



## СЕКЦІЯ 5. СУЧАСНІ ПЕДАГОГІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 378.091.313:54]:37.091.33-027.22  
DOI <https://doi.org/10.32999/ksu2413-1865/2024-105-10>

**ХІМІЧНА ЕКСПЛОРАЦІЯ: ОПТИМІЗАЦІЯ НАВЧАННЯ ХІМІЇ  
ЧЕРЕЗ ІНТЕГРАЦІЮ STEM-ПІДХОДІВ**

Ямборак Раїса Семенівна,  
кандидат географічних наук,  
доцент, доцент кафедри хімії

*Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»*

[raisa.yamborak@gmail.com](mailto:raisa.yamborak@gmail.com)  
[orcid.org/0000-0003-1865-9308](https://orcid.org/0000-0003-1865-9308)

У статті розглянуто важливий аспект удосконалення процесу навчання хімії через інтеграцію STEM-підходів. Мета даного наукового дослідження спрямована на поліпшення якості вивчення хімії шляхом інтеграції STEM-підходів та визначення оптимальних стратегій для підвищення ефективності методи досліджень освітнього процесу. Ураховано ключові проблеми у сучасних методиках викладання хімії та, відповідно, висвітлено перехід у методології викладання хімії з використанням інноваційного підходу з поєднанням принципів науки, технології, інженерії та математики (STEM). Основний акцент поставлено на активне використання STEM-підходів, фокусуючись на концепції «хімічна експлорація». Дослідження виконано з метою оптимізації навчання для збагачення хімічної освіти. Для більш повного та глибшого розуміння ефективності STEM-підходів застосовано такі методи: аналіз літературних джерел, емпіричні дослідження, опитування та анкетування, спостереження, групові обговорення, статистичний аналіз. Розроблено інструментарій для оцінювання впровадження STEM-підходів у процесі вивчення хімічних дисциплін. Розглянуто STEM-підходи як інноваційна позитивна динаміка навчання. Обговорено застосування конкретних STEM-інструментів для підтримки STEM-підходів у хімічному навчанні. Висвітлено важливість інтеграції STEM-підходів для поліпшення навчання хімії. Запропоновано методологію хімічної експлорації. Термін «хімічна експлорація» у нашому дослідженні відіграє ключову роль як дослідження хімії з використанням інноваційних методів та STEM-підходів. Для моделювання хімічних процесів та експериментів на комп'ютері запропоновано до використання технологію симуляції. Наведено приклади симуляційних моделей, які використовуються у навчальному процесі. Для активного навчання запропоновано до використання такі педагогічні стратегії, як кейс-методи. Аргументовано переваги інтеграції STEM-підходів для поліпшення розуміння матеріалу та розвитку критичного мислення студентів. Використано методіку «експертної оцінки» з паралельним використанням прийому «3, 2, 1» у формі STEM-хакатону. Участь у новаторському навчальному процесі дала змогу студентам збагатити свій досвід, розвивати практичні навички та застосовувати теоретичні знання на практиці. Загалом робота підкреслює необхідність удосконалення підходів до викладання хімії, щоб підготувати студентів до викликів сучасного світу і ринку праці.

**Ключові слова:** *STEM-інструменти, моделювання, інтерактивні методи, хімічна симуляція, кейс-методи, інноваційний підхід, навчальний процес, STEM-хакатон, інтердисциплінарний підхід, розвиток критичного мислення, навчання хімії.*

**CHEMICAL EXPLORATION:  
OPTIMIZATION OF CHEMISTRY EDUCATION THROUGH STEM INTEGRATION**

Yamborak Raisa Semenivna,  
Candidate of Geographic Sciences,  
Associate Professor,  
Department of Chemistry Institution of Higher  
*Education «Podil State University»*  
[raisa.yamborak@gmail.com](mailto:raisa.yamborak@gmail.com)  
[orcid.org/0000-0003-1865-9308](https://orcid.org/0000-0003-1865-9308)

The article examines an essential aspect of enhancing the chemistry learning process through the integration of STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) approaches. The aim of this scientific research is to improve the quality of chemistry education by integrating STEM approaches and identifying optimal



strategies to enhance the efficiency of educational methods. Key issues in contemporary chemistry teaching methods are considered, highlighting the transition to a teaching methodology using an innovative approach that combines principles of science, technology, engineering, and mathematics (STEM). The primary focus is placed on the active utilization of STEM approaches, with a specific emphasis on the concept of chemical exploration. The research is conducted with the goal of optimizing teaching methods to enrich chemical education. To achieve a more comprehensive and in-depth understanding of the effectiveness of STEM approaches, the following methods are applied: literature analysis, empirical research, surveys and questionnaires, observations, group discussions, and statistical analysis. Tools for evaluating the implementation of STEM approaches in the study of chemical disciplines are developed. STEM approaches are discussed as an innovative positive trend in education. The application of specific STEM tools to support STEM approaches in chemical education is considered. The importance of integrating STEM approaches to enhance chemistry education is highlighted. A methodology for chemical exploration is proposed, where «chemical exploration» plays a key role in our study as the exploration of chemistry using innovative methods and STEM approaches. To simulate chemical processes and experiments on a computer, simulation technology is proposed for use. Examples of simulation models used in the educational process are provided. For active learning, pedagogical strategies such as case methods are suggested. The benefits of integrating STEM approaches to improve students' understanding of the material and the development of critical thinking skills are argued. The «expert assessment» methodology is employed, parallel with the use of the «3,2,1» approach in the form of a STEM hackathon. Participation in an innovative educational process has allowed students to enrich their experience, develop practical skills, and apply theoretical knowledge in practice. Overall, the work emphasizes the need to improve approaches to teaching chemistry to prepare students for the challenges of the modern world and job market.

**Key words:** *STEM tools, modeling, interactive methods, chemical simulation, case methods, innovative approach, educational process, STEM hackathon, interdisciplinary approach, critical thinking development, chemistry education.*

**Вступ.** Інтеграція STEM-підходів у хімічну освіту не лише відповідає потребам теперішнього освітнього простору, а й вирішує ключові завдання для підготовки студентів до сучасних викликів науково-технічного прогресу, оскільки нестача інтерактивних методів у вивченні хімії призводить, насамперед, до втрати інтересу студентів до цієї науки.

Наукова новизна дослідження полягає у використанні інноваційних методів та підходів у навчанні. Основними визначальними аспектами даної теми є: інтеграція STEM-підходів, інтердисциплінарний підхід, перехід до активного навчання, розвиток критичного мислення, орієнтація на сучасні технології. Дана новаторська ідея сприяє більш ефективному розвитку студентів у сучасному STEM-середовищі.

**1. Теоретичне обґрунтування проблеми.** В умовах стрімкого розвитку IT-галузі, робототехніки, нанотехнологій відбувається закономірна зміна освітньої парадигми від «навчання для життя» до «навчання протягом усього життя». Фокусуючись на концепції «хімічна експлорація», триває пошук нових підходів до організації навчального процесу, спрямований на розвиток здібностей здобувачів вищої освіти, формування у них навичок самостійного наукового пізнання та самореалізації особистості. Вирішення цього завдання неможливе лише шляхом передачі знань у готовому вигляді від викладача до студента, слухача. Змінюється сам підхід до процесу навчання, відбувається його переорієнтація на впровадження новітніх методик. Таким

вимогам відповідає методика STEM-підходів до вивчення хімічних дисциплін. Метою досліджень є оптимізація навчання хімії за допомогою STEM-підходів через упровадження концепції «хімічна експлорація».

**2. Методологія та методи.** Дослідження має на меті вдосконалення навчання хімії шляхом інтеграції STEM-підходів з акцентом на ефективність, зрозумілість, поєднання хімії з інженерією, математикою, для покращення глибини та комплексності знань студентів.

Завданнями досліджень є розроблення інструментаріїв для оцінювання впровадження STEM-підходів у процесі вивчення хімічних дисциплін.

Об'єктом дослідження є сам процес навчання, його структура як інтегрований навчальний процес, що поєднує хімію з іншими науками природничого профілю.

Предметом досліджень є спрямованість на конкретні аспекти впровадження STEM-підходів із результатами традиційного навчання та оцінку їхнього впливу на якість та результативність навчання.

Основні результати досліджень свідчать про позитивний вплив інтеграції STEM-підходів на процес навчання хімії, здатність студентів застосовувати хімічні знання до реальних ситуацій, допомагають студентам розуміти важливість хімії у світовому контексті.

Наукова новизна дослідження полягає у використанні інноваційних методів та підходів у навчанні. Основними визначальними аспектами даної теми є: інтеграція STEM-підходів, інтердисциплінарний підхід,



перехід до активного навчання, розвиток критичного мислення, орієнтація на сучасні технології. Дана новаторська ідея сприяє більш ефективному розвитку студентів у сучасному STEM-середовищі.

**3. Результати та дискусії.** Одним із пріоритетних та проривних засобів трансформації у теперішній освіті вважається застосування STEM-методики на різних рівнях, зокрема і для природничо-математичного циклу дисциплін у вишах. Уперше дані методики було запропоновано вченими Національного наукового фонду США у 2001 р. Дана аббревіатура в перекладі трактується як «Наука. Технології. Інженерія. Математика» (Science. Technology. Engineering. Mathematics). Уряд, громадські організації, провідні корпорації США, зокрема Intel та Xerox, підтримали дану ідею. Принципи STEM були впроваджені в освітні програми США як зміна освітньої парадигми на практико-орієнтований підхід до побудови змісту освіти. Згодом принципи STEM поширилися у таких країнах, як Великобританія, Франція, Китай, Канада, Туреччина, Австралія, Ізраїль, Україна. В основі STEM-методики покладено чотири принципи: 1) проектна форма організації освітнього процесу, під час якого студенти об'єднуються у групи для спільного вирішення навчальних завдань; 2) практичний характер навчальних завдань; 3) міждисциплінарний характер навчання, за якого використовуються знання кількох предметів; 4) охоплення ключових дисциплін природничого циклу для підготовки спеціаліста з прикладних наукових досліджень. При цьому STEM-підходи та технології вирішують завдання прикладного характеру, а гуманітарні Arts-дисципліни дають змогу знайти вирішення проблеми у стані невизначеності. Таким чином, здобувачі вищів навчаються гармонійного поєднання у різноманітних робочих ситуаціях наукової точності з творчою свободою. Відома освітня парадигма від «навчання для життя» до «навчання протягом життя» опирається на ціннісні орієнтири «оцінювання для навчання», елементами якого є вироблення зрозумілих цілей на відповідний період навчання, отримання зворотного зв'язку, коригування викладачем навчального процесу (Методичні рекомендації, 2022) Відповідно, сучасний освітній ландшафт вимагає удосконалення методів навчання для підготовки студентів до активної діяльності в сучасному технологічному суспільстві (Лабудько, 2017). Аналіз існуючих джерел інформації свідчить про необхідність переходу системи освіти на реалізацію моделі випереджаю-

чої освіти, в основі якої лежить ідея розвитку особистості, на підготовку фахівців не тільки до конкретної професійної діяльності, а й на формування готовності до освоєння нових знань, придбання багатофункціональних умінь, що забезпечує професійну мобільність (Ямборак, 2023). Для сучасного якісного засвоєння хімічних дисциплін пропонується застосування STEM-підходів через концепцію хімічної експлорації. Методологією хімічної експлорації є розгляд дослідницьких методів та відділення активного вивчення від пасивного з подальшою інтеграцією у практичні аспекти навчання (Дубасенюк, 2001). Для цього в хімічній експлорації запропоновано для дослідження такі STEM-інструменти: використання сучасних технологій у лабораторних дослідженнях та проектів для інтеграції хімії з іншими STEM-дисциплінами. До таких технологій належать віртуальні лабораторії, симуляції для відтворення хімічних процесів та експериментів та мультимедійні матеріали для підтримки STEM-підходів. Для моделювання хімічних процесів та експериментів на комп'ютері запропоновано до використання технологію симуляції. При цьому створено симуляційні моделі, які наочно відтворюють хімічні реакції та процеси, зокрема такі, які небезпечно або складно проводити в навчальних лабораторіях. Також симуляційні моделі можливо використати для дослідження нових речовин та матеріалів із використанням функції прогнозування. Для студентів агроінженерного напрямку запропоновано молекулярне моделювання характеристик полімерів. Відповідно до методики виконання даного моделювання, використано програму Materials Studio (Программа, 2023), за допомогою якої створено тривимірну модель полімеру, встановлено параметри ланцюга полімеру, здійснено процес візуалізації у полімері під час термообробки з подальшим аналізом структурних змін. У подальшому плануємо з використанням елементів хімічної симуляції провести моделювання реакції нейтралізації, яка дасть змогу визначити зміну концентрацій реагентів та продуктів у ході реакції; вивчити енергетичні характеристики термохімічних реакцій; описати математичну модель роботи гальванічних елементів із прогнозною функцією їхньої електрохімічної поведінки; побудувати математичну модель енергетичної характеристики горіння магнію з урахуванням процесу люмінесценції, що, своєю чергою, може впливати на повну енергетичну характеристику реакції.



Для інтеграції з такими дисциплінами, як фізика та хімія, розроблено STEM-проект «Енергетичний комплекс майбутнього». Для більш детального вивчення енергетичних процесів та розроблення інноваційних підходів до вирішення енергетичних викликів майбутнього розроблено такі етапи виконання проекту: 1) дослідження методів отримання енергії з традиційних джерел; 2) вивчення сучасних технологій альтернативних та відновлюваних джерел енергії; 3) дослідження передових технологій, таких як термоядерний синтез, акумулятори великої ємності; 4) аналіз взаємодії енергетики з іншими сферами (екологія, економіка); 5) створення інноваційного проекту енергетичного комплексу, урахуваючи набуті знання, презентація та обговорення, отримання обґрунтованого фітбеку (надання позитивного, негативного або конструктивного відгуку). Фітбек містить конструктивні рекомендації та вказівки та надає ідеї для виправлення можливих помилок.

Для активного навчання, де студенти можуть аналізувати реальні або віртуальні ситуації, запропоновано до використання такі педагогічні стратегії, як кейс-методи. Як приклад нами під час навчання хімічних дисциплін використовуються такі кейс-методи: 1) аналіз нещасного випадку в лабораторії; 2) забруднення річки хімічним реагентом. Навчальна група студентів нами поділена на дві частини: контрольну та експериментальну. У контрольній частині групи використано традиційні методи навчання, в експериментальній – новітні для оцінювання того, наскільки інтеграція STEM-підходів може вплинути на якість та результати навчання хімії (Гузик, 2006).

У першому випадку описується ситуація недотримання правил техніки безпеки під час виконання досліду зі спалюванням магнію. При цьому студент, який виконував дослід, отримав опіки на руках та обличчі. Перед студентами експериментальної групи поставлено відповідні завдання: 1) проаналізувати причини такого випадку; 2) оцінити отримані наслідки; 3) запропонувати заходи безпеки; 4) здійснити публічну презентацію рекомендацій.

Для контрольної частини групи використано традиційні підходи до навчання та передача і опрацювання інструкцій із техніки безпеки. Для оцінки ефективності заходів безпеки впроваджено t-тестування (парний t-тест – Paired Samples t-test). Отже, у результаті такого порівняльного аналізу встановлено ефективність інтеграції STEM-підходів на покращення дотримання техніки безпеки під час лабораторних досліджень.

Другий кейс екологічного спрямування і пропонується до застосування під час вивчення дисципліни «хімічна екологія» (тема – хімія гідросфери). Ситуація достатньо критична: у річку через порушення технологічного процесу потрапила значна кількість шкідливих хімічних речовин. Завдання для студентів: 1) проаналізувати та з'ясувати причини порушення технологічного процесу; 2) пошук відповідних рішень та пропозиції можливого відновлення річкової екосистеми; 3) обговорення відповідальності підприємства; 4) розроблення стратегії комунікації з місцевою громадськістю. Даний екологічний кейс досліджує реальний випадок, спонукає студентів до розроблення стратегій відновлення та відповідальності для підприємства. Таким чином, задіяні й елементи інтегрованого навчання, й критичне мислення, а також робота в команді.

Вартує уваги використання методики «експертної оцінки» з паралельним використанням прийому «3, 2, 1» у формі STEM-хакатону, де студенти розв'язують завдання за обмежений проміжок часу. Особливо ціннісна така методика під час проведення лабораторних робіт. Дана технологія застосована до виконання лабораторної роботи дослідження залежності швидкості хімічної реакції від різних чинників (Биков, 2004). Студентів поділено на дві групи. Одна група виконує завдання біля дошки, інша – виступає у ролі експерта. Із боку експертної групи виділяється три позитивні моменти під час виконання завдання, два уточнюючих запитання і одну рекомендацію від себе. Отже, спрацьовує якісний зворотний зв'язок на відміну від простого виставлення оцінки (кількісний зворотний зв'язок).

Під час виконання лабораторних робіт нами пропонується також використання проблемних ситуацій для стимулювання інтересу студентів до хімії. Для прикладу, студентам напряду харчових технологій доцільно виконувати не лише звичайні досліди, які характеризують хімію полімерів, а й вивчення властивостей матеріалів для створення біоплівки у харчовій промисловості. Створення біоплівки для харчових продуктів, на нашу думку, є педагогічно цікавою лабораторною роботою. Як експеримент нами запропоновано до виконання лабораторну роботу: створення біоплівки для упаковки харчових продуктів. Як натуральний біополімер використано агар-агар. Для поліпшення фізико-хімічних властивостей біоплівки використано екстракти рослин. Насамперед отримано біоплівку даного типу, вивчено її фізичні властивості,



такі як прозорість, еластичність, стійкість. Надалі проведена статистична оцінка переваги методології проведення даної лабораторної роботи. При цьому сформульовано нульову та альтернативну гіпотези: нульова гіпотеза – немає значущої різниці між біоплівками, створеними за різних умов; альтернативна гіпотеза – існує значуща різниця між біоплівками, створеними за різних умов. Надалі вибрано рівень значущості  $\alpha = 0.05$ , який указує на можливість ігнорування нульової гіпотези. Далі використано t-тест для незалежних вибірок. Провівши розрахунки з подальшим аналізом, установлено, що отриманий експериментально рівень значущості менший за вибраний, відповідно, відкидається нульова гіпотеза. Після проведення статистичного аналізу зроблено висновок про можливість реального застосування створених біоплівок для харчових продуктів.

Таким чином, описані STEM-інструменти сприяють формуванню практичних умінь та навичок студентів, розвитку, вдосконаленню і закріпленню знань, розвивають інтерес до вивчення дисципліни і навичок пошукової роботи. Відбувається поєднання розумової діяльності з практичною (Потерлевич, 2014). Водночас виконання дослідів дає змогу познайомити студентів із методами дослідження у хімічній науці. Творча участь у дослідженні підвищує пізнавальну активність студента. Виконуючи експеримент із хімії (включаючи віртуальний), студенти переконуються, що теорії чи гіпотези не виникають випадково, а створюються на основі фактів. Вони усвідомлюють, що хімічний експеримент є не тільки методом перевірки гіпотез, а й джерелом знань. Правильно підібраний експеримент є важливим засобом формування практичних умінь та навичок (наприклад, робота гальванічних елементів). Оптимізація навчання хімії через інтеграцію STEM-підходів включає у себе використання реальних прикладів і застосувань хімічних концепцій у технології, інженерії та інших галузях. Використання лабораторних робіт, проектів та інтерактивних методів збільшує зацікавленість студентів і дає змогу покращити їх розуміння хімічних концепцій.

**Висновки.** Дослідження показує, що інтеграція STEM-підходів у навчання хімії дає змогу поглибити розуміння студентів та забезпечити їм комплексні знання.

Використання сучасних технологій для проведення хімічних симуляцій та віртуальних експериментів дає змогу зробити навчання цікавішим та доступнішим для студентів.

STEM-підходи у хімічному навчанні сприяють розвитку критичного мислення, а також умінню студентів розв'язувати складні проблеми в контексті реальних ситуацій.

Застосування STEM-підходів дає змогу поєднувати теоретичні знання з практичними вміннями, що є важливим для успішного подальшого застосування отриманих знань у реальному житті.

Використання STEM-підходів у хімічному навчанні має великий потенціал для залучення студентів, розвитку їхніх компетенцій та формування позитивного ставлення до вивчення хімії.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Методичні рекомендації щодо розвитку STEM-освіти в закладах загальної середньої та позашкільної освіти у 2022/2023 навчальному році : Лист ІМЗО № 22.1/10-1080 від 15.08.2022. URL: [https://osvita.ua/legislation/Ser\\_osv/87129/](https://osvita.ua/legislation/Ser_osv/87129/).
2. Лабудько С. STEM-освіта як інноваційний підхід до розвитку природничо-математичної освіти. *STEM-освіта: стан впровадження та перспективи розвитку* : матеріали III Міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 9–10 листопада 2017 р. Київ : Інститут модернізації змісту освіти, 2017. 160 с.
3. Ямборак Р.С., Крачан Т.М. Формувальне оцінювання навчальних досягнень при вивченні хімії. *Інновації в сучасній освіті: методологія, технологія, дидактичні та виховні аспекти*. Кам'янець-Подільський : Подільський державний університет ; Рига : Baltija Publishing, 2023. С. 366–373.
4. Дубасенюк О.А. Технології професійно-педагогічної підготовки майбутніх учителів. Житомир : Житомир. держ. пед. ун-т, 2001. 384 с.
5. Програма Materials Studio. URL: <https://www.filetypeadvisor.com/ru/program/materials-studio> (дата звернення: 20.01.2023).
6. Гузик Н.В. Десять ключових компетентностей, які обслуговують особистість та її природничий талант: реалізація в умовах шкільного навчання : науково-методичний посібник. Київ, 2006. 148 с.
7. Биков В.Ю. Моделювання навчального середовища сучасних педагогічних систем. *Вісник Академії дистанційної освіти*. 2004. № 2. С. 6–14.
8. Потерлевич Н.Ф. Проблеми використання інформаційно-комунікативних технологій у практиці підготовки фахівців. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання у підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми*. 2014. Вип. 40. С. 346–350.

## REFERENCES

1. Methodical recommendations for the development of STEM education in general secondary and extracurricular education institutions in the 2022/2023 academic year / Letter IMZO No. 22.1/10-1080 dated 15.08.2022. Retrieved from: [https://osvita.ua/legislation/Ser\\_osv/87129/](https://osvita.ua/legislation/Ser_osv/87129/).
2. Labudko, S. (2017). STEM education as an innovative approach to the development of natural-mathematical education. In STEM education: the state of



implementation and prospects for development: Materials of the III International scientific-practical conference (Kyiv, November 9–10, 2017). Kyiv: DNU «Institute of Modernization of Educational Content».

3. Yamborak, R.S., & Krachan, T.M. (2023). Formative assessment of learning achievements in the study of chemistry. In *Innovations in modern education: methodology, technology, didactic and educational aspects*. Kamyanets-Podilsky. «Podilsky State University» (Riga, Latvia: «Baltija Publishing»).

4. Dubasenyuk, O.A. (2001). *Technologies of professional-pedagogical training of future teachers*. Zhytomyr: Zhytomyr State Pedagogical University.

5. Materials Studio Program. Retrieved from <https://www.filetypeadvisor.com/ru/program/materials-studio> (Accessed: January 20, 2023).

6. Guzik, N.V. (2006). Ten key competencies that serve personality and its natural talent: implementation in school learning. Kyiv.

7. Bykov, V.Yu. (2004). Modeling the learning environment of modern pedagogical systems. *Bulletin of the Academy of Distance Education*, No. 2.

8. Poterlevich, N.F. (2014). Problems of using information and communication technologies in the practice of training specialists. In *Modern information technologies and innovative teaching methods in the training of specialists: methodology, theory, experience, problems: Collection of scientific works, Issue 40*. Kyiv-Vinnytsia: LLC firm «Planner.»

*Стаття надійшла до редакції 28.02.2024.*

*The article was received 28 February 2024.*