

<https://doi.org/10.28925/2412-124X.2025.14.11>

УДК 37.091.12.011.3-051:5]:005.963

Вікторія Наумова

<https://orcid.org/0000-0002-0114-4749>

старший викладач кафедри природничо-математичної освіти і технологій,
Інститут післядипломної освіти,
Київський столичний університет імені Бориса Грінченка,
просп. Павла Тичини, 17, 02152 Київ, Україна
v.naumova@kubg.edu.ua

ПРОФЕСІЙНИЙ РОЗВИТОК УЧИТЕЛІВ ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНОЇ ОСВІТИ І ТЕХНОЛОГІЙ: ЗАРУБІЖНИЙ ДОСВІД

У статті пропонується аналіз зарубіжного досвіду практик професійного розвитку вчителів природничо-математичної освіти і технологій з акцентом на його потенційну адаптацію до української системи післядипломної педагогічної освіти в умовах воєнного стану. Підкреслено необхідність формування в педагогів компетентностей для ефективного використання інноваційних освітніх технологій, інтеграції дослідницьких методів та розвитку рефлексивної педагогічної практики. Методологія статті передбачає систематичний, критичний та компаративістський аналіз результатів останніх зарубіжних емпіричних досліджень, що дозволяє окреслити сучасні тенденції професійного розвитку педагогів і визначити перспективи їх імплементації в Україні. Наголошено, що в зарубіжних дослідженнях науковці пропонують використовувати технологічно орієнтовані програми підвищення кваліфікації, які сприяють розвитку цифрової компетентності, педагогічної самосвідомості, навичок критичного мислення та рефлексії вчителів. Особлива увага приділяється використанню віртуальних симуляцій, цифрових освітніх платформ і інструментів для зворотного зв'язку, що дозволяють педагогам моделювати реальні ситуації навчання без ризику помилки. Акцентовано, що сучасні напрями професійного розвитку педагогів орієнтовані на інтеграцію технологічних рішень, які забезпечують персоналізацію професійного зростання вчителів. З'ясовано, що інтеграція зарубіжних практик у післядипломну педагогічну освіту в Україні сприятиме формуванню компетентного, рефлексивного та інноваційно налаштованого вчителя, здатного адаптуватися до цифрових викликів та забезпечувати якість освіти в умовах воєнного та післявоєнного відновлення. Установлено, що зміст професійного розвитку вчителів природничо-математичної освіти і технологій має бути зорієнтований на інтеграцію сучасних цифрових інструментів, розвиток педагогічної та дослідницької компетентності, формування рефлексивних навичок і здатності адаптувати інноваційні методики до умов сучасного навчального середовища.

Ключові слова вчителі природничо-математичної освіти і технологій, інформаційно-освітнє середовище, післядипломна педагогічна освіта, професійна компетентність, професійний розвиток, цифрова освіта.

Вступ. Актуальність вивчення зарубіжного досвіду емпіричних досліджень щодо професійного розвитку вчителів природничо-математичної освіти і технологій зумовлена необхідністю модернізації української системи підвищення кваліфікації педагогів відповідно до викликів цифрової освіти. Сучасна українська освіта потребує педагогів, які здатні інтегрувати інноваційні технології та дослідницькі методи у власну практику та інформаційно-освітнє середовище. Для України важливим є адаптація освітніх технологій до умов воєнного стану, коли зростає роль дистанційного та змішаного навчання.

Проблема дослідження полягає у недостатній вивченості динаміки формування сприйняття та намірів учителів щодо впровадження інноваційних підходів до підвищення професійної компетентності на різних етапах їхньої професійної кар'єри. Незважаючи на визнання важливості інновацій у педагогічній практиці, нині бракує емпіричних даних про те, як змінюються потреби, мотивація та готовність учителів природничо-математичної освіти і технологій до професійного розвитку. Відсутність чіткого розуміння цих відмінностей ускладнює розроблення ефективних, диференційованих модульних програм підвищення кваліфікації, що орієнтовані на індивідуальні траєкторії професійного зростання вчителів природничо-математичної освіти і технологій.

Отже, вивчення зарубіжних практик сприятиме підвищенню ефективності підготовки педагогів, формуванню їхньої професійної компетентності та зміцненню якості природничо-математичної освіти.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В Україні дослідження проблеми удосконалення професійного розвитку педагогів є достатньо актуальним. Моделі професійного розвитку вчителів обґрунтовано в наукових розвідках І. Воротникової (2018), І. Лупова, О. Bulvinska (2020). Різні напрями професійного розвитку освітян представлено в роботах О. Аніщенко (2023), В. Наумової, О. Бульвінської (2022), Н. Ничкало, Н. Муранової, О. Волярської та В. Кудіної (2022) та інших. Особливостям професійного розвитку вчителів в умовах війни в Україні присвячено дослідження І. Воротникової (2023), С. Олексенко, О. Хоменко (2024), С. Сисоевої (2024). Науковці наголошують на важливості урахування досвіду провідних країн світу щодо удосконалення професійного розвитку педагогів в умовах інформаційно-освітнього середовища.

У дослідженнях зарубіжних науковців (Alsina et al., 2019; Chan et al., 2025; Cheng et al., 2025; Saralar-Aras, Güneş, 2025) показано, що і майбутні, і вчителі-практики потребують спеціальної підготовки для ефективного використання цифрових інструментів у контексті навчання учнів природничо-математичних наук.

Так А. Alsina et al. (2019), опитавши 231 учителя початкових шкіл в Іспанії щодо керівних принципів саморегулювання для формування профілю вчителя, довели, що шляхом впровадження реалістично-рефлексивної моделі навчання можна змінити знання, які можуть бути перешкодою для побудови власного профілю вчителя. Отриманий результат підтверджує те, що формування професійного профілю вчителя можна ефективно підтримувати через цілеспрямоване впровадження реалістично-рефлексивних моделей навчання, які впливають на розвиток педагогічної самосвідомості. Отже, рефлексивні практики виступають ключовим механізмом розвитку професійної компетентності та формування індивідуального педагогічного профілю.

Подібно до цього, І. Saralar-Aras, Н. Güneş (2025) підкреслюють значення цифрової грамотності майбутніх учителів математики, які мають вміти використовувати платформи дистанційного навчання (Padlet, Moodle, ClassDojo) та предметно-специфічні ресурси, як-от GeoGebra чи Hour of Code.

Дослідження К. К. Н. Chan et al. (2025) з університету Гонконгу актуалізує розвиток технологічно-педагогічного знання, що дозволяє вчителям впроваджувати діалогічне навчання з використанням динамічних візуалізацій математичних понять.

Інші дослідження зарубіжних науковців (Mikeska et al., 2025; Schwartz et al., 2024) акцентують увагу на розвитку педагогічних компетентностей, як-от організація аргументованого дискурсу й уміння інтерпретувати ідеї учнів у проблемному навчанні, що має безпосереднє значення для підтримки критичного мислення в умовах нестабільного суспільного контексту. Результати цих робіт доводять, що технології стають не лише засобом навчання, а й змістом професійного зростання педагогів, які мають оволодіти інструментами, котрі використовують їхні учні.

В умовах воєнних викликів, коли дистанційне та змішане навчання стають домінуючими форматами в закладах загальної середньої освіти в Україні, критично важливим є вміння вчителів поєднувати педагогічні цілі з цифровими рішеннями. Це передбачає усвідомлене використання платформ управління навчанням, інструментів моделювання й аналітики, що дозволяють підтримувати навчальну мотивацію та автономію учнів. Для вчителів природничо-математичної освіти і технологій технологічна компетентність є невід'ємною складовою професійної готовності, адже саме вона забезпечує глибше розуміння предмета та створення інтерактивного освітнього середовища.

Мета статті – здійснити аналіз результатів емпіричних досліджень зарубіжних науковців і виокремити шляхи їх імплементації в практику післядипломної педагогічної освіти України.

Методологія статті поєднує систематичність, критичність та аналітичність, що дозволяє отримати цілісне уявлення про сучасні тенденції професійного розвитку вчителів у міжнародній практиці та виділити потенційні напрямки для вдосконалення української післядипломної педагогічної освіти. Методами дослідження є теоретичний і компаративістський аналізи даних.

Результати дослідження. Сучасні тенденції в післядипломній педагогічній підготовці вчителів засвідчують зростання інтересу до використання освітніх технологій як інструменту створення автентичного, наближеного до реальної практики інформаційно-освітнього середовища. Такий підхід сприяє формуванню практично орієнтованого досвіду, що є особливо значущим для вчителів природничо-математичних дисциплін і технологій.

Професійний розвиток учителів характеризує складну й динамічну систему неперервного вдосконалення професійних компетентностей і педагогічної майстерності, що розпочинається ще на етапі фахової підготовки в умовах вищої школи та триває протягом усієї професійної кар'єри (Nychkalo et al., 2022). Професійний розвиток в умовах післядипломної педагогічної освіти передбачає постійну саморефлексію, адаптацію до змін освітнього середовища та інтеграцію новітніх педагогічних і технологічних практик вчителя у власну професійну майстерність.

У статті німецьких науковців «Професійний розвиток вчителів математики» (Schwarz, Kaiser, 2019) професійний розвиток вчителів розглядається як центральний чинник впливу на ефективність шкільної освіти. Таке розуміння було доведено емпіричними результатами, що визначають зв'язок між професійними знаннями вчителів та досягненнями учнів. За даними емпіричних досліджень зарубіжних науковців, цей процес є ключовим чинником підвищення ефективності педагогічної діяльності та, відповідно, якості навчальних досягнень учнів.

Використання освітніх технологій від цифрових платформ і програмного забезпечення до спеціально розробленого навчального контенту відкриває нові горизонти для вдосконалення педагогічної компетентності. Застосування таких технологій у процесі професійного розвитку вчителів не лише модернізує традиційні підходи до організації і впровадження підвищення кваліфікації вчителів, але й сприяє формуванню інноваційної культури педагогічної діяльності.

Уважаємо, що в умовах воєнного стану в Україні ця тенденція набула особливої актуальності, що прискорила цифрову трансформацію післядипломної педагогічної освіти. Отже, сучасні ініціативи професійного розвитку вчителів орієнтовані на інтеграцію технологічних рішень, що забезпечують гнучкість, доступність і персоналізацію післядипломної освіти вчителів.

У межах концепції наближеного навчання (approximation of practice) відбувається впровадження цілеспрямованих педагогічних стратегій, які поетапно моделюють реальні ситуації педагогічної діяльності з метою розвитку професійних умінь учителів (Grossman,

2021). Використання віртуальних симуляцій та цифрових освітніх платформ дає змогу педагогам без ризику помилки відпрацьовувати навчальні дії, алгоритми та комунікативні стратегії.

Отже, технологічно підтримані моделі професійного навчання забезпечують високий рівень занурення в педагогічну практику, поєднують безпечне інформаційно-освітнє середовище з можливістю рефлексії та вдосконалення фахових компетентностей.

Одним з ключових напрямів сучасних зарубіжних досліджень професійного розвитку вчителів є використання технологій для забезпечення цілеспрямованого зворотного зв'язку, що стимулює глибоку змістову рефлексію педагогічної діяльності. Ефективним прикладом такого підходу є програма CDA, представлена в статті «Впровадження освіти творців: порівняльний аналіз намірів між діючими та майбутніми вчителями STEM» (Cheng et al., 2025). Програма перетворює складні відеодані у візуалізації, полегшує аналіз навчальних процесів. Завдяки цьому вчителі отримують можливість ідентифікувати суттєві закономірності та критичні моменти уроків, що сприяє розвитку їхньої аналітичної та рефлексивної компетентності.

Аналогічно, у дослідженні американських вчених «Використання асинхронних цифрових симуляцій уроків на основі проблем для підтримки професійного розвитку вчителів математики: підхід на основі дизайну» (Schwartz et al., 2025) симуляційні середовища містять інтерактивні екрани зворотного зв'язку, які моделюють конструктивну взаємодію з колегами під час спільного обговорення дизайну уроків. Такі технологічні інструменти створюють умови для безпечного експериментування з педагогічними рішеннями, підтримують процес навчання завдяки впровадженню діалогів та рефлексії. У підсумку, використання візуалізацій і симуляцій у процесі професійного розвитку вчителів сприяє формуванню в них критичного мислення і рефлексивних практик.

Дослідники із Університету Гонконгу запропонували розробку програми професійного розвитку вчителів, яка ґрунтується на циклі емпіричного навчання. Мета полягає в тому, щоб надати вчителям автентичний досвід навчання та дослідити їхні наміри щодо подальшого впровадження отриманих знань. Їхнє сприйняття оцінюється після участі в програмі професійного розвитку вчителів за допомогою теорії планової поведінки. Ця теорія наголошує, що намір здійснювати певну поведінку залежить від настанов, суб'єктивних норм та сприйнятого поведінкового контролю. Крім того, у розробку програми професійного розвитку вчителів було включено гібридний підхід для поєднання онлайн та очного навчання вчителів, тим самим підвищуючи гнучкість та доступність для учасників (Chan et al., 2025). Науковці довели, що вчителі-практики відіграють вирішальну роль у впровадженні інноваційних стратегій навчання для учнів.

Результати дослідження А. Alsina (2019) вказують на те, що реалістично-рефлексивні моделі навчання стимулюють критичне осмислення шкільними вчителями власної педагогічної практики. Педагоги отримують можливість ідентифікувати власні сильні сторони та зони для вдосконалення, що підвищує їхню здатність до саморегуляції та адаптації інноваційних технологій. У результаті формуються стійкі професійні компетентності, підвищується якість уроків і ефективність взаємодії з учнями, а також зміцнюється готовність до неперервного навчання протягом усієї кар'єри і професійного зростання.

Зарубіжні науковці підкреслюють важливість розуміння того, як вчителі перетворюють своє новостворене розуміння на сталий педагогічний досвід та механізм професійних змін. Ґрунтуючись на взаємопов'язаній моделі професійного зростання, вважаємо за доцільне виокремити взаємний зв'язок між компетентністю вчителя та його практичною професійною діяльністю, що сприяє рефлексії як каталізатора змін.

Зарубіжні дослідники (Dede, Lidwell, 2023; Stavermann, 2024) наголошують, що ключовим аспектом професійного розвитку є здатність учителя трансформувати нові знання

та ідеї в сталі педагогічні практики, які сприяють довготривалим змінам у його професійній діяльності. Рефлексія у цьому контексті є каталізатором професійного самовдосконалення, що дозволяє педагогам осмислювати власну діяльність і коригувати її відповідно до освітніх цілей.

Для української системи післядипломної педагогічної освіти інтеграція означає перехід від традиційних форм навчання до практико-орієнтованих, рефлексивних та дослідницьких моделей. Важливо, щоб учителі не лише отримували нові знання, а й навчалися впроваджувати їх у реальному освітньому середовищі через супервізію, менторство та професійні спільноти. До прикладу, упровадження в Україні фінської моделі «learning by doing» на курсах підвищення кваліфікації дало б змогу педагогам природничо-математичних дисциплін і технологій опановувати нові технологічні інструменти через практичне застосування в лабораторних або онлайн-середовищах.

Так İ. Saralar-Aras, H. Güneş (2025) зосередилися на аналізі професійної компетентності вчителів. Дослідники використали як якісні, так і кількісні дані і продемонстрували, що сприйняття компетентності майбутніх вчителів (вибірка $n = 15$) для виконання різних ролей у дистанційній освіті покращилося після проходження програм професійного розвитку.

Колектив американських дослідників під керівництвом G. Schwarts (2025) розробили цифрові асинхронні симуляції, де вчителі приймають рішення щодо конкретних предметів для віртуального аватара вчителя. Симуляції базуються на матеріалах та принципах програми професійного розвитку, що базується на практиці і реалізується в невеликих групах учителів. Аналіз рефлексивних завдань майбутніх вчителів математики виявив зміну в ставленні до проблемного навчання, підкреслив підвищене усвідомлення його складності та розробку стратегій як для планування наперед, так і для реагування в актуальний момент. Дослідники також надали дані про покращення знань та навичок майбутніх вчителів, порівнювали їхні рішення щодо вибору учнівських робіт, що були зібрані в симуляціях, до та після втручання. Зокрема, науковці наголошують на необхідності зосередитися на зборі та інтерпретації процесуальних даних, отриманих із серверних систем під час взаємодії педагогів з цифровими платформами. Такий підхід відкриває можливості для детальнішого вивчення динаміки навчальної активності, прийняття рішень і формування професійних стратегій учителів у реальному часі.

Отже, використання великих даних (learning analytics) дозволить дослідникам виявляти закономірності в поведінці педагогів і точніше оцінювати ефективність програм професійного розвитку. Уважаємо, що інтеграція технологічно орієнтованих методів збору даних становить перспективний напрям удосконалення емпіричних досліджень у галузі післядипломної педагогічної освіти.

Висновки і перспективи досліджень. В умовах воєнного стану в Україні питання професійного розвитку вчителів природничо-математичних дисциплін і технологій набуває стратегічного значення, адже саме від їхньої здатності адаптуватися до змін і впроваджувати інноваційні підходи залежить якість освіти в кризовому середовищі. Досвід зарубіжних країн із розвиненими освітніми системами демонструє ефективні моделі підтримки неперервного професійного зростання вчителів через технологічно орієнтовані програми та міждисциплінарне навчання.

Аналіз зарубіжних емпіричних досліджень дає змогу констатувати, що їх результати надають певні докази того, що програми професійного розвитку, які містять оволодіння новими сучасними технологіями, що спрямовані на формування і розвиток необхідних вчителю компетентностей, можуть покращити педагогічну практику вчителів. Сучасні програми професійного розвитку, які представлені в дослідженнях зарубіжних науковців,

зосереджені на формуванні цільових компетентностей учителя, що охоплюють знання, уміння, цінності та готовність інтегрувати технологічні рішення в освітній процес.

Адаптація зарубіжного досвіду сприятиме формуванню рефлексивного, компетентного вчителя, що здатен до саморозвитку та впровадження інновацій у післявоєнній українській освіті.

У підсумку професійний розвиток учителів природничо-математичної освіти і технологій в Україні має спрямовуватись на формування інтегрованої системи компетентностей (технологічної, педагогічної, дослідницької та емоційно-ціннісної). Водночас важливо формувати позитивне ставлення до освітніх інновацій і готовність до цифрової трансформації, що визначає ефективність адаптації української системи підвищення кваліфікації педагогів до умов воєнного та післявоєнного відновлення.

Перспективи подальших досліджень полягають у розширенні використання технологічних інструментів для глибшого аналізу процесів професійного розвитку вчителів.

Список використаної літератури

1. Аніщенко О. Проблема професійного розвитку педагогічного персоналу у сфері дорослих: методологічні підходи. *Розвиток сучасної мистецько-педагогічної освіти: національний і європейський контекст: монографія* / за наук. ред. М. Вовк. Сучава: Сучавський університет імені Штефана чел Маре, 2023. С. 366–377. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/739209/> (дата звернення: 04.10.2025).
2. Воротникова І. Моделі професійного розвитку вчителя в умовах реформи післядипломної педагогічної освіти. *Неперервна професійна освіта: теорія і практика*. 2018. № 3–4. С. 21–27. DOI: <https://doi.org/10.28925/1609-8595.2018.3-4.2127>
3. Воротникова І. Професійний розвиток вчителів для забезпечення якісної природничо-математичної освіти в умовах війни в Україні. *Освітологічний дискурс*. 2023. № 4 (43). С. 1–14. DOI: <https://doi.org/10.28925/2312-5829.2023.41>
4. Наумова В., Бульвінська О. Відкриті освітні платформи для професійного розвитку вчителів природничо-математичної освіти і технологій. *Неперервна професійна освіта: теорія і практика*. 2023. № 3 (76). С. 75–83. DOI: <https://doi.org/10.28925/1609-8595.2023.3.7>
5. Олексенко С., Хоменко О. Мотивація професійного розвитку вчителів під час війни в Україні. *SWorldJournal*. 2024. № 2 (26-02). С. 108–115. DOI: <https://doi.org/10.30888/2663-5712.2024-26-00-005>
6. Сисоєва С. Професіоналізація вчителя в умовах воєнного стану в Україні. *Неперервна професійна освіта: теорія і практика*. 2024. № 79 (2). С. 7–17. DOI: <https://doi.org/10.28925/2412-0774.2024.2.1>
7. Alon L., Schwartz G., Sabbah S. Resilience as a pedagogical Process: A multidimensional model of STEM teachers' cognitive, emotional, and social resilience during crisis. *Teaching and Teacher Education*. 2025. Vol. 167. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tate.2025.105225>
8. Alsina Á., Batllori R., Falgàs M., Vidal I. Marcas de autorregulación para la construcción del perfil docente durante la formación de maestros. *Revista Complutense de Educación*. 2019. № 30 (1). P. 55–74. DOI: <https://doi.org/10.5209/RCED.55466>
9. Chan K. K. H., Xu L., Mesiti C. Rethinking the Who, What, and How of Teacher Professional Development: A Framework Emerging from the Special Issue on Technology-Enabled Professional Development for Science, Mathematics, and STEM teachers. *International Journal of Science and Mathematics Education*. 2025. № 23. P. 1947–1957. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10763-025-10584-5>
10. Cheng Y.-W., Chen C.-H., Chen N.-S. Adopting maker education: A comparative analysis of intentions between in-service and pre-service STEM teachers. *International Journal of Science and Mathematics Education*. 2025. № 23 (6). DOI: <https://doi.org/10.1007/s10763-025-10547-w>
11. Dede C., Lidwell W. Developing a next-generation model for massive digital learning. *Education Sciences*. 2023. № 13 (8). Art. 845. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci13080845>

12. Grossman P. Teaching core practices in teacher education. Cambridge, Massachusetts: Harvard Education Press, 2021. 224 p. URL: <https://books.google.com.ua/books?id=oP4hEAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=ru#v=onepage&q&f=false> (дата звернення: 24.09.2025).
13. Liu J., Wang K., Pan Z. The Effectiveness of Professional Development in the Self-Efficacy of In-Service Teachers in STEM Education: A Meta-Analysis. *Behavioral Sciences*. 2025. № 15 (10). Art. 1364. DOI: <https://doi.org/10.3390/bs15101364>
14. Lynova I., Bulvinska O. Continuing professional development of academic staff: theoretical approaches and models. *Continuing Professional Education: Theory and Practice*. 2020. 4 (65). P. 14–22. DOI: <https://doi.org/10.28925/1609-8595.2020.4.2>
15. Mikeska J. N., Howell H., Kinsey D. Teacher educators' use of formative feedback during preservice teachers' simulated teaching experiences in Mathematics and Science. *International Journal of Science and Mathematics Education*. 2025. № 23 (6). DOI: <https://doi.org/10.1007/s10763-024-10489-9>
16. Nychkalo N. G., Muranova N. P., Voliarska O. S., Kudina V. V. Professional development of academic staff by means of information and communication technologies: the ukrainian experince. *Information Technologies and Learning Tools*. 2022. № 4 (90). P. 162–172. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v90i4.4882>
17. Rehman N., Huang X., Mahmood A., Zafeer H. M. I., Mohammad N. K. Emerging trends and effective strategies in STEM teacher professional development: A systematic review. *Humanities and Social Sciences Communications*. 2025. № 12. Art. 32. DOI: <https://doi.org/10.1057/s41599-024-04272-y>
18. Saralar-Aras İ., Güneş H. Enhancing pre-service mathematics teachers' competencies in distance education: An empirical investigation utilizing micro-teaching and peer assessment. *International Journal of Science and Mathematics Education*. 2025. № 23 (6). DOI: <https://doi.org/10.1007/s10763-024-10501-2>
19. Stavermann K. Online teacher professional development: A research synthesis on effectiveness and evaluation. *Technology, Knowledge and Learning*. 2024. № 30 (1). P. 203–240. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10758-024-09792-9>
20. Schwartz G., Herbst P., Brown A. M. Harnessing asynchronous digital simulations of problem-based lessons to support mathematics teachers' professional development: A design-based approach. *International Journal of Science and Mathematics Education*. 2024. № 23 (6). DOI: <https://doi.org/10.1007/s10763-024-10514-x>
21. Schwarz B., Kaiser G. The Professional Development of Mathematics Teachers. *Compendium for Early Career Researchers in Mathematics Education. ICME-13 Monographs / Kaiser G., Presmeg N. (Eds.). Springer, Cham, 2019. P. 325–343. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-15636-7_15*
22. Wilson M. M., Zafar F., Nichol C. Fostering Inquiry: The Impact of Cross-Curricular Professional Development on STEM Teacher Practices. *Education Sciences*. 2025. № 15 (4). Art. 421. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci15040421>

References

- Anishchenko, O. (2023). [The Problem of Professional Development of Teaching Staff in the Field of Adult Education: Methodological Approaches]. In M. Vovk (Ed.), *Problema profesijnogo rozvitku pedagogichnogo personalu u sferi doroslih: metodologichni pidhodi. Rozvitok suchasnoyi mistecko-pedagogichnoyi osviti: nacionalnij i yevropejskij kontekst: monografiya* (pp. 366–377). Stefan cel Mare University of Suceava.
- Vorotnykova, I. (2018). Modeli profesijnogo rozvitku vchitelya v umovah reformi pislyadiplomnoyi pedagogichnoyi osviti [Models of professional development of teachers in the conditions of the reform of the postal pedagogical education]. *Continuing Professional Education: Theory and Practice*, 3–4, 21–27. <https://doi.org/10.28925/1609-8595.2018.3-4.2127>
- Vorotnykova, I. (2023). Profesijnij rozvitok vchiteliv dlya zabezpechennya yakisnoyi prirodnicho-matematichnoyi osviti v umovah vijni v Ukrayini [Professional Development of Teachers for the Implementation of Quality Science and Mathematical Education in the Context of War in Ukraine]. *Educological Discourse*, 4 (43), 7–20. <https://doi.org/10.28925/2312-5829.2023.41>

- Naumova, V., Bulvinska, O. (2023). Vidkriti osviti platformi dlya profesiinogo rozvitku vchiteliv prirodnicho-matematichnoï osviti i tekhnologii [Open Educational Platforms for The Professional Development of Teachers of Science, Mathematics and Technology]. *Continuing Professional Education: Theory and Practice*, 76 (3), 75–83. <https://doi.org/10.28925/1609-8595.2023.3.7>
- Oleksenko S. V., Khomenko O. A. (2024). Motivaciya profesijnogo rozvitku vchiteliv pid chas vijni v Ukraini [Motivation of the Professional Development of Teachers During the War in Ukraine]. *SWorldJournal*, 2 (26-02), 108–115. <https://doi.org/10.30888/2663-5712.2024-26-00-005>
- Sysoieva, S. (2024). Profesionalizaciya vchitelya v umovah voyennogo stanu v Ukraini [Teacher's Professionalization under Martial Law in Ukraine]. *Continuing Professional Education: Theory and Practice*, 79 (2), 7–17. <https://doi.org/10.28925/2412-0774.2024.2.1>
- Alon, L., Schwartz, G., Sabbah, S. (2025). Resilience as a pedagogical Process: A multidimensional model of STEM teachers' cognitive, emotional, and social resilience during crisis. *Teaching and Teacher Education*, 167. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2025.105225>
- Alsina, Á., Batllori, R., Falgàs, M., & Vidal, I. (2019). Marcas de autorregulación para la construcción del perfil docente durante la formación de maestros. *Revista Complutense de Educación*, 30 (1), 55–74. <https://doi.org/10.5209/RCED.55466>
- Chan, K. K. H., Xu, L. & Mesiti, C. (2025). Rethinking the Who, What, and How of Teacher Professional Development: A Framework Emerging from the Special Issue on Technology-Enabled Professional Development for Science, Mathematics, and STEM teachers. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 23, 1947–1957. <https://doi.org/10.1007/s10763-025-10584-5>
- Cheng, Y.-W., Chen, C.-H., & Chen, N.-S. (2025). Adopting maker education: A comparative analysis of intentions between in-service and pre-service STEM teachers. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 23 (6). <https://doi.org/10.1007/s10763-025-10547-w>
- Dede, C., & Lidwell, W. (2023). Developing a next-generation model for massive digital learning. *Education Sciences*, 13 (8), 845. <https://doi.org/10.3390/educsci13080845>
- Grossman, P. (2021). *Teaching core practices in teacher education*. Harvard Education Press. <https://books.google.com.ua/books?id=oP4hEAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=ru#v=onepage&q&f=false>
- Liu, J., Wang, K., & Pan, Z. (2025). The Effectiveness of Professional Development in the Self-Efficacy of In-Service Teachers in STEM Education: A Meta-Analysis. *Behavioral Sciences*, 15 (10), 1364. <https://doi.org/10.3390/bs15101364>
- Lynova, I., Bulvinska, O. (2020). Continuing professional development of academic staff: theoretical approaches and models. *Continuing Professional Education: Theory and Practice*, 4 (65), 14–22. <https://doi.org/10.28925/1609-8595.2020.4.2>
- Mikeska, J. N., Howell, H., & Kinsey, D. (2025). Teacher educators' use of formative feedback during preservice teachers' simulated teaching experiences in Mathematics and Science. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 23 (6). <https://doi.org/10.1007/s10763-024-10489-9>
- Nychkalo, N. G., Muranova, N. P., Voliarska, O. S., & Kudina, V. V. (2022). Professional development of academic staff by means of information and communication technologies: the ukrainian experince. *Information Technologies and Learning Tools*, 4 (90), 162–172. <https://doi.org/10.33407/itlt.v90i4.4882>
- Rehman, N., Huang, X., Mahmood, A., Zafeer, H. M. I., Mohammad, N. K. (2025). Emerging trends and effective strategies in STEM teacher professional development: A systematic review. *Humanities and Social Sciences Communications*, 12, 32. <https://doi.org/10.1057/s41599-024-04272-y>
- Saralar-Aras, İ., & Güneş, H. (2025). Enhancing pre-service mathematics teachers' competencies in distance education: An empirical investigation utilizing micro-teaching and peer assessment. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 23 (6). <https://doi.org/10.1007/s10763-024-10501-2>
- Stavermann, K. (2024). Online teacher professional development: A research synthesis on effectiveness and evaluation. *Technology, Knowledge and Learning*, 30 (1), 203–240. <https://doi.org/10.1007/s10758-024-09792-9>

- Schwartz, G., Herbst, P., & Brown, A. M. (2024). Harnessing asynchronous digital simulations of problem-based lessons to support mathematics teachers' professional development: A design-based approach. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 23 (6). <https://doi.org/10.1007/s10763-024-10514-x>
- Schwarz, B., & Kaiser, G. (2019). The Professional Development of Mathematics Teachers. In G. Kaiser, N. Presmeg (Eds.), *Compendium for Early Career Researchers in Mathematics Education. ICME-13 Monographs* (pp. 325–343). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15636-7_15
- Wilson, M. M., Zafar, F., & Nichol, C. (2025). Fostering Inquiry: The Impact of Cross-Curricular Professional Development on STEM Teacher Practices. *Education Sciences*, 15 (4), 421. <https://doi.org/10.3390/educsci15040421>

Стаття надійшла до редакції 14.10.2025

Прийнято до друку 27.11.2025

PROFESJONALNY ROZWÓJ NAUCZYCIELI EDUKACJI PRZYRODNICZO-MATEMATYCZNEJ I TECHNOLOGII: DOŚWIADCZENIA ZAGRANICZNE

Victoria Naumova

<https://orcid.org/0000-0002-0114-4749>

Starszy wykładowca na Wydziale Edukacji Przyrodniczej i Matematyki i Technologii,
Instytut Kształcenia Podyplomowego,
Kijowski Uniwersytet Metropolitalny im. Borysa Grinczenki,
17 Pavlo Tychynyna Ave. 02152, Kijów, Ukraina,
v.naumova@kubg.edu.ua

W artykule zaproponowano analizę zagranicznych doświadczeń dotyczących praktyk profesjonalnego rozwoju nauczycieli edukacji przyrodniczo-matematycznej i technologii, ze szczególnym uwzględnieniem ich potencjalnej adaptacji do ukraińskiego systemu doskonalenia nauczycieli w warunkach stanu wojennego. Podkreślono konieczność kształtowania u pedagogów kompetencji niezbędnych do skutecznego wykorzystania innowacyjnych technologii edukacyjnych, integracji metod badawczych oraz rozwoju refleksyjnej praktyki pedagogicznej. Metodologia artykułu obejmuje systematyczną, krytyczną i komparatystyczną analizę wyników najnowszych zagranicznych badań empirycznych, co pozwala określić współczesne tendencje w profesjonalnym rozwoju nauczycieli oraz wskazać perspektywy ich implementacji na Ukrainie. Zaznaczono, że w badaniach zagranicznych naukowcy proponują stosowanie technologicznie zorientowanych programów podnoszenia kwalifikacji, które sprzyjają rozwojowi kompetencji cyfrowych, samoświadomości pedagogicznej, umiejętności krytycznego myślenia oraz refleksji nauczycieli. Szczególną uwagę poświęcono wykorzystaniu symulacji wirtualnych, cyfrowych platform edukacyjnych oraz narzędzi informacji zwrotnej, umożliwiających pedagogom modelowanie rzeczywistych sytuacji dydaktycznych bez ryzyka popełnienia błędu. Podkreślono, że współczesne kierunki profesjonalnego rozwoju nauczycieli są ukierunkowane na integrację rozwiązań technologicznych, które zapewniają personalizację ścieżek zawodowego wzrostu pedagogów. Ustalono, że integracja zagranicznych praktyk w systemie doskonalenia nauczycieli na Ukrainie przyczyni się do kształtowania kompetentnego, refleksyjnego i innowacyjnego nauczyciela, zdolnego do adaptacji wobec wyzwań cyfrowych oraz zapewnienia wysokiej jakości edukacji w warunkach wojennych i powojennej odbudowy. Stwierdzono również, że treść profesjonalnego rozwoju nauczycieli edukacji przyrodniczo-matematycznej i technologii powinna być ukierunkowana na integrację nowoczesnych narzędzi cyfrowych, rozwój kompetencji pedagogicznych i badawczych, kształtowanie umiejętności refleksyjnych oraz zdolność adaptowania innowacyjnych metod do współczesnego środowiska edukacyjnego.

Słowa kluczowe: doskonalenie zawodowe nauczycieli, edukacja cyfrowa, kompetencje zawodowe, nauczyciele edukacji przyrodniczo-matematycznej i technologii, rozwój profesjonalny, środowisko informacyjno-edukacyjne.

PROFESSIONAL DEVELOPMENT OF SCIENCE, MATHEMATICS, AND TECHNOLOGY TEACHERS: INTERNATIONAL EXPERIENCE

Viktoriia Naumova

<https://orcid.org/0000-0002-0114-4749>

Senior Lecturer of the Chair of Natural Sciences and Mathematics Education and Technologies,
Borys Grinchenko Kyiv Metropolitan University,
17 Pavlo Tychyna Ave., 02152 Kyiv, Ukraine,
v.naumova@kubg.edu.ua

This review article analyses foreign experience in the professional development of teachers of natural sciences, mathematics and technology, with an emphasis on its potential adaptation to the Ukrainian system of postgraduate teacher education in conditions of martial law. It emphasises the need to develop teachers' competencies for the effective use of innovative educational technologies, the integration of research methods, and the development of reflective pedagogical practice. The methodology of the article involves a systematic, critical and comparative analysis of the results of recent foreign empirical studies, which allows us to outline current trends in the professional development of teachers and determine the prospects for their implementation in Ukraine. It is noted that in foreign studies, scientists propose the use of technology-oriented professional development programmes that promote the development of digital competence, pedagogical self-awareness, critical thinking and reflection skills of teachers. Particular attention is paid to the use of virtual simulations, digital educational platforms, and feedback tools that allow teachers to simulate real learning situations without the risk of error. It is emphasised that current trends in the professional development of teachers are focused on the integration of technological solutions that ensure the personalisation of teachers' professional growth. It has been established that the integration of foreign practices into postgraduate teacher education in Ukraine will contribute to the formation of competent, reflective and innovation-oriented teachers who are able to adapt to digital challenges and ensure the quality of education in conditions of war and post-war recovery. It has been established that the content of professional development for teachers of natural sciences, mathematics and technology should be focused on the integration of modern digital tools, the development of pedagogical and research competence, the formation of reflective skills and the ability to adapt innovative methods to the conditions of the modern learning environment.

Keywords: digital education, information and educational environment, postgraduate teacher training, professional competence, professional development, teachers of natural sciences, mathematics and technology.