

DOI: <https://doi.org/10.28925/1609-8595.2025.2.9>

УДК 378.018.8:37.01:4:4:00 :303.725.2](045)

Олена Кочубей

<https://orcid.org/0000-0002-5047-6694>

доктор філософії,

викладач кафедри хімії та екології,

Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини,

вул. Садова, 2, 20300, Умань, Україна

sncelelena@gmail.com

ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В ПІДГОТОВЦІ ВЧИТЕЛЯ ХІМІЇ: ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ

У статті обґрунтовано теоретико-методичні засади використання цифрових освітніх технологій у процесі професійної підготовки майбутніх учителів хімії на прикладі викладання курсу неорганічної хімії. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю оновлення змісту і методів викладання хімічних дисциплін відповідно до сучасних тенденцій цифровізації освіти. Неорганічна хімія як базовий компонент фахової підготовки потребує залучення інструментів, здатних забезпечити візуалізацію складних понять, моделювання процесів і організацію дослідницької діяльності. У межах дослідження здійснено логіко-змістовий аналіз цифрових освітніх ресурсів, проведено їх систематизацію за функціональними ознаками, виявлено педагогічні умови ефективного застосування. Визначено п'ять типів цифрових ресурсів: інформаційно-репрезентативні, моделювальні, дослідницько-експериментальні, оціночно-рефлексивні та проєктно-конструкторські. Зазначено, що доцільність їх застосування визначається змістом конкретних тем курсу та дидактичними цілями. Представлено умови результативного впровадження цифрових технологій у професійну підготовку: інтеграція в зміст навчальних програм, методичне забезпечення, цифрова компетентність викладачів, технічна доступність. Окреслено перспективи впровадження цифрової дидактики на основі зарубіжного досвіду. Матеріали дослідження можуть бути використані при створенні цифрових сценаріїв і дидактичних рішень з неорганічної хімії.

Ключові слова: віртуальні лабораторії, майбутній учитель хімії, методика навчання хімії, неорганічна хімія, професійна підготовка, цифрова дидактика, цифрова компетентність, цифрові освітні технології.

ВСТУП

Глобальні процеси цифрової трансформації суспільства суттєво впливають на розвиток сучасного освітнього простору. Цифровізація освіти стала визначальним чинником модернізації освітнього процесу, особливо в умовах переходу до компетентнісної парадигми навчання. Ці зміни вимагають переосмислення змісту, форм і методів підготовки майбутніх учителів, зокрема в галузі природничо-математичних дисциплін, де хімія посідає провідне місце (Артемова, 2011).

Як підкреслює С. Сисоєва, «педагогічні аспекти цифровізації освіти полягають у необхідності формування нової професійної ролі педагога, здатного проектувати, реалізовувати та аналізувати цифрове освітнє середовище з урахуванням потреб здобувачів освіти» (Сисоєва, 2021).

У цьому контексті важливою складовою професійної підготовки майбутніх вчителів хімії є оволодіння ґрунтовними знаннями з курсу неорганічної хімії, який формує теоретичну основу для опанування аналітичної, органічної, фізичної хімії, біохімії, а також фахових методик. Проте неорганічна хімія традиційно вважається складною для сприйняття: абстрактні поняття, високий рівень теоретизації, потреба в експериментальній верифікації знань створюють труднощі для студентів. Водночас сучасний здобувач освіти – представник «цифрового покоління» – прагне до інтерактивності, візуалізації та персоналізованого навчального досвіду. Це вимагає оновлення дидактичного інструментарію та посилення цифрового компонента в змісті підготовки.

У науково-педагогічній літературі широко представлено цифрові освітні ресурси, придатні до викладання хімії: мультимедійні презентації, відеоконтент, віртуальні лабораторії, мобільні застосунки, інтерактивні платформи й хмарні сервіси (Бондар, Живага, 2023; Гусарук, 2011). Такі ресурси, як ChemSketch, ChemStudio, VirtuLab, сприяють моделюванню молекул, візуалізації хімічних процесів, віртуальному експериментуванню, розвитку дослідницьких навичок і цифрової компетентності (Барановський, Симчак, Тулайдан, 2021; Белявцева, Грановська, 2015).

Зарубіжний досвід у цій сфері також є надзвичайно цінним. У США та Великій Британії успішно функціонують інтерактивні платформи PhET Interactive Simulations (Університет Колорадо), Molecular Workbench, Labster, які дають змогу студентам проводити віртуальні експерименти у форматі 3D-моделювання (Плющ, Авраменко, 2023; Модло зі співавторами, 2018). У Японії розробляються мобільні застосунки з елементами доповненої реальності (AR), що дозволяють взаємодіяти з молекулярними моделями та кристалічними ґратками. У Фінляндії цифрові ресурси інтегруються у національні освітні платформи, що супроводжуються використанням інтелектуальних хімічних тренажерів (Margot & Kettler, 2019). Водночас цифрова трансформація освіти в ЄС супроводжується обов'язковим включенням цифрових освітніх ресурсів до програм професійної підготовки вчителів як складових фахових та методичних дисциплін.

Зарубіжні підходи акцентують не лише на функціональному застосуванні цифрових засобів, а й на формуванні цифрової культури, критичного мислення, здатності до самостійного пізнання та розв'язання проблем у хімічному контексті. Такі підходи мають бути адаптовані до українських реалій з урахуванням національних освітніх стандартів.

Незважаючи на наявність окремих досліджень, що висвітлюють аспекти використання ІКТ у хімічній освіті, комплексний педагогічний аналіз умов, методик і критеріїв впровадження цифрових ресурсів саме у викладання неорганічної хімії в процесі підготовки вчителя залишається недостатньо опрацьованим. Особливої уваги потребує визначення ефективних дидактичних підходів до викладання таких складних тем, як будова атома, періодичний закон, хімічний зв'язок, реакції обміну, амфотерність сполук, окисно-відновні процеси тощо (Лаврентьева, Крупський, 2024).

Актуальність дослідження зумовлена потребою підвищення якості підготовки майбутніх учителів хімії до професійної діяльності в умовах цифровізації освіти (Мирошніченко, 2018), формування в них здатності самостійно підбирати та ефективно використовувати цифрові ресурси для пояснення навчального матеріалу, організації дослідів, формуючого оцінювання результатів навчання та розвитку пізнавального інтересу здобувачів освіти.

Метою статті є обґрунтування теоретико-методичних засад використання цифрових технологій у вивченні неорганічної хімії під час підготовки майбутніх учителів.

МЕТОДОЛОГІЯ

Дослідження виконано в межах теоретико-методичного напрямку й має фундаментальний характер. Методологічну основу становлять сучасні філософські, педагогічні та дидактичні положення щодо цифровізації освіти, компетентнісного підходу в підготовці майбутнього вчителя, а також наукові концепції формування професійної та цифрової компетентності педагогічних кадрів.

З метою розкриття наукової проблематики було використано систему загальнонаукових і спеціальних методів. Теоретичний аналіз, синтез, узагальнення, порівняння, систематизація застосовувались для опрацювання вітчизняної та зарубіжної науково-педагогічної літератури, присвяченої цифровим технологіям у професійній підготовці вчителя, викладанню неорганічної хімії, трансформації освітнього простору в умовах цифровізації. На основі результатів опрацювання джерел було окреслено сучасні тенденції використання цифрових ресурсів у хімічній освіті та визначено напрями їх ефективної інтеграції в навчальний процес.

Особливу увагу приділено контент-аналізу освітніх програм і навчально-методичного забезпечення курсів неорганічної хімії в закладах вищої педагогічної освіти. Дослідження включало вивчення описів дисциплін, вимог до результатів навчання, структури тем і практичних занять з позиції присутності цифрового компонента. Такий аналіз дозволив виявити рівень нормативно-методичного забезпечення впровадження цифрових освітніх технологій у професійну підготовку майбутніх учителів хімії.

Значну частину методологічної стратегії становив логіко-змістовий аналіз функцій цифрових ресурсів у системі вивчення неорганічної хімії. Було здійснено дидактично обґрунтовану класифікацію цифрових інструментів, яка охоплює п'ять функціональних категорій. До репрезентативних віднесено інструменти, що забезпечують візуалізацію та схематизацію навчального матеріалу, сприяючи його кращому сприйняттю. Моделювальні інструменти охоплюють 3D-моделі та інтерактивні об'єкти, які імітують реальні процеси та структури. Дослідницькі засоби включають віртуальні експериментальні середовища, що надають змогу проводити навчальні дослідження у безпечному та керованому цифровому просторі. Контрольні ресурси – це платформи для тестування, електронні кейси та інші засоби оцінювання навчальних досягнень. Нарешті, проектно-орієнтовані інструменти включають хмарні сервіси та інтерактивні онлайн-простори, які підтримують групову діяльність і реалізацію навчальних проєктів.

Запропонована класифікація цифрових інструментів має авторський характер і ґрунтується на результатах логіко-змістового аналізу освітніх ресурсів, дидактичних функцій цифрових технологій, а також сучасних підходів до структурування навчального контенту у вищій освіті.

Метод порівняльного аналізу було застосовано для вивчення зарубіжного досвіду впровадження цифрових інструментів у підготовку вчителів природничих дисциплін. Зокрема, проаналізовано особливості використання таких платформ, як PhET, Labster, Molecular Workbench у США та країнах ЄС, мобільних застосунків на основі доповненої реальності (Японія), інтеграції цифрових тренажерів у національні платформи (Фінляндія) (Serwornoo et al., 2024). Цей аналіз дозволив виявити ефективні практики і перенести деякі принципи на вітчизняний освітній контекст (Іващенко, 2015; Кропивницька, Стаднічук, 2013).

Таким чином, методологічний апарат дослідження дав змогу здійснити системне, структуроване теоретичне осмислення можливостей цифрових технологій як інструмента підвищення ефективності вивчення неорганічної хімії в умовах професійної підготовки вчителя. Висновки дослідження базуються на сукупності аналітичних процедур, що відповідають вимогам до теоретичних педагогічних праць.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У процесі здійснення теоретико-методичного аналізу літературних джерел, навчальних програм, змісту курсів з неорганічної хімії та досвіду цифрової трансформації освіти було встановлено, що цифрові освітні ресурси мають багатовекторну функціональність і значний потенціал у підвищенні ефективності навчання майбутніх учителів хімії. Виявлено, що цифрові технології не лише доповнюють традиційні методи навчання, а й можуть виступати як автономний і повноцінний дидактичний інструмент, що сприяє досягненню змістових і компетентнісних цілей освітнього процесу. Зокрема, йдеться про формування предметної, інформаційної, методичної та цифрової компетентностей студентів, а також про розвиток їхньої здатності до дослідницької діяльності, критичного мислення і педагогічної мобільності.

Результати дослідження дали змогу упорядкувати цифрові ресурси, що використовуються або рекомендовані до застосування у процесі викладання неорганічної хімії, відповідно до їх функціонального призначення. Запропонована класифікація ґрунтується на провідній дидактичній функції кожного ресурсу та відповідає сучасним концепціям цифровізації вищої освіти. У межах цього підходу нами виокремлено п'ять основних типів цифрових ресурсів: інформаційно-репрезентативні (засоби подання й візуалізації інформації), інтерактивно-моделювальні (інструменти для моделювання хімічних структур і процесів), дослідницько-експериментальні (віртуальні лабораторії та симуляційні середовища), оціночно-рефлексивні (засоби для оцінювання знань і розвитку рефлексії) та проєктно-конструкторські (платформи для реалізації навчальних проєктів і розроблення індивідуальних завдань).

Інформаційно-репрезентативні цифрові ресурси забезпечують подачу систематизованого навчального матеріалу в доступному, мультимедійному форматі. До цієї групи належать онлайн-курси (Prometheus, Coursera, EdEra), освітні відеоплатформи (YouTube EDU), електронні підручники та мультимедійні презентації. Їх застосування є доцільним під час вивчення базових тем, що потребують структурованого викладу й візуальної підтримки, таких як періодичний закон, хімічна номенклатура, класифікація сполук.

Інтерактивно-моделювальні інструменти (ChemSketch, Avogadro, ChemDoodle, Molecular Workbench) є ефективними під час вивчення складних тем, пов'язаних з електронною будовою атомів, типами хімічного зв'язку, просторовою структурою молекул. Вони забезпечують можливість тривимірної візуалізації молекул і кристалічних ґраток, сприяють формуванню абстрактно-логічного мислення студентів, підвищують якість засвоєння теоретичного матеріалу завдяки візуально-когнітивному впливу.

До *дослідницько-експериментальних цифрових середовищ* належать віртуальні лабораторії Labster, VirtuLab, PhET Simulations, які дозволяють здійснювати моделювання лабораторних експериментів з різних тем неорганічної хімії: гідролізу солей, реакцій осадження, електролітичної дисоціації, добування кислот і основ, вивчення їх властивостей (Popel & Shyshkina, 2018; Сняла, 2023). Такі інструменти забезпечують формування в студентів дослідницької та експериментальної компетентностей, особливо в умовах відсутності належної матеріально-лабораторної бази або в дистанційному форматі навчання.

Оціночно-рефлексивні цифрові ресурси (Google Forms, Quizizz, Kahoot, Classtime) спрямовані на здійснення формувального й підсумкового оцінювання результатів навчання, забезпечують зворотний зв'язок, дозволяють організовувати самоперевірку та виявляти індивідуальні прогалини в засвоєнні матеріалу. Їх доцільно застосовувати після вивчення ключових тем, зокрема таких, як окисно-відновні реакції, ступені окиснення, кислотно-основні взаємодії (Garman, 2024).

Проєктно-конструкторські платформи (Canva, Padlet, MindMeister) сприяють реалізації творчого, інтегративного підходу до навчання (UNESCO, 2023; European

Commission, 2022). Здобувачі освіти можуть створювати інтерактивні карти понять, інфографіку, візуальні елементи до проєктів, постери на тему хімічної безпеки, екологічної хімії, використання неорганічних сполук у промисловості тощо. Такі ресурси ефективні для стимулювання мотивації до навчання, розвитку міждисциплінарного мислення та формування навичок командної роботи.

Зміст курсу неорганічної хімії, що викладається майбутнім учителям, охоплює складні, багаторівнево структуровані теми, серед яких будова атома, хімічний зв'язок, періодичність властивостей елементів, електролітична дисоціація, гідроліз солей, кислотно-основні реакції, хімічна номенклатура. Викладання таких тем потребує дидактичних засобів, здатних забезпечити багатоканальну подачу інформації, і саме цифрові технології є інструментом, який забезпечує цю функцію. Візуалізація, інтерактивність, змодельовані експерименти – це ті чинники, які дозволяють подолати труднощі абстрактності, підвищити ефективність засвоєння, активізувати пізнавальну діяльність здобувачів освіти.

Встановлено, що впровадження цифрових ресурсів в освітній процес сприяє не лише покращенню предметних результатів, а й формуванню цифрової педагогічної культури майбутнього вчителя хімії. Це проявляється в здатності обирати доцільні цифрові інструменти відповідно до навчальних цілей, адаптувати контент до потреб учнів, створювати власні освітні продукти й організовувати взаємодію в цифровому середовищі.

Разом з тим, аналіз освітніх практик закладів вищої освіти засвідчив, що ефективно впровадження цифрових ресурсів можливе лише за умови дотримання низки педагогічних умов: наявності цифрового середовища з відповідним технічним забезпеченням, готовності викладача до роботи з цифровими платформами, включення цифрових компонентів у зміст освітніх програм, методичної підтримки (інструкцій, завдань, сценаріїв використання ресурсів), а також інтеграції цифрових інструментів у всі етапи навчального процесу – від лекцій до практичних і проєктних занять.

Досвід країн ЄС, Великої Британії, США та Японії показує, що цифрові ресурси активно інтегруються в професійну педагогічну освіту, і їх використання розглядається не лише як підтримка навчання, а як спосіб трансформації освітнього середовища. Відповідно, українська система підготовки вчителя хімії має потребу у впровадженні системних підходів до методично обґрунтованого використання цифрових засобів у викладанні неорганічної хімії (UNESCO, 2023; European Commission, 2022).

Таким чином, результати дослідження свідчать, що цифрові ресурси, інтегровані у навчання неорганічної хімії, є ефективним засобом підвищення якості фахової підготовки майбутніх учителів, забезпечують оновлення змісту освіти відповідно до вимог Нової української школи та сприяють формуванню професійної мобільності педагогів у цифровому суспільстві.

ОБГОВОРЕННЯ

Отримані результати теоретичного дослідження підтверджують необхідність інтеграції цифрових освітніх технологій у процес професійної підготовки майбутніх учителів хімії, зокрема у викладання курсу неорганічної хімії. Цей курс, як базовий у структурі хімічної освіти, потребує системної модернізації з огляду на високий рівень абстрактності, складну поняттєву структуру та необхідність візуалізації закономірностей, моделей і процесів, що не завжди можуть бути забезпечені традиційними методами навчання. Використання цифрових ресурсів дозволяє компенсувати ці недоліки та створити умови для більш глибокого розуміння навчального матеріалу.

Класифікація цифрових ресурсів, представлена в дослідженні, не лише відображає поточну практику їх використання, а й ґрунтується на функціональному співвідношенні між типом ресурсу та його дидактичним призначенням. Застосування інформаційно-репрезентативних платформ доцільне при подачі узагальненого теоретичного матеріалу; моделювальні інструменти забезпечують ефективне опанування структурно-просторових

характеристик речовин; віртуальні лабораторії дозволяють моделювати хімічні реакції, що є особливо актуальним для тем, пов'язаних із окисно-відновними процесами, гідролізом, електролітичною дисоціацією. Оціночно-рефлексивні сервіси сприяють формуванню навичок самоконтролю та об'єктивного оцінювання, а проектно-конструкторські середовища забезпечують інтеграцію змісту хімії з іншими предметними галузями, сприяють розвитку комунікаційних та інформаційно-аналітичних компетентностей.

Особливої уваги заслуговує встановлений зв'язок між темами курсу неорганічної хімії та доцільністю використання конкретних цифрових ресурсів. Такий підхід дозволяє перейти від епізодичного використання ІКТ до їх цілісного дидактичного впровадження. Наприклад, при вивченні теми «Типи хімічного зв'язку» доцільно поєднувати ChemSketch або Molecular Workbench з візуалізацією електронних структур, тоді як для теми «Гідроліз» – застосовувати Labster чи PhET Simulations, які дозволяють змоделювати процес у контрольованих умовах. Це узгоджується з концепцією дидактичного дизайну, в межах якої кожен навчальний елемент має відповідати чітко визначеній меті, а вибір цифрового інструменту ґрунтується не на доступності чи зручності, а на відповідності дидактичній функції.

Науково-теоретична значущість отриманих результатів полягає в тому, що запропонована система узагальнення ресурсів не є формальною типологією, а заснована на методології функціонального аналізу та співвідношення між цілями навчання, змістом тем і засобами реалізації. Такий підхід розширює межі традиційної класифікації та відкриває можливості для формування адаптивних освітніх стратегій (European Commission, 2022). Крім того, запропоновані педагогічні умови ефективного використання цифрових ресурсів логічно випливають із результатів аналізу програм підготовки вчителів та узагальнення практичного досвіду українських і зарубіжних освітніх систем. Серед таких умов ключовими є: інтегрованість цифрових ресурсів у навчальні програми; доступ до якісного технічного забезпечення; наявність методичних вказівок і дидактичних сценаріїв; підготовка викладача до роботи у цифровому середовищі; методичне супроводження цифрових практик та створення власних освітніх продуктів.

У порівняльному контексті зарубіжного досвіду видно, що системне використання цифрових технологій в освіті передбачає не лише наявність ресурсів, а й наявність дидактичної культури їх застосування. У країнах Європейського Союзу, США, Японії цифрові платформи інтегруються в систему професійної підготовки вчителя не як допоміжний компонент, а як базовий елемент методики викладання. Саме тому важливо, щоб українська педагогічна освіта не лише переймала окремі приклади цифрових рішень, а формувала власну модель цифрової трансформації змісту фахової підготовки з урахуванням національного контексту та освітньо-культурної специфіки.

Таким чином, результати дослідження не лише узагальнюють наявний теоретичний і методичний досвід, але й дозволяють сформулювати нові орієнтири для педагогічної практики. Вони підтверджують потенціал цифрових освітніх технологій як чинника оновлення змісту, форм і методів викладання неорганічної хімії, сприяють формуванню цифрової компетентності студентів, їхньої готовності до роботи у цифровому середовищі та впровадження інновацій у професійну діяльність.

ВИСНОВКИ

Теоретико-методологічне дослідження підтвердило, що цифрові освітні технології мають значний потенціал у процесі професійної підготовки майбутніх учителів хімії, зокрема у вивченні курсу неорганічної хімії. Визначено, що впровадження цифрових ресурсів дозволяє не лише актуалізувати зміст хімічної освіти, а й забезпечити реалізацію компетентнісного підходу, зокрема формування предметної, цифрової, дослідницької та методичної компетентностей здобувачів вищої освіти.

Класифікація цифрових ресурсів, здійснена на основі функціонального аналізу, дозволила систематизувати типи цифрових інструментів відповідно до їх дидактичного призначення: інформаційно-репрезентативного, моделювального, дослідницько-експериментального, оціночно-рефлексивного та проєктно-конструкторського. Така структура узгоджується з логікою побудови курсу неорганічної хімії та дає змогу адаптувати цифрові ресурси до конкретних навчальних тем, змісту й цілей.

Встановлено, що ефективність цифрових технологій у викладанні неорганічної хімії зумовлюється не лише їх технічними можливостями, а передусім педагогічною доцільністю, методичною обґрунтованістю та відповідністю навчальним завданням. Саме тому запропоновано низку педагогічних умов, які є необхідними для впровадження цифрових ресурсів у зміст хімічної освіти: доступність і стабільність цифрового середовища; цифрова грамотність викладачів; методичне супроводження цифрових практик; системне включення цифрових інструментів у навчальні програми та курси.

Порівняльний аналіз зарубіжного досвіду засвідчив, що у провідних освітніх системах цифрові ресурси розглядаються не як допоміжні елементи, а як складова сучасної дидактики природничих дисциплін. Їх використання пов'язується з оновленням освітнього середовища, розвитком педагогічного дизайну та зміною ролі викладача – від транслятора знань до фасилітатора навчального процесу.

Отримані результати можуть слугувати теоретичною основою для розробки методичних сценаріїв навчання неорганічної хімії із залученням цифрових технологій, створення електронних освітніх продуктів, удосконалення освітніх програм та підготовки методичних рекомендацій для викладачів. **Перспективи подальших досліджень** полягають у вивченні ефективності конкретних цифрових інструментів у навчанні окремих тем, а також у створенні цифрових дидактичних середовищ для хімічної освіти в межах змішаного і дистанційного форматів.

Список використаної літератури

- 1 Артемова Л. М. Розвиток творчих здібностей учнів на уроках хімії з використанням ІКТ. *Хімія*. 2011. № 13–14. С. 5–7.
- 2 Барановський, С., Симчак, І., & Тулайдан, І. (2021). Особливості використання цифрових технологій у підготовці вчителів хімії. *Матеріали конференції ТНПУ*. URL: http://dspace.tnpu.edu.ua/bitstream/123456789/19290/1/78_Tulaidan_Symchak_Baranovskyi.pdf (дата звернення: 25.03.2025).
- 3 Белявцева Т. В., Грановська Т. Я. Особливості навчання інформатики майбутніх учителів хімії до проведення хімічного експерименту. *Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Педагогіка. Соціальна робота*. 2014. № 34. С. 32–35. URL: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP meta&C21COM=S&2 S21P03=FILE=&2 S21STR=Nvuuped 2014 34 8 (дата звернення: 25.03.2025).
- 4 Бондар Л., Живага А. Модернізація уроків хімії в умовах цифровізації освіти (з досвіду роботи). *Педагогічна Житомирщина*. 2023. № 1 (29). С. 37–42. URL: <https://imso.zippo.net.ua/wp-content/uploads/2023/03/2-%D0%91%D0%BE%D0%BD%D0%B4%D0%B0%D1%80.pdf> (дата звернення: 25.03.2025).
- 5 Гусарук Н. Комп'ютерні технології на уроках хімії. *Біологія і хімія в школі*. 2011. № 5 (87). С. 24–26.
- 6 Іващенко Н. В. Використання інтерактивних та мультимедійних технологій при викладанні хімії. Доповідь. *Всеосвіта*. 2015. URL: <https://vseosvita.ua/library/embed/01002znu-d150.docx.html> (дата звернення: 25.03.2025).
- 7 Кропивницька Л. М., Стаднічук О. М. Використання комп'ютерних технологій під час вивчення хімії у загальноосвітніх навчальних закладах Львівської області. *Хімічна наука і освіта: перспективи розвитку. Матеріали наукової інтернет-конференції*. Полтава, 2013. С. 164–168.
- 8 Лаврентьева О. О., Крупський О. П. Дидактика цифрової епохи: виклики, можливості та перспективи розвитку. *Журнал педагогіки та психології Університету імені Альфреда Нобеля*. 2024. № 2 (28). С. 37–45. DOI: <https://doi.org/10.32342/3041-2196-2024-2-28-4>

- 9 Мирошниченко О. В. Використання ІКТ на уроках хімії. *Blogger. Творча група вчителів Межирічківської ЗШ І–ІІІ ступенів*. 2018. URL: http://mezhirichkatvorchagrypa.blogspot.com/p/blog-page_67.html (дата звернення: 25.03.2025).
- 10 Модло Є. О., Єчкало Ю. В., Семеріков С. О., Ткачук В. В. Використання технології доповненої реальності у мобільно орієнтованому середовищі навчання ВНЗ. *arXiv preprint*. 2018. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1807.10659>
- 11 Плющ В. М., Авраменко А. В. Використання цифрових інструментів в навчанні учнів хімії. *Збірник тез доповідей VI Міжнародної науково-практичної конференції «Підготовка майбутніх учителів фізики, хімії, біології та природничих наук в контексті вимог Нової української школи», 23-24 травня 2024 року*. Тернопіль: ТНПУ імені Володимира Гнатюка, 2024. С. 88–92. URL: http://dspace.tnpu.edu.ua/bitstream/123456789/33472/1/88_Pliushch_Avramenko.pdf (дата звернення: 25.03.2025).
- 12 Сняла Ю. Застосування цифрових інструментів у навчанні хімії. *Освіта. Інноватика. Практика*. 2023. № 11 (4). С. 55–64. DOI: <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol11i4-008>
- 13 Digital Competence Framework for Educators (DigCompEdu). European Commission. 2022. URL: https://joint-research-centre.ec.europa.eu/digcompedu_en (дата звернення: 25.03.2025).
- 14 Garman M. The Role of Digital Learning Platforms in the Academic Growth of Students. *KITABOO*. 2024. URL: <https://kitaboo.com/the-role-of-digital-learning-platforms-in-the-academic-growth-of-students/> (дата звернення: 25.03.2025).
- 15 Margot K. C., Kettler T. Teachers' perception of STEM integration: A systematic review. *International Journal of STEM Education*. 2019. № 6 (2). DOI: <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0151-2>
- 16 Popel M. V., Shyshkina M. P. The Cloud Technologies and Augmented Reality: The Prospects of Use. *arXiv preprint*. 2018. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1807.01966>
- 17 Serwornoo M. Y. W., Danso S., Azanu B., Semarco S. K. M., Aidoo E. A. K. Use of Digital Platforms Among University Students: A Systematic Literature Review. *Qeios*. 2024. DOI: <https://doi.org/10.32388/SQKGT5>
18. Technology in education: a tool on whose terms? Global education monitoring report. *UNESCO*. 2023. DOI: <https://doi.org/10.54676/UZQV8501>
19. Weymuth T., Reiher M. Immersive Interactive Quantum Mechanics for Teaching and Learning Chemistry. *arXiv preprint*. 2020. DOI: <https://doi.org/10.2533/chimia.2021.45>

References

- Artemova, L. M. (2011). Rozvytok tvorchykh zdibnostei uchniv na urokakh khimii z vykorystanniam IKT [Development of students' creative abilities in chemistry lessons using ICT]. *Khimiia*, 5–7, 12–15.
- Baranovskyi, S., Symchak, I., & Tulaidan, I. (2021). Osoblyvosti vykorystannia tsyfrovyykh tekhnolohii u pidhotovtsi vchyteliv khimii [Features of the use of digital technologies in the training of chemistry teachers]. *Proceedings of the Conference at Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University*, 78–81. http://dspace.tnpu.edu.ua/bitstream/123456789/19290/1/78_Tulaidan_Symchak_Baranovskyi.pdf
- Bieliavtseva, T. V., & Granovska, T. Ya. (2015). Osoblyvosti navchannia informatyky maibutnikh uchyteliv khimii do provedennia khimichnoho eksperymentu [Features of teaching informatics to future chemistry teachers before conducting a chemical experiment]. *Scientific Bulletin of Uzhhorod University. Series: "Pedagogy. Social Work"*, 34, 35–39. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvuuped_2014_34_8
- Bondar, L., & Zhyvaga, A. (2023). Modernizatsiia urokiv khimii v umovakh tsyfrovizatsii osvity (z dosvidu roboty) [Modernization of chemistry lessons in the context of education digitalization (practical experience)]. *Pedahohichna Zhytomyrshchyna*, 1 (29), 37–42. <https://imso.zippo.net.ua/wp-content/uploads/2023/03/2-%D0%91%D0%BE%D0%BD%D0%B4%D0%B0%D1%80.pdf>
- Husaruk, N. (2011). Kompiuterni tekhnolohii na urokakh khimii [Computer technologies in chemistry lessons]. *Biologiia i khimiia v shkoli*, 5 (87), 24–26.
- Ivashchenko, N. V. (2015). Vykorystannia interaktyvnykh ta multymediinykh tekhnolohii pry vykladanni khimii. Dopovid [Use of interactive and multimedia technologies in teaching chemistry. Report]. *Vseosvita*. <https://vseosvita.ua/library/embed/01002znu-d150.docx.html>
- Kropivnytska, L. M., & Stadnichuk, O. M. (2013). Vykorystannia kompiuternykh tekhnolohii pid chas vyvchennia khimii u zahalnoosvitnykh navchalnykh zakladakh Lvivskoi oblasti [Using computer technologies in chemistry education in secondary schools of Lviv region]. *Himichna nauka i osvita: perspektivi rozvitku. Materiali naukovoyi internet-konferenciyi* (pp. 164–168). <https://vspu.edu.ua/science/art/a159.pdf>
- Lavrentieva, O. O., & Krupskiy, O. P. (2024). Dydaktyka tsyfrovoi epokhy: vyklyky, mozhlyvosti ta perspektyvy rozvitku [Didactics of the digital era: challenges, opportunities and development prospects]. *Alfred Nobel University Journal of Pedagogy and Psychology*, 2 (28), 37–45. <https://doi.org/10.32342/3041-2196-2024-2-28-4>
- Myroshnychenko, O. V. (2018). Vykorystannia IKT na urokakh khimii [Use of ICT in chemistry lessons]. *Blogger. A creative group of teachers of Mezhyrichkivska Secondary School, grades 1–3*. https://mezhirichkatvorchagrypa.blogspot.com/p/blog-page_67.html

- Modlo, E. Y., Echkalo, Y. V., Semerikov, S. O., & Tkachuk, V. V. (2018). Viktoristannya tehnologiyi dopovnenoyi realnosti u mobilno oriyentovanomu seredovishi navchannya VNZ [Using Technology of Augmented Reality in A Mobile-Based Learning Environment of The Higher Educational Institution]. *arXiv preprint*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1807.10659>
- Pliushch, A., & Avramenko, I. (2023). Vykorystannia tsyfrovyykh instrumentiv v navchanni khimii [Use of digital tools in chemistry education]. *Zbirnik tez dopovidej VI Mizhnarodnoyi naukovy-praktichnoyi konferentsiyi «Pidgotovka majbutnih uchiteliv fiziki, himiyi, biologiyi ta prirodnichih nauk v konteksti vimog Novoyi ukrayinskoyi shkoli»*, 23-24 travnya 2024 roku (pp. 88–92). Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University. http://dspace.tnpu.edu.ua/bitstream/123456789/33472/1/88_Pliushch_Avramenko.pdf
- Sniala, Y. (2023). Zastosuvannia tsyfrovyykh instrumentiv u navchanni khimii [Digital Tools Application In Chemistry Teaching]. *Education. Innovation. Practice*, 11 (4), 55–64. <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol11i4-008>
- European Commission (2022). DigCompEdu: The European Framework for the Digital Competence of Educators. https://joint-research-centre.ec.europa.eu/digcompedu_en
- Garman, M. (2024). The Role of Digital Learning Platforms in the Academic Growth of Students. *KITABOO*. <https://kitaboo.com/the-role-of-digital-learning-platforms-in-the-academic-growth-of-students/>
- Margot, K. C., & Kettler, T. (2019). Teachers' perception of STEM integration: A systematic review. *International Journal of STEM Education*, 6 (2), 23. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0151-2>
- Popel, M. V., & Shyshkina, M. P. (2018). The Cloud Technologies and Augmented Reality: the Prospects of Use. *arXiv preprint*. <https://arxiv.org/abs/1807.01966>
- Serwornoo, M. Y. W., Danso, S., Azanu, B., Semarco, S. K. M., & Aidoo, E. A. K. (2024). Use of digital platforms among university students: A systematic literature review. *Qeios*. <https://doi.org/10.32388/SQKGT5>
- UNESCO (2023). *Technology in education: a tool on whose terms? Global education monitoring report*. <https://doi.org/10.54676/UZQV8501>
- Weymuth, T., & Reiher, M. (2020). Immersive Interactive Quantum Mechanics for Teaching and Learning Chemistry. *arXiv preprint*. <https://arxiv.org/abs/2011.03256>

Стаття надійшла до редакції 28.03.2025

Прийнято до друку 19.06.2025

DIGITAL TECHNOLOGIES IN CHEMISTRY TEACHER TRAINING: THEORETICAL AND METHODOLOGICAL ANALYSIS

Olena Kochubei

<https://orcid.org/0000-0002-5047-6694>

Doctor of Philosophy,

Teacher of the Department of Chemistry and Ecology,

Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University,

2 Sadova Str., 20300, Uman, Ukraine

sncelena@gmail.com

The article substantiates the theoretical and methodological foundations for the integration of digital educational technologies into the professional training of future chemistry teachers, focusing on the teaching of inorganic chemistry. The relevance of the study is determined by the need to update the content and methods of teaching chemistry in accordance with current trends in the digitalization of education. Inorganic chemistry, as a fundamental component of professional training, requires the use of tools capable of visualizing complex concepts, modeling chemical processes, and supporting research activities. The study presents a logical and content-based analysis of digital educational resources, their classification by functional characteristics, and the pedagogical conditions necessary for their effective application. Five types of digital tools have been identified: informational and representational, modeling, research and experimental, evaluative and reflective, and project-based constructive. The appropriateness of each group of resources is determined by the content of specific topics and didactic goals. The article outlines conditions for the successful integration of digital technologies in the training process: incorporation into curricula, availability of methodological support, digital competence of lecturers, and access to technological infrastructure. International experience in the integration of digital didactics is discussed as a reference point. The results of the study can be used to develop digital learning scenarios and didactic solutions in the field of inorganic chemistry.

Keywords: digital competence, digital didactics, digital educational technologies, future chemistry teacher, inorganic chemistry, methodology of chemistry teaching, professional training, virtual laboratories.