. *Naukovy zapysky Vinnytskoho derzhavnoho pedahohichnoho universytetu imeni Mykhaila Kotsiubynskoho. Serii: Teorii ta metodyka navchannia pryrodnychkh nauk*, (6), 96-102. DOI: <https://doi.org/10.31652/2786-5754-2024-6-96-102> [Ukr]

3. Anichkina, O., Avdieieva, O., Yevdochenko, O., Kaminskyi, O., Pysarenko, S., & Chumak, V. (2024). *Khimichniy eksperyment u shkoli ta vdoma: navchalnyi posibnyk* [Chemical experiment at school and at home: A textbook]. Zhytomyr: Vyd-vo ZhDU im. I. Franka, 386 p. URI: <https://eprints.zu.edu.ua/39718/1/%D0%A0%D1%83%D0%BA%D0%BE%D0%BF%D0%B8%D1%81.pdf> (accessed: 26.07.2025) [in Ukrainian].

4. Slyvka, M. V., Labatii, T. V., Bestritska, V. O., Korol, N. I., Tsanko, M. Yu., Stercho, I. P., Milovych, S. S., Kryvoviaz, A. O., & Onysko, M. Yu. (2024). Efektyvnist osvitnikh tekhnolohii navchannia khimii v suchasni ukrainiskii shkoli [Effectiveness of educational technologies in chemistry teaching in the modern Ukrainian school]. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu (Seriia Khimiia)*, 1(51). DOI: <https://doi.org/10.24144/2414-0260.2024.1.64-69> [in Ukrainian].

5. Shyian, N. I., Kryvoruchko, A. V., & Stryzhak, S. V. (2021). Pidhotovka maibutnikh uchytelev khimii do zastosuvannia khmarnykh servisiv u profesiinoy diialnosti [Preparing future chemistry teachers to use cloud services in professional activity]. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu: Pedahohika. Sotsialna robota*, 1(48), 450–454. URI: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/37993> [in Ukrainian].

6. Miroshnichenko, V. I., & Oliinyk, N. T. (2024). Formuvannia informatsiino-komunikatsiinoi kultury maibutnikh uchytelev khimii zasobamy web-tekhnolohii u profesiinii diialnosti [Formation of information and communication culture of future chemistry teachers by means of web-technologies]. *Innovatsiina pedahohika*, 67(2), 24–28. DOI: <https://doi.org/10.32782/2663-6085/2023/67.2.4> (accessed: 26.07.2025) [in Ukrainian].

7. Starchenko, V. S., & Makieiev, S. Yu. (2024). Orhanizatsiia doslidnytskoi diialnosti na urokakh khimii za dopomohoiu interaktyvnoho symuliatora PhET [Organization of research activities in chemistry lessons using the interactive PhET simulator]. In: *Pryrodnychi nauky ta osvita: suchasnyi stan i perspektyvy rozvytku*. Proc. 4th Int. Conf., Kharkiv, 7–8 November 2024. Kharkiv: H. S. Skovoroda National Pedagogical University, pp. 394–396. URI: <https://dspace.hnpu.edu.ua/handle/123456789/17504> [in Ukrainian].

8. Bokhan, Yu. V., & Forostovska, T. O. (2021). Virtualnyi laboratornyi praktykum yak zasib vyvchennia pryrodnychyykh dystsyplin [Virtual laboratory practicum as a tool for teaching natural sciences]. *Naukovi zapysky. Seriia: Pedahohichni nauky*, (194), 74–78. DOI: <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2021-1-194-74-78> [in Ukrainian].

9. Voitovych, I., Voitovych, O., & Martyniuk, H. (2021). Vykorystannia virtualnykh laboratorii v protsesi vyvchennia khimichnykh dystsyplin [Use of virtual laboratories in the study of chemical disciplines]. *Naukovi zapysky Ternopilskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu. Seriia: Pedahohika*, 1(1), 32–41. DOI: <https://doi.org/10.25128/2415-3605.21.1.4> [in Ukrainian].

10. Stryzhak, D. O., Shyian, N. I., Stryzhak, S. V., & Kryvoruchko, A. V. (2023). Formuvannia doslidnytskoi kompetentnosti uchniv pry vyvchenni khimii [Formation of research competence of students in chemistry learning]. *Naukovi zapysky Vinnytskoho derzhavnoho pedahohichnoho universytetu imeni Mykhaila Kotsiubynskoho. Seriia: Teoriia ta metodyka navchannia pryrodnychyykh nauk*, (4), 154–164. DOI: <https://doi.org/10.31652/2786-5754-2023-4-154-164> [in Ukrainian].

11. Velychko, L. (2023). Istoriia i suchasnist u zmisti navchannia khimii v konteksti voiennoho stanu [History and modernity in the content of chemistry education in wartime]. *Ukrainskyi Pedahohichnyi zhurnal*, (2), 73–83. DOI: <https://doi.org/10.32405/2411-1317-2023-2-73-83> [in Ukrainian].



12. Sovhira, S. V., & Braslavska, O. V. (2023). Pidhotovka maibutnoho vchytelia khimii do rozviazuvannia sytuatsiino-metodychnykh zadach [Preparing future chemistry teachers to solve situational-methodical tasks]. *Suchasni informatsiini tekhnolohii ta innovatsiini metodyky navchannia v pidhotovtsi fakhivtsiv: metodolohiia, teoriia, dosvid, problemy*, (67), 150–159. DOI: <https://doi.org/10.31652/2412-1142-2023-67-150-159> [in Ukrainian].