

УДК 37.014.3:37.091.33:91

[https://doi.org/10.52058/2786-6025-2026-1\(55\)-1143-1155](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2026-1(55)-1143-1155)

Власенко Руслана Петрівна кандидат біологічних наук, доцент кафедри екології та географії, Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир, <https://orcid.org/0000-0002-3743-4406>

Андрійчук Тамара Вячеславівна кандидат біологічних наук, доцент кафедри екології та географії, Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир, <https://orcid.org/0000-0001-5402-9528>

МОДЕРНІЗАЦІЯ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ГЕОГРАФІЇ: STEM-СТРАТЕГІЇ ТА ЦИФРОВІ ТРАНСФОРМАЦІЇ В КОНТЕКСТІ НОВОЇ УКРАЇНСЬКОЇ ШКОЛИ

Анотація. У науковій статті здійснено комплексний теоретичний аналіз та представлено результати експериментальної перевірки методичної системи підготовки майбутніх учителів географії до реалізації STEM-технологій у закладах загальної середньої освіти. Актуальність дослідження зумовлена глобальними трансформаціями в освітньому просторі, що вимагають переходу від репродуктивних моделей навчання до конструктивістських підходів, де географічні знання інтегруються з інженерією, математичним моделюванням та високими технологіями.

Авторами акцентовано увагу на тому, що в умовах реалізації концепції «Нова українська школа» вчитель географії має трансформувати свою професійну роль від ретранслятора інформації до дизайнера інноваційного дослідницького середовища.

Методологічну базу дослідження становить системний підхід до організації освітнього процесу, що базується на міждисциплінарній інтеграції. У роботі деталізовано зміст та структуру впроваджених STEM-кейсів, розроблених для курсу «Географія материків та океанів» (7 клас). Зокрема, описано методику залучення здобувачів освіти до прикладного інженерного моделювання глибоководних апаратів для дослідження Маріанської западини та розробки технологічних проєктів систем опріснення води для аридних регіонів Африки й Австралії.

Особливе місце у дослідженні посідає використання геоінформаційних систем (ГІС), зокрема платформ ArcGIS Online та Google Earth, які дозволяють учням здійснювати складні просторові розрахунки, аналізувати динаміку океанічних течій та моделювати екологічні процеси.

Експериментальна частина роботи ґрунтується на порівняльному аналізі показників успішності та мотивації у контрольній та експериментальній групах. Результати педагогічного експерименту засвідчили статистично значущу перевагу STEM-орієнтованої методики над традиційними формами викладання. Математична обробка даних за допомогою t-критерію Стьюдента підтвердила достовірність отриманих змін у якості знань здобувачів. Окрему увагу приділено аналізу трансформації мотиваційної сфери здобувачів загальної середньої освіти: результати опитування продемонстрували суттєве зростання пізнавального інтересу та залученості до дослідницької діяльності завдяки використанню інструментів гейміфікації (Kahoot!) та цифрової картографії. Водночас у статті виявлено та проаналізовано методичні виклики, пов'язані з різним рівнем ІКТ-компетентності здобувачів загальної середньої освіти. Обґрунтовано необхідність підготовки майбутніх педагогів до розробки адаптивних цифрових скриптів та диференційованих інструкцій, що дозволяють мінімізувати технологічні труднощі під час роботи зі складним програмним забезпеченням. У висновках підкреслено, що системна STEM-підготовка вчителя географії є ключовим фактором формування цілісної природничонаукової картини світу у школярів та їхньої адаптації до вимог сучасного високотехнологічного ринку праці. Перспективи подальших розвідок пов'язані з імплементацією технологій віртуальної та доповненої реальності у процес підготовки вчителів природничого циклу.

Ключові слова: STEM-освіта, підготовка вчителів географії, геоінформаційні системи (ГІС), Нова українська школа, інженерне моделювання, міждисциплінарна інтеграція, цифровізація освіти, методика викладання географії, освітні трансформації, когнітивна активність.

Vlasenko Ruslana Petrivna Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Ecology and Geography, Ivan Franko Zhytomyr State University, Zhytomyr, <https://orcid.org/0000-0002-3743-4406>

Andriichuk Tamara Vyacheslavivna Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Ecology and Geography, Ivan Franko Zhytomyr State University, Zhytomyr, <https://orcid.org/0000-0001-5402-9528>

MODERNIZATION OF FUTURE GEOGRAPHY TEACHERS' TRAINING: STEM-STRATEGIES AND DIGITAL TRANSFORMATIONS IN THE CONTEXT OF THE NEW UKRAINIAN SCHOOL

Abstract. The scientific article carries out a comprehensive theoretical analysis and presents the results of an experimental verification of the methodical system for

preparing future geography teachers for the implementation of STEM technologies in general secondary education institutions. The relevance of the study is conditioned by global transformations in the educational space, which require a transition from reproductive learning models to constructivist approaches, where geographical knowledge is integrated with engineering, mathematical modeling, and high technologies. The authors emphasize that in the context of implementing the "New Ukrainian School" concept, a geography teacher must transform their professional role from a relay of information to a designer of an innovative research environment.

The pedagogical experiment's results involving control and experimental groups are highlighted. The authors detailed STEM cases including engineering modeling of deep-sea vehicles for the exploration of the Mariana Trench and the development of technological projects for water desalination systems in arid regions of Africa and Australia. It is proven that the use of geographic information systems (GIS), such as ArcGIS Online and Google Earth, allows students to perform complex spatial calculations and model environmental processes. Statistical analysis confirmed the reliability of the STEM methodology's advantage. The conclusion emphasizes that systematic STEM training of a geography teacher is a key factor in forming a holistic natural-scientific picture of the world in students.

Keywords: STEM education, geography teacher training, geographic information systems (GIS), New Ukrainian School, engineering modeling, interdisciplinary integration, digitalization of education, geography teaching methods, educational transformations, cognitive activity.

Постановка проблеми. Динамічний розвиток науково-технологічної сфери у XXI столітті диктує нові вимоги до якості шкільної освіти. Сьогодні пріоритетом стає не просто репродуктивна передача знань, а формування в здобувачів освіти критичного мислення, креативності та здатності до практичного розв'язання складних проблем. У цьому контексті особливої актуальності набуває впровадження STEM-підходу, що дозволяє створити цілісне, інтегроване навчальне середовище.

Попри значний міждисциплінарний потенціал, реалізація STEM-методів у процесі вивчення географії наразі стикається з низкою концептуальних та методичних викликів. Аналіз сучасної освітньої ситуації дозволяє виокремити ключову проблемну суперечність, яка полягає у розриві між: технологічним запитом, методологічним забезпеченням, дисциплінарним потенціалом та практичною реалізацією.

Таким чином, актуальність проблеми зумовлена необхідністю подолання традиційної моделі викладання географічної освіти шляхом розробки та впровадження цілісної STEM-стратегії. Це дозволить трансформувати географію з теоретичної дисципліни у прикладну наукову базу, що сприятиме

професійній орієнтації здобувачів та їхній адаптації до вимог сучасного високотехнологічного ринку праці.

Особливого значення набуває розвиток стійкої пізнавальної зацікавленості здобувачів загальної середньої освіти, яка у межах STEM-підходу переходить із площини пасивного спостереження у стан активного дослідницького азарту. Використання інтерактивних ГІС-технологій, елементів гейміфікації та інженерного конструювання дозволяє створити ситуацію успіху для кожного здобувача загальної середньої освіти, перетворюючи складні географічні закономірності на захопливий процес пошуку відповідей на глобальні виклики.

Залученість до створення реальних проєктів радикально змінює ставлення здобувачів загальної середньої освіти до предмета: географія перестає бути набором статичних фактів і стає «живою» наукою, яка надихає на власні відкриття. Саме така емоційна та інтелектуальна зацікавленість є фундаментом для формування ключових компетентностей особистості, здатної до самоосвіти та інноваційної діяльності в умовах цифровізації сучасного світу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема модернізації географічної освіти в контексті реалізації концепції «Нова українська школа» та впровадження STEM-технологій перебуває у центрі уваги багатьох сучасних науковців. Теоретичні засади реформування середньої освіти та стратегічні напрями STEM-навчання ґрунтовно висвітлено у працях О. Патрікеєвої та О. Стріжака, які розглядають цей підхід як дієвий інструмент формування цілісної картини світу у здобувачів освіти [9, 11].

Особливе значення для фахової підготовки майбутніх учителів мають дослідження Н. Морзе та О. Базелюк, у яких обґрунтовано доцільність імплементації геоінформаційних систем (ГІС) як базового STEM-інструменту. Автори доводять, що використання таких платформ, як ArcGIS або QGIS, забезпечує перехід від теоретичного опису географічних процесів до їхнього прикладного моделювання та цифрового аналізу, що є критично важливим для формування технологічної компетентності сучасного педагога [2, 8].

Важливим аспектом активізації пізнавальної діяльності є проєктна методика. У роботах Т. Гільберг детально аналізується реалізація STEM-освіти через проєктну діяльність, що дозволяє учням розв'язувати реальні екологічні та економічні проблеми регіону [5]. Це, своєю чергою, вимагає від майбутнього вчителя готовності виступати у ролі ментора та фасилітатора дослідницького процесу.

Значний внесок у дослідження інноваційних підходів до підготовки майбутніх фахівців та методичного оновлення освітнього процесу належить Р. Власенко, Т. Андрійчук [1, 3, 4, 7], чії праці акцентують увагу на практичній готовності вчителів до використання міждисциплінарних зв'язків. Зокрема,

фундаментальне значення мають напрацювання Л. Оршанського, В. Краснопольського та ін. [15], у яких обґрунтовано, що використання інтерактивних методів навчання є не просто технологічним оновленням, а докорінною зміною мети сучасної освіти, спрямованою на формування активної суб'єктності здобувачі освіти.

Стратегічні вектори розвитку природничої освіти та фахової підготовки вчителів деталізовано у працях Р. Власенко, О. Іванців та ін. [16]. Авторами розкрито сучасні стратегії навчання фахівців природничих спеціальностей у вищій школі, що створює методологічну базу для імплементації STEM-орієнтованих підходів у шкільну географію.

Виклики та перспективи впровадження високих технологій в освітнє середовище всебічно проаналізовано у колективній монографії за редакцією О. Топузова, М. Головка та ін. [17]. Дослідники розглядають цифрову трансформацію як комплексний процес, що вимагає розробки нових методичних рішень для реалізації потенціалу цифрових засобів у закладах загальної середньої освіти.

Вагомий внесок у розробку конкретних методик викладання зробили Л. В. Фролова та В. С. Костюк. У їхніх працях детально проаналізовано методичні аспекти STEM-орієнтованого навчання географії в закладах загальної середньої освіти, що дозволяє структурувати підготовку майбутнього вчителя не лише як ретранслятора знань, а як організатора інноваційного дослідницького простору [12].

Мета статті. Теоретично обґрунтувати та експериментально перевірити методичну систему підготовки майбутніх учителів географії до використання STEM-технологій як засобу модернізації їхньої професійної діяльності.

Виклад основного матеріалу дослідження. У контексті трансформації сучасної вищої освіти особливого значення набуває фахова підготовка майбутнього вчителя географії, здатного професійно інтегрувати STEM-технології в освітній процес закладу загальної середньої освіти. Даний процес вимагає від педагога не лише глибоких теоретичних знань із предметної галузі, а й досконалого володіння методиками міждисциплінарного синтезу природничих, технологічних, інженерних та математичних знань. Важливим складником такої підготовки є формування методичної готовності до проектування навчальних модулів, у яких географія виступає фундаментальною базою для інженерного моделювання та математичного аналізу природних і соціально-економічних процесів.

Одночасно з цим технологічна компетентність фахівця має передбачати вільне володіння сучасним лабораторним обладнанням, геоінформаційними системами та цифровими вимірювальними комплексами, що дозволяє перенести освітній процес у площину практичного дослідження.

Ефективність впровадження STEM-орієнтованого підходу безпосередньо корелює зі здатністю майбутнього вчителя виступати в ролі модератора, фасилітатора та дизайнера інноваційного освітнього середовища. У такому середовищі аналітичні навички та критичне мислення здобувачів освіти формуються через розв'язання реальних територіальних та екологічних кейсів, що потребує від педагога високого рівня адаптивності. У процесі фахової підготовки особлива увага приділялася розвитку вміння педагога трансформувати складні географічні явища у прикладні задачі, що потребують залучення знань із суміжних природничо-математичних дисциплін.

Реалізація педагогічного експерименту базувалася на впровадженні комплексу методів, що складають основу професійного інструментарію сучасного вчителя: проєктна методика, інтерактивні методи навчання та опитування школярів щодо впливу впроваджених технологій на якість освітнього процесу.

Зокрема, під час вивчення у 7 класі курсу «Фізична географія материків та океанів» розділу I «Океани» (тема: «Тихий океан») було впроваджено методику залучення здобувачів освіти до інженерного моделювання глибоководних апаратів для дослідження Маріанської западини. У межах цієї теми теоретичні відомості про рельєф дна та особливості фізичних параметрів водних мас океану були трансформовані у площину прикладного конструкторського пошуку. Майбутні вчителі виступали фасилітаторами процесу, де учні мали врахувати кореляцію між глибиною занурення та тиском, обираючи оптимальні матеріали та форми для моделей апаратів. У ході вивчення Розділу II «Материки тропічних широт» (Теми: «Африка. Води суходолу» та «Австралія. Клімат. Води суходолу») здобувачі освіти залучалися до проєкування систем опріснення води для посушливих регіонів. Даний STEM-кейс дозволив учням глибше осягнути проблему дефіциту прісної води, інтегруючи знання про кліматичні особливості (сонячну радіацію, випаровуваність) із технологічними рішеннями.

Для майбутнього педагога такий підхід став ефективним інструментом переведення статичних знань підручника у динамічний процес розв'язання територіальних та екологічних задач. Це забезпечило перехід від абстрактного вивчення географічної номенклатури до формування цілісної природничо-наукової картини світу, де географія виступає фундаментальною базою для інженерного та екологічного прогнозування.

У межах дослідження апробовано використання платформи Kahoot! для оперативного контролю знань та проведено порівняльний аналіз навчальних досягнень здобувачів загальної середньої освіти 7-х класів із курсу «Фізична географія материків та океанів» для об'єктивної оцінки ефективності STEM-підходу. Такий підхід дозволив верифікувати результативність впровадженої методики через зіставлення показників контрольної та експериментальної груп.

Для підтвердження ефективності STEM-підходу було сформовано дві групи: Експериментальна група (ЕГ $n=21$): навчання здійснювалося за розробленою STEM-стратегією, що включала роботу з ГІС (ArcGIS, Google Earth), використання платформи Kahoot! та виконання інженерно-географічних проєктів та контрольна група (КГ $n=20$): освітній процес відбувався за традиційною методикою. Основним інструментом підготовки майбутніх фахівців став метод проєктів з елементами інженерії. Зокрема, учні 7 класу під керівництвом студентів-практикантів реалізовували такі завдання:

✓ розробка макетів глибоководних апаратів для дослідження Маріанської западини. Це змушувало учнів поєднувати знання про рельєф дна (географія) з розрахунками тиску та плавучості тіл (фізика, математика).

✓ розрахунок потреб у прісній воді для посушливих регіонів Африки, що вимагало аналізу кліматограм та інженерного пошуку шляхів конденсації вологи.

✓ аналіз картографічних шарів у ГІС для моделювання шляхів міграції тварин на материках та розрахунку траєкторії руху айсбергів.

Для верифікації результатів було порівняно рівень навчальних досягнень КГ та ЕГ наприкінці експерименту за допомогою t-критерію Стьюдента для незалежних вибірок (табл.1).

Таблиця 1

Статистичні показники успішності в контрольній та експериментальній групі на підсумковому результаті дослідження

Показник	Контрольна група (КГ, $n=20$)	Експериментальна група (ЕГ, $n=21$)	Різниця
Середній бал (M)	7,6	9,3	+1,7
Середньоквадратичне відхилення (σ)	1,22	1,02	-0,20
Стандартна похибка середнього (m)	0,27	0,22	-
Коефіцієнт варіації (C_v)	16,1%	11,0%	-5,1%
t-критерій Стьюдента (t_{emp})	-	4,88	$p < 0,001$

Отримане значення t-критерій Стьюдента 4,88 значно перевищує критичне значення 3,56 для рівня значущості $p < 0,001$. Це математично доводить, що використання STEM-кейсів (інженерне моделювання, ГІС-аналіз) забезпечило статистично значущу перевагу ЕГ над КГ.

У контрольній групі, де домінували традиційні методи, середній бал залишився на рівні «достатнього» 7,6. В експериментальній групі показник наблизився до «високого» рівня 9,3.

Зниження коефіцієнта варіації в ЕГ до 11,0 свідчить про те, що STEM-технології сприяють вирівнюванню знань загальної середньої освіти. У той час як у КГ - 16,1% зберігається значна диференціація між здобувачами з різним рівнем підготовки.

Проведено аналіз розподілу здобувачів загальної середньої освіти за рівнями навчальних досягнень, результати якого зафіксували суттєвий перерозподіл показників успішності внаслідок впровадження STEM-технологій. Аналіз даних таблиці 2 свідчить про відсутність здобувачів на початковому рівні в обох групах, проте в інших категоріях спостерігається виразна диференціація. У контрольній групі (КГ) домінуючим є достатній рівень 55%, тоді як частка високого рівня залишається порівняно низькою 15%, що вказує на переважання репродуктивного засвоєння матеріалу при традиційній методиці навчання. Натомість в експериментальній групі (ЕГ) зафіксовано якісний стрибок: частка здобувачів загальної середньої освіти з високим рівнем навчальних досягнень зросла до 43%, що майже втричі перевищує показник КГ. Одночасно спостерігається помітне скорочення кількості осіб на середньому рівні - з 30% у КГ до 9% в ЕГ.

Таблиця 2

**Розподіл здобувачів загальної середньої освіти
за рівнями навчальних досягнень (%)**

Група	Початковий (1-3 б.)	Середній (4-6 б.)	Достатній (7-9 б.)	Високий (10-12 б.)
КГ (n=20)	0%	30%	55%	15%
ЕГ (n=21)	0%	9%	48%	43%

Така позитивна динаміка дозволяє стверджувати, що STEM-орієнтований підхід сприяє трансформації знань із пасивного стану в активний. Зменшення частки середнього рівня на користь високого та достатнього підтверджує, що імплементація інженерного моделювання та ГІС-технологій стимулює розвиток аналітичних здібностей здобувачів загальної середньої освіти, дозволяючи їм успішно виконувати завдання творчого та дослідницького характеру, які раніше викликали труднощі.

Це дозволяє майбутньому вчителю географії зробити висновок: STEM-орієнтований підхід, апробований у темах «Тихий океан», «Африка» та «Австралія», є не лише засобом візуалізації (через Kahoot! чи ГІС), а потужним інструментом когнітивного розвитку. Перехід від пасивного вивчення

кліматограм до активного проєктування систем опріснення води дозволив учням ЕГ продемонструвати глибше розуміння міждисциплінарних зв'язків та прикладне застосування географічних знань, що було недоступним для учнів контрольної групи.

Окремий вектор професійної підготовки вчителя пов'язаний із впровадженням геоінформаційних систем (ГІС) та інтерактивних картографічних ресурсів (наприклад, Google Earth або ArcGIS Online).

Для майбутнього фахівця навичка інтерпретації таких даних є критичною, оскільки вона дозволяє виявити кореляцію між обраною методикою та якістю засвоєння тем, що стосуються географічного прогнозування та аналізу просторових даних.

Для оцінки психолого-педагогічного впливу STEM-технологій було проведено анкетування (n=21 в ЕГ та n=20 в КГ). Результати зафіксували суттєвий розрив у мотиваційних показниках (табл. 3).

Таблиця 3

Порівняльна структура пізнавального інтересу та оцінка інструментарію

Параметр опитування	Експериментальна група (n=21)	Контрольна група (n=20)	Стандартна похибка (ЕГ)
Позитивне змінення ставлення до уроків	63%	15%	±10,5%
Висока оцінка корисності ГІС та 3D-моделювання	63%	10%	±10,5%
Корисність сервісу Kahoot! та вікторин	75%	20%	±9,4%
Виникнення труднощів при роботі з ПЗ	25%	5%*	±9,4%

**Примітка: низький відсоток труднощів у КГ зумовлений мінімальним використанням складного ПЗ.*

Аналіз даних таблиці 3 дозволяє стверджувати, що в експериментальній групі спостерігається «ефект залучення». Показник позитивних змін в ЕГ (63%) у чотири рази перевищує аналогічний показник у КГ (15%). Це доводить, що

STEM-орієнтовані уроки долають стереотип про географію як про суто описову дисципліну.

Висока оцінка Kahoot! (75%) в ЕГ підтверджує, що для сучасних здобувачів освіти критично важливою є швидка верифікація знань. У КГ відсутність таких інструментів призвела до нижчого рівня емоційного залучення.

Показник у 25% здобувачів загальної середньої освіти, які мали складнощі з ГІС, не є негативним маркером. Навпаки, це свідчить про реальне занурення у складну практичну діяльність, що стимулює розвиток «зони найближчого розвитку» за умови фахової підтримки вчителя.

Узагальнюючи результати, можна стверджувати, що підготовка майбутнього вчителя до використання ГІС-інструментарію дозволяє не лише візуалізувати складні процеси (утворення вулканічних поясів, циркуляцію мас), а й розвивати дослідницьку ініціативу. Це підтверджує, що сучасний учитель географії має бути здатним перетворити роботу з великими даними на доступний інструмент пізнання світу, що є фундаментальною вимогою до реалізації STEM-підходу в закладах загальної середньої освіти.

Висновки. Підсумки дослідження засвідчили ключову роль STEM-орієнтованого навчання у процесі трансформації географічної підготовки школярів згідно з вимогами в Новій українській школі. Порівняльний аналіз успішності в експериментальній (ЕГ) та контрольній (КГ) групах засвідчив не лише кількісне зростання показників (середній бал ЕГ - 9,3 проти 7,6 у КГ), а й якісну зміну структури знань здобувачів освіти. Отримані нами дані щодо ефективності ГІС-технологій (75% успішного виконання просторових завдань) корелюють із висновками відомих науковців, які розглядають геоінформаційні системи як базовий STEM-інструмент. Проте наше дослідження розширює цей підхід, доводячи, що ГІС у 7 класі має використовуватися не як автономний інструмент, а як частина інтегрованих кейсів (наприклад, моделювання міграцій шляхів міграції рідкісних видів тварин на материках чи течій Світового океану), де географічні дані стають основою для математичних розрахунків. Особливої уваги заслуговує виявлений розрив у мотиваційних показниках. Позитивне ставлення до предмета у 63% здобувачів загальної середньої освіти ЕГ (проти 15% у КГ) підтверджує думку науковців про високу актуальність проєктної діяльності. Однак, на відміну від традиційних проєктів, STEM-кейс з інженерного моделювання (глибоководні апарати, системи опріснення) створює вищий рівень інтелектуального виклику. Це змушує здобувачів освіти звертатися до знань із фізики та математики, долаючи «предметну ізолюваність», про яку пишуть науковці. Статистична значущість результатів ($t = 4,88$; $p < 0,001$) дозволяє стверджувати, що перевага STEM-методики є стабільною. Важливим аспектом дискусії є виявлені труднощі у 25% здобувачів загальної середньої освіти при роботі з програмним забезпеченням. Це узгоджується з позицією

науковців щодо необхідності особливої методичної готовності майбутнього вчителя. Ми вважаємо, що ці 25% не є ознакою неефективності методу, а вказують на необхідність впровадження «диференційованих цифрових скриптів» - покрокових алгоритмів, які дозволяють здобувачам освіти із нижчим рівнем ІКТ-компетентності успішно завершувати STEM-цикл. Порівняння з контрольною групою чітко демонструє, що традиційне навчання залишає більшість здобувачів загальної середньої освіти - 55% на рівні репродуктивного відтворення знань. У той час як STEM-підхід дозволив 43% здобувачів освіти ЕГ вийти на високий рівень, продемонструвавши здатність до аналізу та прогнозування.

Отже, проведена апробація доводить, що сучасний учитель географії має трансформувати свою діяльність від ретрансляції фактів до проєктування інноваційного дослідницького простору. Використання Kahoot!, Google Earth та інженерних розрахунків у курсі «Фізична географія материків та океанів» не просто «цікавить» здобувача загальної середньої освіти, а й формує в нього прикладну наукову грамотність, що є фундаментальною вимогою Нової української школи.

Література:

1. Андрійчук Т., Власенко Р. Особливості використання інноваційних технологій у процесі підготовки майбутнього учителя географії. *Освіта. Інноватика. Практика*. 2024. Т. 12, № 9. С. 7-14.
2. Базелюк О. В. STEM-технології в географічній освіті: від теорії до практики. Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського. Серія: Педагогіка і психологія. 2020. Вип. 62. С. 45-51.
3. Власенко Р.П. Проблеми та перспективи застосування інформаційних технологій у процесі підготовки майбутнього вчителя географії. *Наукові інновації та передові технології*. 2026. № 53. С. 747-760.
4. Власенко Р.П., Поліщук К.М. Використання цифрових технологій у процесі навчання географії у закладах загальної середньої освіти. *Перспективи та інновації науки*. 2025. № 57. С. 413-424.
5. Гільберг Т.Г. Реалізація STEM-освіти в курсі географії через проєктну діяльність. *Географія та економіка в рідній школі*. 2021. № 4. С. 2-8.
6. Концептуальні засади реформування середньої освіти «Нова українська школа»: розроб. на основі док. МОН України. URL: <https://surl.lu/fqouua> (дата звернення: 04.01.2026).
7. Мірошниченко О.А., Власенко Р.П. Мотивація до педагогічної діяльності майбутнього вчителя географії у закладі вищої освіти. *Науковий вісник Південноукраїнського національного педагогічного університету імені К. Д. Ушинського*. 2025. Вип. 3 (152). С. 146-153.
8. Морзе Н. В., Гладун М. А., Дзюба С. М. Формування STEM-компетентностей у процесі навчання. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2018. Т. 68, № 6. С. 1-21.
9. Патрікєєва О.О. Особливості впровадження STEM-навчання в закладах загальної середньої освіти. *Освіта та розвиток обдарованої особистості*. 2019. № 2 (73). С. 12-18.

10. Про схвалення Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти): Розпорядж. Каб. Міністрів України від 05.08.2020 № 960. URL: <https://surl.li/gdbpdd> (дата звернення: 03.01.2026)

11. Стріжак О. С. STEM-освіта як інструмент формування цілісної картини світу. *Комп'ютер у школі та сім'ї*. 2017. № 5. С. 7-13.

12. Фролова Л.В., Костюк В.С. STEM-орієнтоване навчання географії у закладах загальної середньої освіти. In: 2 Міжнародна науково-практична конференція «Innovative Research in Science and Economy», 3-5 грудня 2025 р., Брюссель, Бельгія. С. 606-610.

13. Bybee R. W. The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities. Arlington: NSTA Press, 2019. 116 p.

14. Honey M., Pearson G., Schweingruber H. STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research. National Academies Press, 2020. 182 p.

15. Orshanskyi L., Krasnopolskyi V., Fednova I., Vysochan L., Novalska T., Ivantsiv O. Interactive teaching methods as a change in the purpose of modern education. *Systematic Reviews in Pharmacy*. 2020. Vol 11 (10). P. 549-555.

16. Topuzov O., Holovko M., Tverdokhlib I., Sharlovych Z., Ladonia K. Digital Transformation of Education: Challenges and Prospects : Monograph. Institute of Pedagogy of NAES of Ukraine; [Electronic edition]. Lomza Kyiv, 2025. 344 c.

17. Vlasenko R., Ivantsiv O., Rudchenko V., Kolechyntseva T., Herasymenko O. Modern Strategies for Educating Natural Science Students in Higher Education. International. *Research Journal of Multidisciplinary*. 2025. Vol 6, iss. 3. P. 523-533.

References:

1. Andriichuk T. & Vlasenko R. (2024). Osoblyvosti vykorystannia innovatsiinykh tekhnolohii u protsesi pidhotovky maibutnoho uchytelia heohrafii. [Features of the use of innovative technologies in the process of training future geography teachers]. *Osvita. Innovatyka. Praktyka. - Education. Innovation. Practice*. T. 12, № 9. S. 7-14 [in Ukrainian].

2. Bazeliuk O.V. (2020). STEM-tekhnolohii v heohrafichnii osviti: vid teorii do praktyky. [STEM technologies in geographical education: from theory to practice]. *Naukovi zapysky Vinnytskoho derzhavnoho pedahohichnoho universytetu imeni Mykhaila Kotsiubynskoho. Serii: Pedahohika i psykholohiia- Scientific notes of the Mykhailo Kotsiubynskyi Vinnytsia State Pedagogical University. Series: Pedagogy and Psychology*. Vyp. 62. S. 45-51[in Ukrainian].

3. Vlasenko R.P. (2026). Problemy ta perspektyvy zastosuvannia informatsiinykh tekhnolohii u protsesi pidhotovky maibutnoho vchytelia heohrafii. [Problems and prospects of using information technologies in the process of training future geography teachers]. *Naukovi innovatsii ta peredovi tekhnolohii. - Scientific innovations and advanced technologies*. № 53. S. 747-760. [in Ukrainian].

4. Vlasenko R.P. & Polishchuk K.M. (2025). Vykorystannia tsyfrovyykh tekhnolohii u protsesi navchannia heohrafii u zakladakh zahalnoi serednoi osvity. [The use of digital technologies in the process of teaching geography in secondary education institutions.]. *Perspektyvy ta innovatsii nauky - Prospects and innovations in science*. № 57. S. 413-424. [in Ukrainian].

5. Hilberh T.H. (2021). Realizatsiia STEM-osvity v kursy heohrafii cherez proiektnu diialnist. [Implementation of STEM education in the geography course through project activities]. *Heohrafiia ta ekonomika v ridnii shkoli- Geography and economics in the native school*. № 4. S. 2-8. [in Ukrainian].

6. Kontseptualni zasady reformuvannia serednoi osvity «Nova ukrainska shkola»: rozrob. na osnovi dok. MON Ukrainy. [Conceptual principles of reforming secondary education "New