



УДК 37.016.5

[https://doi.org/10.52058/2786-6300-2025-11\(41\)-1789-1798](https://doi.org/10.52058/2786-6300-2025-11(41)-1789-1798)

Моїсєєва Зоя Юріївна вчитель математики, Одеський державний музичний ліцей імені професора П. С. Столярського, м.Одеса, <https://orcid.org/0009-0006-1141-709X>

Пшенична Наталя Сергіївна кандидатка педагогічних наук, доцентка, доцентка кафедри біології, здоров'я людини та фізичної реабілітації, Бердянський державний педагогічний університет, м. Запоріжжя, <https://orcid.org/0000-0002-0351-4950>

Брюховецька Ірина Володимирівна кандидатка хімічних наук, доцентка, доцентка кафедри біології та хімії, Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, м.Дрогобич, <https://orcid.org/0009-0004-6694-4570>

РОЗВИТОК ЦИФРОВОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ ПЕДАГОГІВ ПРИРОДНИЧИХ ДИСЦИПЛІН ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ

Анотація. У процесі дослідження авторами проаналізовано теоретичні основи та практичні аспекти цифровізації освітнього процесу, а також здійснено поглиблений аналіз можливостей і викликів, пов'язаних з інтеграцією цифрових технологій у викладання природничих дисциплін. Актуальність теми визначена стрімким розвитком цифрових технологій та необхідністю забезпечення якості освіти в умовах глобальних викликів (зокрема, пандемії COVID-19 та військової агресії), що вимагає від викладачів природничих дисциплін високого рівня цифрової компетентності для ефективної візуалізації складних явищ, моделювання експериментів та забезпечення інтерактивності навчання. Дослідження ґрунтується на комплексному підході та аналізі наукових джерел, які концептуалізують цифрову компетентність як багатокомпонентну структуру відповідно до Європейського фреймворку DigCompEdu. Встановлено, що природничі науки потребують специфічних цифрових інструментів, таких як віртуальні лабораторії (Labster, ChemCollective), інтерактивні симуляції (PhET, BioDigital Human, NetLogo) та елементи AR/VR, які роблять навчання більш наочним, практично орієнтованим і персоналізованим. Водночас, виокремлено системні проблеми, що гальмують цей процес: недостатня інтеграція цифрових інструментів у викладання, обмежене використання віртуальних лабораторій, невідповідність рівня компетентності педагогів сучасним вимогам, дефіцит



якісного україномовного контенту, висока вартість комерційного програмного забезпечення. Для подолання цих проблем авторами запропоновано інноваційну модель CoMOOC (Collaborative Massive Open Online Course), що базується на колаборативному навчанні та взаємному оцінюванні для колективного професійного зростання педагогів.

У результаті дослідження зроблені висновки, що ефективне формування цифрової компетентності є необхідною умовою для підвищення рівня засвоєння знань, розвитку дослідницьких навичок, критичного мислення здобувачів, а її успішна реалізація вимагає комплексного підходу та системної інституційної підтримки на всіх рівнях.

Ключові слова: освітній процес, природничі науки, математика, хімія, біологія, цифровізація, компетентності

Moiseieva Zoia Yuriivna, mathematics teacher at the Odessa State Music Lyceum named after Professor P. S. Stolyarsky, Odesa, <https://orcid.org/0009-0006-1141-709X>

Pshenychna Natalia Serhiivna Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Biology, Human Health, and Physical Rehabilitation, Berdiansk State Pedagogical University, Zaporizhia, <https://orcid.org/0000-0002-0351-4950>

Bryukhovetska Iryna Volodymyrivna PhD in Chemistry, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Biology and Chemistry, Ivan Franko Drohobych State Pedagogical University, <https://orcid.org/0009-0004-6694-4570>

DEVELOPMENT OF DIGITAL COMPETENCE OF TEACHERS OF NATURAL SCIENCES TO IMPROVE THE EFFECTIVENESS OF THE EDUCATIONAL PROCESS

Abstract. In the course of the study, the authors analyzed the theoretical foundations and practical aspects of the digitalization of the educational process, as well as conducted an in-depth analysis of the opportunities and challenges associated with the integration of digital technologies into the teaching of natural sciences. The relevance of the topic is determined by the rapid development of digital technologies and the need to ensure the quality of education in the context of global challenges (in particular, the COVID-19 pandemic and military aggression), which requires teachers of natural sciences to have a high level of digital competence for the effective visualization of complex phenomena, modeling of experiments, and ensuring the interactivity of learning. The study is based on a comprehensive approach and analysis



of scientific sources that conceptualize digital competence as a multi-component structure in accordance with the European DigCompEdu framework. It has been established that natural sciences require specific digital tools, such as virtual laboratories (Labster, ChemCollective), interactive simulations (PhET, BioDigital Human, NetLogo), and AR/VR elements, which make learning more visual, practice-oriented, and personalized. At the same time, systemic problems that hinder this process have been identified: insufficient integration of digital tools into teaching, limited use of virtual laboratories, the incompatibility of teachers' competence levels with modern requirements, a shortage of high-quality Ukrainian-language content, and the high cost of commercial software. To overcome these problems, the authors propose an innovative model called CoMOOC (Collaborative Massive Open Online Course), which is based on collaborative learning and mutual evaluation for the collective professional growth of teachers.

The study concludes that the effective development of digital competence is a necessary condition for improving the level of knowledge acquisition, the development of research skills, and critical thinking among students, and that its successful implementation requires a comprehensive approach and systematic institutional support at all levels.

Keywords: educational process, natural sciences, mathematics, chemistry, biology, digitalization, competencies

Постановка проблеми. В умовах стрімкого розвитку цифрових технологій та інтенсивної цифровізації освітнього середовища, які були прискорені глобальними викликами (зокрема, пандемією COVID-19 та повномасштабним вторгненням в Україну), формування цифрової компетентності викладачів природничих дисциплін набуває значущості для забезпечення належної якості освіти. Ця необхідність зумовлена специфікою самих природничих наук, які вимагають особливого методичного підходу до цифровізації освітнього процесу. Аналіз наукової літератури [3;4;5] та власний педагогічний досвід дозволяє зробити висновки, що адаптація викладання у цій галузі є імперативною через низку факторів:

—Необхідність візуалізації. Потреба у використанні складних цифрових інструментів для наочної демонстрації абстрактних та мікроскопічних явищ (наприклад, молекулярних структур, фізичних полів).

—Моделювання експериментів. Актуальна важливість застосування спеціалізованого програмного забезпечення, віртуальних лабораторій для імітації експериментів, які є неможливими або небезпечними для проведення в реальних умовах.

—Забезпечення інтерактивності. Використання інтерактивних платформ для активного залучення здобувачів освіти до дослідницької діяльності та проблемно-орієнтованого навчання, що сприяє глибшому засвоєнню матеріалу.



Таким чином, узагальнюючи вищезазначене, цифрова компетентність викладача природничих дисциплін розглядається як ключовий фактор не лише технічної реалізації, а й методичної інновації, що забезпечує адекватне відображення складності наукових знань.

Мета статті полягає у поглибленому аналізі потенційних можливостей та викликів, що виникають внаслідок інтеграції цифрових інструментів у методику викладання природничих дисциплін, а також у оцінюванні їхнього впливу на загальну ефективність освітнього процесу й якість підготовки фахівців. Для досягнення цієї мети поставлено такі дослідницькі завдання:

1. Дослідити теоретичні основи та методологічні засади цифровізації освітнього процесу, а також визначити її значення для розвитку природничих дисциплін у системі вищої освіти.

2. Здійснити аналіз впливу використання інтерактивних навчальних платформ та віртуальних лабораторій на пізнавальну діяльність та рівень засвоєння навчального матеріалу здобувачами освіти.

3. Ідентифікувати ключові переваги застосування цифрових технологій у викладанні природничих дисциплін, акцентуючи увагу на підвищенні зацікавленості студентів, покращенні візуалізації складного матеріалу та інтенсивному розвитку необхідних практичних і дослідницьких навичок.

Методологія. У дослідженні застосовано комплексний підхід, що інтегрує теоретичні й емпіричні методи аналізу в рамках компетентнісного підходу. Компетентнісний метод виступає як методологічна основа, спрямовуючи весь процес дослідження на формування й оцінку конкретних цифрових і предметних компетентностей викладачів природничих дисциплін. Проведено систематичний огляд і аналіз наукової літератури, актуальних методичних рекомендацій і чинних нормативних документів, що стосуються цифровізації освіти й ефективного впровадження інформаційно-комунікаційних технологій (далі - ІКТ) у викладання природничих дисциплін. Цей аналіз дозволив концептуалізувати сучасні тенденції, чітко ідентифікувати ключові переваги та визначити обмеження використання цифрових інструментів у освітньому процесі. Завдяки цьому забезпечується фокусування на тих інструментах та методиках, які безпосередньо сприяють досягненню цільових компетентностей здобувачів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання впровадження інноваційних технологій в освітній процес відображені в працях О. Спіріна, Л. Карташової, А. Квятковської, І. Смирнової, Н. Бахмут, В. Кременя, Т. Сорочан та ін. Питання інтеграції цифрових інструментів у викладанні природничих дисциплін можна знайти в працях В.Черневич, А. Самар, Ю. Придаткевич та ін.

Виклад основного матеріалу. Сучасний освітній процес є неможливим без активного та системного використання цифрових технологій, які відкривають принципово нові можливості для методики викладання природничих



дисциплін. Інтеграція цифрових інструментів у освітній процес розглядається як важливий чинник підвищення його якості, оскільки вона прямо сприяє підвищенню пізнавальної зацікавленості здобувачів, покращенню візуалізації складних та абстрактних природничих явищ і процесів, розширенню доступу до глобальних освітніх ресурсів, а також інтенсивному розвитку ключових цифрових навичок у здобувачів [2]. Ефективне застосування широкого спектру інноваційних цифрових рішень, таких як інтерактивні симуляції, віртуальні лабораторії, елементи доповненої (AR) та віртуальної (VR) реальності, а також алгоритмів штучного інтелекту (далі - ШІ) для персоналізації траєкторій, дозволяє зробити навчання не тільки наочним і практично орієнтованим, але й високо персоналізованим, адаптуючи темп і зміст подачі матеріалу до індивідуальних потреб кожного здобувача, максимально імітуючи реальні наукові дослідницькі умови.

Аналіз сучасних наукових досліджень [1;3;4] концептуалізує цифрову компетентність викладача як багатокомпонентну інтегративну структуру, що охоплює низку взаємопов'язаних аспектів, зокрема технологічні (володіння цифровими інструментами), педагогічні (методика інтеграції технологій), інформаційні (оцінка даних) та комунікаційні (цифрова взаємодія) [2]. Для забезпечення системної уніфікації вимог та сприяння професійному розвитку на європейському рівні, розроблено Європейський фреймворк цифрової компетентності педагогів (DigCompEdu). Цей рамковий документ чітко виокремлює шість ключових сфер компетентності, які слугують методичним орієнтиром для вищої освіти: професійне залучення (використання цифрових технологій для саморозвитку), цифрові ресурси (пошук, створення та управління), навчання та викладання (використання технологій для дидактичних цілей), оцінювання (застосування цифрових інструментів для діагностики), розширення можливостей здобувачів (персоналізація та інклюзія) та сприяння розвитку цифрової компетентності здобувачів (як прямий обов'язок педагога). Таким чином, фреймворк забезпечує цілісне бачення цифрової майстерності, необхідної для ефективної діяльності у цифровому освітньому середовищі.

Проведений аналіз стану цифрової компетентності викладачів та вчителів природничих дисциплін у закладах освіти різних рівнів засвідчив наявність низки системних проблем, що гальмують ефективну цифрову трансформацію освітнього процесу:

1. Недостатня інтеграція цифрових інструментів у викладання природничих дисциплін, що обмежує потенціал технологій для поглиблення розуміння матеріалу.

2. Обмежене використання віртуальних лабораторій, симуляцій для моделювання складних природничих процесів, що знижує рівень практичної підготовки здобувачів та можливості візуалізації абстрактних явищ.



3. Невідповідність між актуальним рівнем цифрової компетентності викладачів та вчителів і сучасними вимогами до організації освітнього процесу в умовах інформаційного суспільства.

4. Недостатня підготовленість до створення якісного цифрового освітнього контенту, зокрема інтерактивних навчальних модулів, відеолекцій та завдань, адаптованих до специфіки предмету.

5. Складнощі з адаптацією традиційних методик викладання до динамічних умов цифрового середовища, що часто призводить до простого перенесення «аналогових» методів на цифрову платформу без їхньої сутнісної модернізації.

6. Низький рівень володіння інструментами аналізу освітніх даних для моніторингу успішності та персоналізації навчання, що ускладнює об'єктивне оцінювання ефективності цифрових методик.

7. Відсутність системної інституційної підтримки та стимулювання викладачів до неперервного професійного розвитку у сфері цифрової педагогіки, що призводить до спорадичного та нерівномірного підвищення їхньої кваліфікації. В Україні спостерігається суттєвий дефіцит офіційно затверджених цифрових освітніх ресурсів, які повною мірою відповідали б державним освітнім програмам. Хоча міжнародні платформи, як-от Coursera, EdX, Khan Academy та Labster, пропонують високоякісний контент та інноваційні методики, їхнє широке використання в українських закладах освіти обмежене через кілька факторів: необхідність платного доступу (висока вартість ліцензій) та домінування англomовного контенту. Ця ситуація ускладнюється тим, що значна частина якісного спеціалізованого програмного забезпечення є комерційною, а фінансова неспроможність закладів освіти перешкоджає його масовому впровадженню. Водночас, наявні безкоштовні альтернативи часто виявляються функціонально обмеженими (наприклад, відсутність ключових функцій, таких як повноцінне тестування чи створення інтерактивних моделей) або містять відволікаючу рекламу, що негативно впливає на якість та ефективність освітнього процесу.

Для забезпечення ефективного та системного формування цифрової компетентності викладачів природничих дисциплін пропонується запровадити інноваційну педагогічну модель CoMOOC (Collaborative Massive Open Online Course) [6], яка ґрунтується на ключових принципах колаборативного навчання і міждисциплінарної взаємодії. Ця модель не є просто форматом дистанційного курсу, а є цілісною методичною стратегією, спрямованою на подолання виявлених проблем у сфері цифрової підготовки. CoMOOC передбачає створення міждисциплінарних команд викладачів (наприклад, фізиків, математиків, хіміків), які спільно працюють над розробкою якісних цифрових освітніх ресурсів з урахуванням специфіки природничих наук. Це включає колективне створення віртуальних лабораторних практикумів, інтерактивних симуляцій та складних



завдань для проблемно-орієнтованого навчання. Важливим елементом моделі є активне залучення педагогів до міжнародних освітніх проєктів та мереж, що не лише збагачує їхній професійний досвід шляхом ознайомлення з передовими світовими практиками, але й розширює кругозір щодо новітніх технологій (наприклад, застосування ІІІ-інструментів у науковому моделюванні). Невід'ємною складовою моделі виступає система взаємного оцінювання, а також постійний і структурований обмін досвідом між усіма учасниками освітнього процесу. Такий механізм колективного професійного зростання сприяє не тільки індивідуальному підвищенню кваліфікації, але й швидкій інституціоналізації отриманих цифрових навичок й інноваційних методик у освітньому процесі. В результаті, модель СоМООС забезпечує гнучкість навчання, відповідність вимогам європейського фреймворку DigCompEdu та ефективну адаптацію викладання природничих дисциплін до умов стрімкої цифровізації.

Проаналізувавши найбільш доступні та релевантні види електронних освітніх платформ, ми здійснили виокремлення ключових цифрових технологій, оптимальних для викладання природничих дисциплін – біології, хімії, фізики, математики.

Віртуальні лабораторії визначаються як цифрові платформи або спеціалізовані програмні інструменти, які здійснюють точну імітацію функціоналу традиційних фізичних лабораторій для цілей навчання, наукових досліджень та експериментування. Вони надають здобувачам можливість виконувати складні практичні завдання та процедури, які зазвичай проводяться в реальних лабораторних умовах, проте без використання фізичних матеріалів та дороговартісного обладнання. Завдяки своїй високій доступності, гнучкості і безпеці, віртуальні лабораторії дозволяють здобувачам проводити експерименти, включаючи ті, що є небезпечними або неможливими в умовах стандартного навчального процесу. До найбільш доступних та функціональних прикладів віртуальних лабораторій, що мають високий дидактичний потенціал, належать:

- Labster (<https://www.labster.com/>) – це інтерактивна платформа, яка пропонує широкий спектр (понад 300) симуляцій реальних експериментів, охоплюючи ключові розділи біології (дослідження ДНК, мікробіологія), хімії (реакції, титрування) та фізики (вимірювання, механіка).

- PhET Interactive Simulations (<https://phet.colorado.edu/>) – безкоштовна платформа, розроблена Університетом Колорадо, що пропонує сотні динамічних та інтуїтивно зрозумілих симуляцій для фізики, хімії, біології, математики та наук про Землю. Вона акцентує увагу на візуалізації взаємозв'язку між реальними явищами та науковими концепціями.

- ChemCollective (<http://www.chemcollective.org/>) – ресурс, орієнтований переважно на хімію, який надає віртуальні хімічні лабораторії з можливістю проведення небезпечних або дорогих експериментів у безпечному цифровому



середовищі, а також пропонує проблемно-орієнтовані навчальні сценарії. Це якісний інструмент для виконання віртуальних хімічних експериментів, зокрема титрування чи визначення концентрації розчинів.

Інтерактивні симуляції та моделі являють собою ключові цифрові інструменти, які надають здобувачам освіти можливість глибокої взаємодії з динамічними процесами, природничими явищами або складними системами у контрольованому віртуальному середовищі. Ці інструменти широко використовуються для навчання, досліджень, професійного тренування, оскільки вони забезпечують унікальну можливість експериментувати з параметрами вхідних даних і миттєво спостерігати результуючі зміни в реальному часі. Це значно підвищує рівень розуміння причинно-наслідкових зв'язків у природничих науках. До найбільш ефективних та поширених прикладів інтерактивних симуляцій належать:

—PhET Interactive Simulations (<https://phet.colorado.edu/>) – відома платформа, що пропонує динамічні симуляції для широкого спектру природничих наук (біологія, фізика, хімія). Вона ідеально підходить для моделювання процесів, таких як швидкість хімічних реакцій, кінетика руху частинок у газах або механізми фотосинтезу, наочно ілюструючи абстрактні концепції.

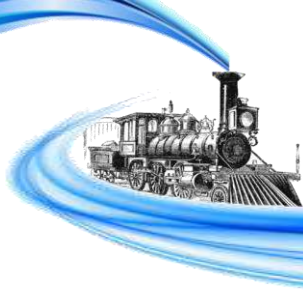
—NetLogo (<https://ccl.northwestern.edu/netlogo/>) – мультиагентне програмне середовище моделювання. Воно використовується для створення складних симуляцій, особливо у біології та екології, дозволяючи моделювати поведінку великої кількості незалежних агентів, наприклад, еволюцію популяцій, поширення хвороб або динаміку екосистем.

—Molecular Workbench (<https://mw.concord.org/>) – інструмент для моделювання на атомарному та молекулярному рівнях. Його застосовують для викладання хімії та фізики, дозволяючи здобувачам візуалізувати та взаємодіяти з моделями молекул, атомів та кристалічних ґраток, поглиблюючи розуміння хімічних зв'язків та термодинаміки на мікрорівні.

Ключові освітні платформи, які є найбільш ефективними та широко використовуються у викладанні математики, зокрема на різних рівнях освіти:

—GeoGebra (<https://www.geogebra.org/>). Це динамічне математичне програмне забезпечення, яке об'єднує геометрію, алгебру, таблиці, графіки, статистику та числення в єдиному інтерактивному пакеті. Ідеально підходить для візуалізації абстрактних математичних функцій, створення динамічних геометричних конструкцій та інтерактивного дослідження залежності графічного зображення від алгебраїчних параметрів. Підтримує співпрацю та обмін навчальними матеріалами.

—WolframAlpha (<https://www.wolframalpha.com/>). Обчислювальна база знань та потужний аналітичний інструмент, здатний виконувати складні символічні та числові обчислення. Використовується для виконання диферен-



ціального та інтегрального числення, лінійної алгебри, розв'язання рівнянь та аналізу даних. Його ключова перевага полягає у можливості надання покрокових пояснень розв'язання задач (Step-by-step solutions), що є безцінним для самоосвіти студентів та демонстрації складних методів.

Висновки. У статті було здійснено комплексний аналіз можливостей та ключових викликів, пов'язаних із системною інтеграцією цифрових технологій у викладання природничих дисциплін. Ми дійшли переконання, що цифрові інструменти відкривають вагомі перспективи для якісного покращення освітнього процесу, зокрема, через підвищення рівня засвоєння знань, розвиток дослідницьких навичок та критичного мислення. Застосування віртуальних лабораторій, інтерактивних симуляцій, мультимедійних ресурсів та алгоритмів штучного інтелекту здатне зробити природничу освіту більш наочною, доступною, практико-орієнтованою та мотивуючою для здобувачів. Водночас, ми акцентували увагу на суттєвих викликах, які ускладнюють ефективне та повноцінне впровадження цифрових технологій. До них належать: недостатнє технічне забезпечення закладів освіти, дефіцит якісного україномовного контенту, ризик інформаційного перевантаження цифровими матеріалами, а також етичні та правові ризики, пов'язані з використанням новітніх технологій. Вирішення цих системних проблем вимагає комплексного підходу, узгоджених дій на державному та інституційному рівнях, а також проведення подальших емпіричних досліджень щодо оптимальних дидактичних моделей.

Література

1. Жук О. Формування цифрової компетентності викладача природничих дисциплін у педагогічних ЗВО. Цифрова трансформація освіти і науки : матеріали III Всеукр. наук.-практ. конф., (м. Харків, 06–07 берез. 2025 р.) / Харків. нац. пед. ун-т ім. Г. С. Сковороди та ін. ; редкол.: Ю. Д. Бойчук (голов. ред.) та ін. Харків : ХНПУ ім. Г. С. Сковороди, 2025. С. 84–88.
2. Придеткевич Ю. О., Самар А. В. Перспективи, виклики та наслідки цифровізації освітнього процесу під час вивчення дисциплін природничого циклу в закладах загальної середньої освіти. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія : Педагогіка*. Вип. 30. 2024. С. 145–149.
3. Самар А. В. Впровадження STEM-освіти на заняттях хімії у вищих навчальних закладах шляхом використання платформ та сервісів. *Інноваційна педагогіка*. Вип. 70. 2024. С. 24–27.
4. Самар А. В., Черневич В.В. Інтеграція цифрових інструментів у викладанні природничих дисциплін: можливості та виклики. *Науковий вісник Південноукраїнського національного педагогічного університету імені К. Д. Ушинського*. №1 (150). 2025. С. 152-158.
5. Черневич В. В. Особливості викладання природничих дисциплін в умовах дистанційного навчання. Молоді вчені: гіпотези, проекти, дослідження (природничі та аграрні науки): зб. матеріалів Всеукр. наук.- практ. конф. (Миргород, 2025 р.). ДЗ «Луган. нац. ун-т ім. Тараса Шевченка». Миргород, 2025. С. 92–94.
6. Laurillard D. The Comoo Model for Global Professional Collaboration on Sustainability. UCL Discovery. 2020. С. 112-128. DOI: 10.5522/04/12972692. URL: <https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/10183402/> (дата звернення 05.11.2025)
7. The Digital Education Action Plan (2021-2027). URL: <https://education.ec.europa.eu/focus-topics/digital-education/action-plan> (дата звернення 04.11.2025)



References

1. Zhuk O. (2025). Formuvannia tsyfrovoi kompetentnosti vykladacha pryrodnychych dystsyplin u pedahohichnykh ZVO [Formation of digital competence of teachers of natural sciences in pedagogical higher education institutions]. *Tsyfrova transformatsiia osvity i nauky : materialy III Vseukr. nauk.-prakt. konf., (m. Kharkiv, 06–07 berez. 2025 r.) / Kharkiv. nats. ped. un-t im. H. S. Skovorody ta in.; redkol.: Yu. D. Boichuk (holov. red.) ta in. Kharkiv : KhNPU im. H. S. Skovorody, p. 84–88. [in Ukrainian]*
2. Prydetkevych Yu. O., Samar A. V. (2024). Perspektyvy, vyklyky ta naslidky tsyfrovizatsii osvitnoho protsesu pid chas vyvchennia dystsyplin pryrodnychoho tsyклу v zakladakh zahalnoi serednoi osvity [Prospects, challenges, and consequences of the digitization of the educational process in the study of natural sciences in general secondary education institutions]. *Zbirnyk naukovykh prats Kamianets-Podilskoho natsionalnoho universytetu imeni Ivana Ohienka. Serii : Pedahohika. Vyp. 30. S. 145–149. [in Ukrainian]*
3. Samar A. V. (2024). Vprovadzhennia STEM-osvity na zaniattiakh khimii u vyshchych navchalnykh zakladakh shliakhom vykorystannia platform ta servisiv [Introduction of STEM education in chemistry classes in higher education institutions through the use of platforms and services]. *Innovatsiina pedahohika. Vyp. 70. S. 24–27. [in Ukrainian]*
4. Samar A. V. Chernevych V.V. (2025). Intehratsiia tsyfrovychykh instrumentiv u vykladanni pryrodnychych dystsyplin: mozhlyvosti ta vyklyky [Integration of digital tools in teaching natural sciences: opportunities and challenges]. *Naukovyi visnyk Pivdenoukrajinskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni K. D. Ushynskoho. №1 (150). S. 152-158. [in Ukrainian]*
5. Chernevych V. V. (2025). Osoblyvosti vykladannia pryrodnychych dystsyplin v umovakh dystantsiinoho navchannia [Features of teaching natural sciences in distance learning]. *Molodi vcheni: hipotezy, proiekty, doslidzhennia (pryrodnychi ta ahrarni nauky) : zb. materialiv Vseukr. nauk.- prakt. konf. (Myrhorod, 2025 r.). DZ «Luhan. nats. un-t im. Tarasa Shevchenka». Myrhorod, S. 92–94. [in Ukrainian]*
6. Laurillard D. (2020). The Comooc Model for Global Professional Collaboration on Sustainability. *UCL Discovery. S. 112-128. DOI: 10.5522/04/12972692. URL: <https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/10183402/> (data zvernennia 05.11.2025) [in English]*
7. The Digital Education Action Plan (2021-2027). URL: <https://education.ec.europa.eu/focus-topics/digital-education/action-plan> (data zvernennia 04.11.2025) [in English]