

Ірина САБОДАШКО,

orcid.org/0009-0006-5625-7536

*аспірантка кафедри педагогіки та інноваційної освіти
Національного університету «Львівська політехніка»
(Львів, Україна) lesiuk.ira@gmail.com*

Тетяна ГОРОХІВСЬКА,

orcid.org/0000-0001-5997-4676

*доктор педагогічних наук, професор,
завідувач кафедри педагогіки та інноваційної освіти
Національного університету «Львівська політехніка»
(Львів, Україна) t.gorohivska@gmail.com*

ПРОБЛЕМИ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ В ЗАКЛАДАХ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ

У статті здійснено аналіз переваг та актуальних проблем використання технологій віртуальної реальності в закладах загальної середньої освіти. Проаналізовано вітчизняну (В. Биков, Н. Гончарова, В. Некрасов, О. Ситенко, О. Хмельницька та ін.) та зарубіжну (D. Beck, E. Bonner, E. Campos, I. Duncan, S. Jiang, A. Miller та ін.) науково-педагогічну літературу, присвячену дослідженню поняття «віртуальна реальність» як технології повного або часткового занурення суб'єкта у віртуальний світ, головна ідея якої полягає у підвищенні відчуття присутності, взаємодії та участі користувача у віртуальному або поєднаному (реальному та віртуальному) середовищі. Окреслено можливості практичного застосування VR під час навчання, зокрема, наведено приклади додатків віртуальної реальності, які можна використати в освітньому процесі закладу загальної середньої освіти (mozaBook, Star Walk, TeachVR, Google Expeditions, Alchemy VR та ін.). Означено основні переваги застосування технологій віртуальної реальності для вітчизняної середньої освіти, серед яких виокремлено інтерактивність та залучення; подорожі недоступними місцями; симуляції та віртуальні експерименти; індивідуалізацію та адаптацію. При цьому особливу увагу звернено на аналіз найбільш поширених проблем використання технологій віртуальної реальності у навчальному процесі сучасних закладів загальної середньої освіти (вартість; комфорт; безпека і здоров'я; соціальна ізоляція; ризик залежності від технологій; технічні проблеми; приватність і безпека даних; вміст та контент; підготовка вчителів; відсутність стандартів та критеріїв оцінювання). Зроблено висновок про те, що віртуальні технології користуються все більшою популярністю в освітній сфері; технології віртуальної реальності фокусуються на інтерактивному навчанні і скорочують відстань між отриманням практичного досвіду та знаннями учня; VR-технології не зможуть повністю замінити традиційні уроки, але вони можуть доповнити і покращити навчальний процес.

Ключові слова: *віртуальна реальність, технологія віртуальної реальності, імерсивні технології, додаток віртуальної реальності, цифровізація, заклад загальної середньої освіти.*

Iryna SABODASHKO,

orcid.org/0009-0006-5625-7536

*Postgraduate at the Department of Pedagogics and Innovative Education
Lviv Polytechnic National University
(Lviv, Ukraine) lesiuk.ira@gmail.com*

Tetiana HOROKHIVSKA,

orcid.org/0000-0001-5997-4676

*Doctor of Sciences (Pedagogy), Professor,
Professor at the Department of Pedagogy and Innovative Education
Lviv Polytechnic National University
(Lviv, Ukraine) t.gorohivska@gmail.com*

CHALLENGES OF IMPLEMENTING VIRTUAL REALITY TECHNOLOGIES IN SECONDARY EDUCATION INSTITUTIONS

The article analyzes the advantages and current problems of using virtual reality technologies in secondary education institutions. The domestic (V. Bykov, N. Goncharova, V. Nekrasov, O. Sytenko, O. Khmelnytska, etc.) and foreign (D. Beck, E. Bonner, E. Campos, I. Duncan, S. Jiang, A. Miller, etc.) scientific and pedagogical literature devoted to the study of the concept of "virtual reality" as a technology of full or partial immersion of the subject into a virtual world is analyzed. The main idea of which is to enhance the sense of presence, interaction, and participation of the user in a virtual or combined (real and virtual) environment. The practical applications of VR during education are outlined, including examples of virtual reality applications that can be used in the educational process of secondary education institutions (mozaBook, Star Walk, TeachVR, Google Expeditions, Alchemy VR, etc.). The main advantages of implementing virtual reality technologies for domestic secondary education are identified, including interactivity and engagement; journeys to inaccessible places; simulations and virtual experiments; individualization and adaptation. Special attention is paid to the analysis of the most common problems associated with the use of virtual reality technologies in the educational process of modern secondary education institutions (cost; comfort; safety and health; social isolation; risk of technology dependence; technical issues; privacy and data security; content and materials; teachers training; lack of standards and assessment criteria). The conclusion is drawn that virtual technologies are gaining increasing popularity in the educational sphere; virtual reality technologies focus on interactive learning and bridge the gap between practical experience and knowledge acquisition for students; VR technologies cannot completely replace traditional lessons, but they can complement and enhance the learning process.

Key words: virtual reality, virtual reality technology, immersive technologies, virtual reality application, digitalization, secondary education institution.

Постановка проблеми. У зв'язку з швидким розвитком і розширенням галузі використання новітніх комп'ютерних технологій у різноманітних сферах діяльності людини, сьогодні особливий інтерес викликають технології віртуальної реальності (VR-технології). Заклад загальної середньої освіти, як складна педагогічна система, спрямована на формування знань підростаючого покоління, не може сьогодні функціонувати без застосування сучасних інформаційних технологій, що сприяють розвитку особистості і стають невід'ємною частиною сучасного життя. Використання технології віртуальної реальності, як технології неконтактної інформаційної взаємодії, що реалізує за допомогою комплексних мультимедіа-операційних середовищ ілюзію безпосередньої присутності в реальному часі у стереоскопічно представленому «віртуальному світі», надає можливість учням повністю зануритись у віртуальний простір і відчути себе частиною середовища, що створюється розробником, тим самим забезпечуючи розвивальний ефект освітніх програм і наочність процесу навчання. Водночас використання технологій віртуальної реальності в закладах загальної середньої освіти стикається з низкою викликів та перешкод, серед яких – значні фінансові витрати на придбання спеціального обладнання, такого як VR-окуляри, комп'ютери та програмне забезпечення; наявність спеціальної підготовки вчителів до роботи з цією технологією тощо. Це зумовлює необхідність проведення аналізу проблем, пов'язаних із застосуванням технологій віртуальної реальності в закладах загальної середньої освіти, визначення викликів та пере-

шкод, з якими можуть стикатися вчителі та учні при використанні віртуальних технологій.

Аналіз досліджень засвідчує, що з розвитком сучасних цифрових технологій зростає і кількість наукових праць, присвячених впровадженню та використанню технологій віртуальної реальності у навчальному процесі. Зокрема, на дослідженні поняття «віртуальна реальність», викликах і проблемах, що можуть виникати при застосуванні VR-технологій в освіті, формуванні вмінь та навичок, необхідних педагогам для використання віртуальних технологій в навчальному процесі, сьогодні зосереджена увага багатьох вітчизняних (Ю. Лемешко, Н. Гнедько, О. Гриб'юк, А. Засєкін, В. Климнок, С. Литвинова, Р. Павлюк, А. Петриця, О. Пінчук та ін.) і зарубіжних (M. Alfadil, D. Beck, E. Bonner, E. Campos, C. Dede, I. Duncan, S. Jiang, I. Hidrogo, A. Krouska, R. Lege, A. Marougkas, T. Mikropoulos, A. Miller, A. Natsis, C. Sgouropoulou, G. Zavala та ін.) науковців.

Віртуальну реальність (*Virtual reality*) дослідники розглядають як термін, що характеризує особливий тип взаємодії між об'єктами різної природи: реального світу і штучно створеного; використовується для позначення заміщення реального об'єкту тим, що створений уявою людини. При цьому сукупність віртуальних об'єктів утворюють віртуальну реальність, а сукупність гуманітарних аспектів та уявлень про віртуальну реальність дають підстави визначати віртуальну реальність як категорію, «котра створюється фактичними сприйняттями через органи чуттів людини предметів дійсності при умові їх фактичної відсутності. Тобто за допомогою сис-

тем віртуальної реальності створюють у реальному часі альтернативу для сприйняття дійсності» (Биков, 2010: 12). Проте, незважаючи на широкий інтерес науковців до питань, пов'язаних із розробкою освітніх платформ віртуальної реальності у закладах освіти, проблема використання потенціалу VR-технологій, а також складності, які необхідно подолати з метою розширення досвіду використання означених технологій в закладах загальної середньої освіти, потребують додаткового обґрунтування.

Мета статті полягає у розкритті та аналізі переваг та проблем, пов'язаних із застосуванням технологій віртуальної реальності (VR) в закладах загальної середньої освіти. Дослідження спрямоване на визначення ключових викликів та перешкод, з якими можуть стикатися вчителі та учні при використанні віртуальних технологій у навчальному процесі.

Виклад основного матеріалу. Варто зазначити, що протягом останніх років штучний інтелект та імерсивні технології посідають важливе місце у навчальному процесі. І хоча вітчизняна освітня система поступово впроваджує цифрові технології в процес навчання, все ж застосування технологій віртуальної реальності (VR) ще залишається досить обмеженими. Розуміючи, що імерсивні технології (VR/AR) не можуть замінити традиційні методи навчання, але можуть значно полегшити засвоєння матеріалу учнями, вітчизняні науковці досліджують перспективність та доцільність використання імерсивних технологій у освітньому процесі. Зокрема, імерсивні технології розглядаються як «технології повного або часткового занурення суб'єкта (людини) у віртуальний світ» (Слободяник, 2021).

На думку О. Сипченко, «головна ідея імерсивних технологій полягає у підвищенні відчуття присутності, взаємодії та участі користувача у віртуальному або поєднаному (реальному та віртуальному) середовищі» (Сипченко, 2021). При цьому О. Хмельницька зазначає, що збалансованість таких компонентів, як програмне забезпечення, технічні характеристики обладнання, індивідуальні особливості здобувачів освіти та фаховість викладацького складу, сприятимуть створенню ефективних та оптимальних умов для впровадження імерсивних технологій в освітній процес (Хмельницька, 2023).

В. Волинець стверджує, що «технологія віртуальної реальності створює нові виклики та можливості для освітньої галузі, що сприяє її технологічному та ефективному розвитку. ... У майбутньому можна очікувати на появу нових навчальних про-

грам, а технологія віртуальної реальності буде впроваджуватися у все більшу кількість освітніх процесів. Проте слід враховувати, що впровадження цих технологій вимагає істотних зусиль, а також часу та фінансових ресурсів, оскільки розробка програм під VR є дороговартісним завданням». Дослідниця вважає, що «для ефективного використання VR-технологій необхідно змінювати програми навчання на державному рівні, адаптувати навчальний матеріал до віртуального середовища» (Волинець, 2021: 44).

Підкреслимо, що найінтенсивніше впровадження імерсивних технологій сьогодні спостерігається в технічній, медичній, інформатичній, біологічній сферах, зокрема розробляється потужне програмне забезпечення, апробуються технологічні продукти (наприклад, симулятивні технології навчання), аналізується результативність означених методів навчання у закладах світи. Деяко повільніше впровадження таких технологій спостерігається у гуманітарних галузях (Гончарова, 2019).

Технології віртуальної та доповненої реальності дають учням та студентам можливість глибше вивчати предмети, аналізувати наслідки світових подій, брати участь в археологічних експедиціях і багато іншого, а головне – у розважальній формі. AR і VR дають змогу набутти досвіду, до якого учні зазвичай не мають доступу (Віртуальна та доповнена реальність: як нові технології надихають на навчання, 2019). Станом на сьогодні існує чимало додатків віртуальної реальності і щодня їхня кількість збільшується. Наведемо декілька прикладів додатків віртуальної реальності, які можна використати в освітньому процесі закладу загальної середньої освіти:

- mozaBook – програмне забезпечення, яке дає можливість вчителям створювати віртуальні класи та запрошувати в них учнів;
- mozaWeb – веб-версія mozaBook, яка дозволяє користувачам отримати доступ до інтерактивних навчальних матеріалів без необхідності встановлення додатку;
- Star Walk – додаток, який дозволяє користувачам досліджувати зоряне небо в реальному часі за допомогою віртуальної реальності;
- Star Walk2 – оновлена версія додатка Star Walk з покращеними функціями та можливостями для дослідження космосу;
- TeachVR – платформа для віртуального навчання, яка пропонує широкий вибір навчальних матеріалів та інтерактивних вправ. Недолік: платформа розроблена для нідерландської системи освіти;

– Creator AVR – інструмент для створення віртуальної реальності, який дозволяє користувачам розробляти свої власні віртуальні середовища;

– Google Expeditions – додаток, що дозволяє вчителям та учням здійснювати віртуальні по всьому світу;

– Alchemy VR – платформа спеціалізується на віртуальних екскурсіях у світ науки, історії та природи;

– Tilt Brush – інструмент віртуального малювання, який дозволяє користувачам створювати та досліджувати власні творчі роботи у віртуальному просторі. Це може бути корисним для розвитку творчості учнів;

– Unimersiv – додаток містить кілька освітніх програм, які пропонують користувачам навчатися за допомогою гарнітури віртуальної реальності.

Орім того, на європейському ринку діють понад 300 компаній, які певний час впроваджують свої технології в цій галузі (зокрема, Oculus, HTC, Sony, Microsoft, Samsung). В. Волинець зазначає, що «більшість компаній займаються створенням освітнього контенту для навчання і пропонують послуги з розробки унікальних програм для шкіл та закладів вищої освіти. Таким чином, будь-який заклад освіти має можливість замовити спеціальну програму і успішно використовувати її в своєму навчальному процесі» (Волинець, 2021).

В цьому контексті розглянемо основні переваги застосування технологій віртуальної реальності для вітчизняної середньої освіти (рис. 1).

Окреслимо означені переваги докладніше.

1. *Інтерактивність та залучення* – віртуальна реальність дає можливість залучити учнів

у навчальний процес. Наприклад, школярі мають можливість вивчати історичні події, проходячи через імітовані місця, де відбувалися ці події. Зокрема, J. Parong і R. E. Mayer у своєму дослідженні порівнюють урок, проведений за допомогою слайд-шоу, з уроком, на якому використовувались технології віртуальної реальності. Науковці дійшли висновку, що на уроці з використанням VR-технологій учні були «щасливішими, більш активнішими та менше нудьгували» (Parong J., Mayer R. E., 2018).

2. *Подорожі недоступними місцями* – за допомогою технологій віртуальної реальності учні можуть подорожувати будь-якими місцями: уявними чи реальними. Ця можливість особливо корисна для вивчення географії, історії та культури. Учні можуть подорожувати у далекі країни, відвідувати історичні пам'ятки, розглядати природні ландшафти, вивчати місцеву архітектуру і все це без потреби покидати клас.

3. *Симуляції та віртуальні експерименти* – технології віртуальної реальності дозволяють створювати симуляції та віртуальні експерименти у безпечному та контрольованому середовищі. Це дозволить учням вчитися проводити власні дослідження та випробування без ризику для себе чи навколишнього середовища. Під час таких експериментів школярі зможуть застосувати теоретичні знання на практиці, що у свою чергу сприятиме кращому розумінню зв'язків та процесів.

4. *Індивідуалізація та адаптація* – технології віртуальної реальності можна налаштувати для потреб кожного учня, що дозволить індивідуалізувати навчальний процес та надати персоналі-



Рис. 1. Переваги VR для освіти

зовану підтримку для кожного учня чи студента. Перевагою віртуальної реальності є те, що учні можуть вивчати матеріал у власному темпі. Крім того, такі застосунки будуть корисними для дітей з особливими освітніми потребами.

Хоча технології віртуальної реальності (VR) мають значний потенціал у різних сферах, включаючи освіту, проте існує низка проблем та викликів через які існує складність інтегрування означених технологій у навчальний процес. Зокрема, В. Некрасов зазначає, що незважаючи на переваги впровадження технологій віртуальної реальності, найближчим часом людство зіткнеться з трьома парадоксами: мобільності, ізоляції та соціальної інтеграції. Парадокс мобільності в тому, що VR дає змогу потрапити будь-куди, але з нею людина нікуди не йде. Парадокс ізоляції – VR дає змогу спілкуватися з людьми з будь-якої країни, але водночас ізолює від фізичного спілкування. Парадокс же соціальної інтеграції полягає в тому, що люди, яким важко соціалізуватися, віддають перевагу віртуальному спілкуванню (Некрасов, 2017).

Звернемось до найбільш поширених проблем використання технологій віртуальної реальності у навчальному процесі сучасних закладів загальної середньої освіти:

Вартість. Висока вартість обладнання VR (наушники, сенсори, консолі тощо) є значною перешкодою для широкого поширення цих технологій. Навіть якщо ціни на обладнання знижуються з часом, вартість все ще залишається недоступною для більшості закладів загальної середньої освіти.

Комфорт. Деякі учні можуть відчувати дискомфорт, запаморочення або нудоту під час користування віртуальною реальністю, що може обмежувати час використання таких технологій.

Безпека і здоров'я. Довготривале користування VR може призвести до ризику для очей, особливо для молодших користувачів, які і так чимало часу проводять у гаджетах. Також існує ризик травм під час використання обладнання, особливо якщо користувач необачний.

Соціальна ізоляція. Використання віртуальної реальності може призвести до соціальної ізоляції, оскільки користувачі занурюються у віртуальний світ і втрачають зв'язок з реальним світом та набагато менше часу приділяють спілкуванню з іншими людьми.

Ризик залежності від технологій. Використання VR-технологій може викликати надмірну залежність від цифрових засобів навчання, що може негативно вплинути на розвиток інших навичок та соціальних вмінь школярів.

Технічні проблеми. Потрібно періодично оновлювати та налаштовувати обладнання VR, а це може займати чимало часу і складати певні труднощі для вчителів чи інших співробітників. Також можуть виникати проблеми з сумісністю програмного забезпечення та обладнання, яке вже є в наявності.

Приватність і безпека даних. Збір та обробка особистих даних користувачів може становити загрозу приватності та безпеці, особливо у випадку недостатнього захисту даних.

Вміст та контент. Станом на сьогодні не розроблено достатньо якісних VR-додатків, які б містили готові навчальні матеріали: віртуальні тематичні класи, галереї з картинами художників тощо.

Підготовка вчителів. Застосування технологій віртуальної реальності вимагає від вчителів додаткового навчання та підготовки. Виникає потреба в організуванні для вчителів курсів та тренінгів, під час яких педагоги зможуть отримати й засвоїти нові навички та знання для ефективного використання означених технологій в освітньому процесі. Станом на сьогодні немає достатньо структурованих ресурсів, де б вчителі могли отримати детальну інформацію про переваги та недоліки застосування VR-технологій.

Відсутність стандартів та критеріїв оцінювання. Швидкий розвиток технологій віртуальної реальності ускладнює визначення стандартів і критеріїв оцінювання учнів під час використання означених технологій в освітньому процесі закладу загальної середньої освіти.

Висновки. Здійснений аналіз проблем, пов'язаних із застосуванням технологій віртуальної реальності в закладах загальної середньої освіти, дає можливість стверджувати: технології віртуальної реальності відкривають нові можливості в галузі освіти, дозволяючи більш ефективно і творчо підійти до створення сучасних інструментів навчання в закладі загальної середньої освіти; технології віртуальної реальності фокусуються на інтерактивному навчанні і скорочують відстань між отриманням практичного досвіду та знаннями учня; впровадження VR-технологій в освітній процес потребує вирішення низки проблем (висока вартість обладнання, фінансові витрати на встановлення програмного забезпечення, недостатня кількість курсів та матеріалів для підготовки педагогічного персоналу тощо); навчальні віртуальні програми не можуть повністю замінити традиційне викладання у закладах загальної середньої освіти, але можуть стати «помічни-

ками» для досягнення певних освітніх цілей. Перспективи подальших наукових розвідок полягають у з'ясуванні методичних особливостей використання VR-технологій в освітньому процесі в контексті індивідуалізованого навчання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Биков В. Ю. Відкрите навчальне середовище та сучасні мережні інструменти систем відкритої освіти. *Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія 2 : Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання*. 2010. № 9. С. 9–15.
2. Віртуальна та доповнена реальність: як нові технології надихають на навчання. 2019. Електронний ресурс. URL: <https://osvitoria.media/opinions/virtualna-ta-dopovnena-realnist-yakouyu-mozhe-butu-suchasna-osvita/>.
3. Гончарова Н. О. Технологія доповненої реальності в підручниках нового покоління. *Проблеми сучасного підручника*. 2019. № 22. С. 46–56. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/716685/1/9c8b6a35b1ea5b7130c1ae9942824e97.pdf>.
4. Некрасов В. Грані 5G: невдовзі люди не відрізнятимуть віртуальний світ від фізичного. *Економічна правда*. 2017. URL: <https://www.epravda.com.ua/publications/2017/08/2/627531/>.
5. Сипченко О. М. Імерсивні технології в освіті. *Наукові та освітні трансформації в сучасному світі* : збірник матеріалів Всеукраїнської міждисциплінарної науково-практичної конференції (м. Чернігів, 15 липня 2021 року). Суми, 2021. С. 295–296.
6. Слободяник О. В. Імерсивні технології у працях вітчизняних та зарубіжних науковців. *Наукові записки. Серія: Педагогічні науки*. 2021. Вип. 20. С. 120–124. URL: <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2021-1-201-120-124>.
7. Хмельницька О. Застосування імерсивних технологій як прогресивний напрям модернізації професійної освіти. *Вісник Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького*. 2023. № 2. С. 191–197.
8. Parong J., Mayer R.E. Learning science in immersive virtual reality. *Journal of Educational Psychology*. 2018. 110 (6). P. 785–797. URL: <https://doi.org/10.1037/edu0000241>.
9. Volynets V. Use of virtual reality technologies in education. *Continuing Professional Education: Theory and Practice*. 2021. No. 2. P. 40–47.

REFERENCES

1. Bykov V. Yu. (2010). Vidkryte navchalne seredovyshche ta suchasni merezhni instrumenty system vidkrytoi osvity. [Open learning environment and modern networking tools of open education systems] *Nauk. chasopys NPU imeni M. P. Dragomanova. Ser. 2: Kompiuterno-orientovani systemy navchannia*. Scientific Journal of the Dragomanov National Pedagogical University. Series 2: Computer-oriented learning systems, 9. 9–15. [in Ukrainian].
2. Virtualna ta dopovnena realnist: yak novi tekhnolohii nadykhaut na navchannia (2019). [Virtual and augmented reality: how new technologies inspire learning]. [Electronic resource]. URL: <https://osvitoria.media/opinions/virtualna-ta-dopovnena-realnist-yakouyu-mozhe-butu-suchasna-osvita/> [in Ukrainian].
3. Honcharova N. O. (2019). Tekhnolohiia dopovnoei realnosti v pidruchnykakh novoho pokolinnia. [Augmented Reality Technology in Next-Generation Textbooks.], *Problemy suchasnoho pidruchnyka*. Problems of the modern textbook, 22. 46–56. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/716685/1/9c8b6a35b1ea5b7130c1ae9942824e97.pdf> [in Ukrainian].
4. Nekrasov, V. (2017). Grani 5G: nevdivzi lyudi ne vidriznyatymut virtualnij svit vid fizichnogo [The facets of 5G: Soon people will not be able to distinguish the virtual world from the physical]. *Ekonomichna pravda*. Economic Truth. <https://www.epravda.com.ua/publications/2017/08/2/627531/>. [in Ukrainian].
5. Sypchenko O. M. (2021). Imersyvni tekhnolohii v osviti. [Immersive technologies in education]. *Naukovi ta osviti transformatsii v suchasnomu sviti: zbirnyk materialiv Vseukrainskoi mizhdystsyplinarnoi naukovo-praktychnoi konferentsii*. Scientific and educational transformations in the modern world: collection of materials of the All-Ukrainian interdisciplinary scientific and practical conference (Chernihiv, July 15, 2021). Sumy, 2021. P. 295–296. [in Ukrainian].
6. Slobodianyuk O. V. (2021). Imersyvni tekhnolohii u pratsiakh vitchyznianskykh ta zarubizhnykh naukovtsiv [Immersive technologies in the works of domestic and foreign scientists]. *Naukovi zapysky. Seriya: Pedagogichni nauky* [Proceedings. Series: Pedagogical sciences], Issue 201, pp. 120–124. <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2021-1-201-120-124>. [in Ukrainian].
7. Khmelnytska O. (2023). Zastosuvannia imersyvnykh tekhnolohii yak prohresyvnyi napriam modernizatsii profesiinoi osvity. [Application of immersive technologies as a progressive direction of modernization of vocational education]. *Visnyk Cherkaskoho natsionalnogo universytetu imeni Bohdana Khmelnytskoho*. Bulletin of Bohdan Khmelnytsky Cherkasy National University, 2. 191–197. [in Ukrainian].
8. Parong, J., & Mayer, R.E. (2018). Learning science in immersive virtual reality. *Journal of Educational Psychology*, 110 (6), 785–797. <https://doi.org/10.1037/edu0000241>
9. Volynets V. (2018). Use of virtual reality technologies in education. *Continuing Professional Education: Theory and Practice*. 2. 40–47.