

УДК 37.012:004.9/378.011

DOI <https://doi.org/10.32782/2415-3605.23.2.6>

АЛЛА СТЕПАНЮК

<https://orcid.org/0000-0003-3258-9182>

alstep@tnpu.edu.ua

доктор педагогічних наук, професор

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
вул. Максима Кривоноса, 2, м. Тернопіль

НАТАЛІЯ МІЩУК

<https://orcid.org/0000-0001-5964-3228>

mishchuk@chem-bio.com.ua

кандидат педагогічних наук, доцент

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
вул. Максима Кривоноса, 2, м. Тернопіль

РУСЛАН СИМЧАК

<https://orcid.org/0000-0003-0688-396X>

symchak@tnpu.edu.ua

кандидат хімічних наук, доцент

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
вул. Максима Кривоноса, 2, м. Тернопіль

ОЛЬГА СОРОКА

<https://orcid.org/0000-0001-6233-9470>

soroka-o@chem-bio.com.ua

здобувач вищої освіти

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
вул. Максима Кривоноса, 2, м. Тернопіль

ПІДГОТОВКА МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ПРИРОДНИЧИХ НАУК ДО ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ У ПРОФЕСІЙНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ

Окреслено сутнісні характеристики найбільш використовуваних технологій доповненої реальності у сучасній школі України. Шляхом анкетування визначено труднощі, з якими стикаються вчителі-практики і студенти в контексті реалізації проблеми. Виокремлені критерії, на основі яких доцільно окреслювати перелік навчальних додатків доповненої реальності, з якими доцільно ознайомлювати майбутніх учителів (зрозумілість інтерфейсу, ступінь популяризації в Україні, технічна доступність, якість контенту програми, відповідність віковим особливостям школярів).

Запропоновано методичну систему формування у майбутніх учителів умінь використовувати технології доповненої реальності в процесі вивчення фізики, хімії, біології, природничих наук. Вона складається із двох підсистем, в яких поєднуються прямий та опосередкований шляхи формування умінь: I підсистема – спеціальне цілеспрямоване формування відповідних умінь у здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти (прямий шлях); II підсистема – практичне застосування набутих умінь здобувачами другого (магістерського) рівня вищої освіти, які виступають у ролі суб'єктів як навчальної, так і педагогічної діяльності (опосередкований шлях). Визначено перелік навчальних дисциплін, на яких доцільно формувати відповідні вміння різними шляхами («Цифрові технології в освіті і науці», «Цифрові технології в професійній діяльності», «Інноваційні технології навчання», «Теорія та методика навчання (фізики, хімії, біології, природничих наук)». Експериментально перевірено ефективність запропонованої методичної системи. Встановлено, що її впровадження сприяє підвищенню якості підготовки майбутніх учителів до освітньої діяльності в умовах інформаційного суспільства.

Ключові слова: освіта, здобувачі освіти, якість, інноваційні технології, навчальні додатки, методична система, критерії.

ALLA STEPANYUK

Doctor of Pedagogical Sciences, Professor
Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University
2 Maksym Kryvonis str., Ternopil

NATALIA MISHCHUK

PhD in Pedagogical Sciences, Associate Professor
Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University
2 Maksym Kryvonis str., Ternopil

RUSLAN SYMCHAK

PhD in Chemical Sciences, Associate Professor
Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University
2 Maksym Kryvonis str., Ternopil

OLHA SOROKA

Master's Student
Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University
2 Maksym Kryvonis str., Ternopil

FUTURE NATURAL SCIENCES TEACHERS TRAINING TO USE AUGMENTED REALITY TECHNOLOGIES IN PROFESSIONAL ACTIVITIES

The essential characteristics of the most used technologies of augmented reality in the modern school of Ukraine have been outlined. Difficulties faced by practicing teachers and students in the context of the problem implementation have been determined by means of a questionnaire. The criteria, based on which it is expedient to outline a list of educational applications of augmented reality, with which it is advisable to familiarize future teachers (clarity of the interface, degree of popularization in Ukraine, technical accessibility, quality of the program content, compliance with the age characteristics of schoolchildren) have been singled out.

A methodological system of the formation of future teachers' abilities to use augmented reality technologies in the process of physics, chemistry, biology, and natural sciences studying has been proposed. It consists of two subsystems in which direct and indirect ways of skills formation are combined: subsystem I – to provide first level (bachelor's) students with special goal-oriented relevant skills (direct way); subsystem II – practical application of acquired skills by the students at the second (master's) level of higher education, who act as subjects of both educational and pedagogical activities (indirect way). A list of courses at which it is advisable to form relevant skills in various ways has been determined, namely ("Digital technologies in education and science", "Digital technologies in professional activity", "Innovative learning technologies", "Theory and methodology of physics, chemistry, biology, natural sciences teaching", etc.). Educational applications of augmented reality, which are expedient to use by natural sciences teachers in their professional activities have been characterized. The effectiveness of the proposed methodological system has been experimentally verified. Research has indicated that its implementation contributes to the improvement of the quality of future teachers' readiness for educational activities in the conditions of the information society.

Keywords: *education, students, quality, innovative technologies, educational applications, methodological system, criteria.*

Сучасний світ характеризується безпрецедентними соціальними змінами, які відбуваються під впливом новітніх інформаційно-комунікаційних технологій. Особливо це стосується доповненої реальності (англ. *augmented reality*, AR). Як свідчить практика, технологічний прогрес, поширення доступного апаратного та програмного забезпечення зробило AR життєздатною та бажаною в багатьох галузях, включаючи освіту. Так, донедавна AR була однією з новітніх технологій, які пропонують новий спосіб навчання. Однак завдяки зростаючій популярності мобільних пристроїв у всьому світі широке використання AR на смартфонах та планшетах стало звичним явищем. Це дозволяє запроваджувати нові моделі викладання і навчання, які більш адекватно відповідають потребам здобувачів освіти XXI століття. Тому провідним вектором модернізації процесу надання освітніх послуг здобувачам вищої освіти у новій соціокультурній реальності є забезпечення належного функціонування освітнього середовища в умовах інформатизації суспільства. Оскільки впровадження AR в освіту вже є реальністю, актуалізується проблема переосмислення змісту професійної підготовки майбутніх учителів природничих наук на всіх рівнях його конструювання [9].

Проведений аналіз літературних джерел [1; 7] засвідчив, що технології AR усе більше стають предметом досліджень науковців-педагогів. Так, у дослідженнях В. Волинець розкрито специфіку вірту-

альної реальності крізь призму діалектики взаємодії техніки та людини як однієї з ключових категорій імерсивних інформаційних технологій [2]. В. Тимчина та Н. Тимчина виокремили типи систем AR, розмежування яких лежить у площині способів та режимів їхньої взаємодії з користувачем. Обґрунтували доцільність використання технологій AR як методів активного навчання, переваги та недоліки їх використання в освітньому процесі [8].

Доцільність використання AR як засобу дистанційного навчання обґрунтував В. Ткачук [5]. Ним запропоновано методику використання мобільного додатка Electricity AR як засобу візуалізації лабораторного обладнання у домашньому середовищі. Застосування AR шляхом доповнення навчальних книг запропоноване С. Літрідіс, А. Цинакос [13]. Використовуючи авторський інструментарій, дослідники вдосконалили наявні підручники для загальноосвітньої школи, додавши до них цифровий контент, а за допомогою мобільного додатка зробили можливим перегляд цифрового контенту та отримання інформації з текстового вмісту книг, ставлячи запитання у формі природної мови.

Роль та досвід застосування AR-технологій в освітньому процесі закладів вищої освіти висвітлено в дослідженнях Л. Тарангул, С. Романюк [7]. Ними встановлено, що однією з найважливіших особливостей AR-технологій є те, що вона забезпечує простір та гнучке навчання, орієнтоване на студента. Також визначено основні напрями використання AR-технологій у системі освіти: підтримка наукових досліджень; перевірка експериментальних наукових моделей, середовища моделювання, де поєднано можливості навчання, викладання, зв'язку з елементами гри; здобуття технологічних навичок. Окреслено переваги AR-технологій: доступність, залученість, співробітництво, інтерактивність. Недоліками її є: неналежна фахова підготовка викладачів; залежність від апаратних засобів (не у всіх студентів можуть бути пристрої, що підтримують AR-додатки); проблеми з мобільністю контенту на всіх платформах та пристроях [7]. Однак проблема підготовки майбутніх учителів природничої галузі до використання AR-технологій в професійній діяльності ще не була предметом наукових розвідок. Лише частково її висвітлено в контексті підготовки вчителів до використання SMART-технологій в освітньому процесі [14].

Метою статті є з'ясування сутності поняття «доповнена реальність», стану реалізації проблеми в теорії та практиці навчання, розробка та обґрунтування методичної системи формування у майбутніх учителів умінь використовувати технологію AR у процесі вивчення природничих наук.

Науковці визначають поняття AR неоднозначно. Так, В. Волинець тлумачить AR як проєктування цифрової інформації (зображення, відео, текст, графіка та ін.) поза екраном будь-яких пристроїв, внаслідок чого реальний світ доповнюється штучними елементами й новою інформацією. Це технологія, в якій уявлення користувача в реальному світі посилюється й доповнюється додатковою інформацією комп'ютерних моделей, що дозволяє користувачеві залишатися на зв'язку із реальним навколишнім середовищем. AR може бути реалізована за допомогою додатків для звичайних смартфонів і планшетів, окулярів доповненої реальності, стаціонарних екранів, проєкційних пристроїв та інших технологій [2]. В. Тимчина та Н. Тимчина зазначають, що це технологія, яка точно накладає комп'ютерні віртуальні зображення на фізичні об'єкти в реальному часі [8]. Л. Джонсон стверджує, що AR є однією з нових технологій, які розглядаються як такі, що мають потенціал для педагогічного застосування [15].

Цікавою, на нашу думку, є позиція П. Мілграм, Х. Такемура, А. Уцумі, Ф. Кішіно. Вони пропонують у визначенні AR використовувати широкий та обмежений підходи. У широкому розумінні AR означає «доповнення природного зворотного зв'язку з оператором симульованими підказками» [9, с. 15]. Обмежений підхід підкреслює технологічний аспект і визначає AR як «форму віртуальної реальності, в якій дисплей, встановлений на голові учасника, є прозорим, що дозволяє чітко бачити реальний світ» [9, с. 16].

Е. Клопфер зазначає, що термін «доповнена реальність» не слід визначати обмежено. Його можна застосувати до будь-якої технології, яка змістовно поєднує реальну і віртуальну інформацію [16]. Використовуючи широкий підхід, Е. Клопфер і К. Сквайр визначають AR як «ситуацію, в якій контекст реального світу динамічно накладається на узгоджену інформацію про місцеперебування або контекстну віртуальну інформацію» [16, с. 205]. У цій ситуації AR може надати користувачам технологічно опосередкований досвід занурення, в якому реальний і віртуальний світи поєднуються, а взаємодія і залучення користувачів розширюються [12]. Як стверджують науковці, для освітян визначення AR у широкому сенсі є більш продуктивним, оскільки воно передбачає, що AR можна створювати й впроваджувати за допомогою різних технологій, таких як настільні комп'ютери, портативні пристрої, дисплеї, що монтуються на голову тощо [10; 15]. Тобто AR не обмежується будь-яким типом технології. Вона використовує можливості реального світу, надаючи додаткову та контекстну інформацію, яка розширює досвід учнів у реальності. AR може базуватися на технологіях і супроводжувати їх, але її слід

розглядати не лише як технологію. Х.-К. Ву також стверджує, що розгляд AR як концепції, а не типу технології, був би більш продуктивним для освітян [11].

Деякі дослідники визначають AR через її особливості або характеристики. Так, Р. Азума тлумачить її як систему, що відповідає трьом основним характеристикам, таким як: поєднання реального і віртуального світів, взаємодія в реальному часі та точна 3D-реєстрація віртуальних і реальних об'єктів [10]. Подібне визначення пропонують й інші дослідники, які визначають AR на основі її особливостей, які полягають у тому, що реальна та комп'ютерна інформація поєднуються у фізичному світі, інтерактивно в реальному часі, а відображення віртуального об'єкта відповідає орієнтації в реальному світі. Тобто AR – це технологія розширення фізичного світу за допомогою цифрових даних, що забезпечується комп'ютерними пристроями (смартфони, планшети, інтелектуальні лінзи та окуляри AR) в режимі реального часу [13; 14].

Ми поділяємо думку науковців, згідно з якою AR – це технологія, що дозволяє за допомогою комп'ютерних додатків створювати та ідентифікувати віртуальний шар інформації з будь-яким маркером чи об'єктом, що є у реальному фізичному світі. Роль маркера може виконувати графічний візуальний об'єкт, що за допомогою спеціальних програмних засобів буде доданий у віртуальні об'єкти різних форматів. AR-технологія дозволяє накласти зображення, текст, відео- та аудіокомпоненти на наявне зображення або простір. Отримана інформація (аура) може бути зчитана з маркера усілякими цифровими пристроями, такими як смартфони, планшети, окуляри, шоломи AR та ін.

З метою вивчення стану реалізації проблеми в практиці навчання проведено анкетування [3] 120 вчителів предметів природничої галузі Тернопільської, Рівненської, Сумської та Херсонської областей.

Результати анкетування засвідчують, що на запитання «Чи використовуєте Ви доповнену реальність у своїй практиці навчання?» відповіли «так» – 70,6%, «ні» – 26,1%, «за можливості» – 0,8%, «інколи» – 0,8%; «рідко» – 1,6% респондентів. На запитання «Виберіть, на яких етапах уроку Ви використовуєте доповнену реальність» 26,1% респондентів відповіли «не використовую». Отримані цифрові дані повністю відповідають результатам відповідей на попереднє питання. На етапі уроку «Перевірка домашнього завдання» AR використовують 10,1% вчителів, на «Актуалізація опорних знань» – 16,8%, «Мотивація навчально-пізнавальної діяльності – 37,8%, «Вивчення нового матеріалу: сприймання інформації – 41,2%, уточнення та розширення інформації – 44,5%, узагальнення, систематизація знань – 26,9%», «Підсумок уроку» – 15,1% респондентів. Отже, більшість учителів використовують AR для мотивації навчально-пізнавальної діяльності та сприйняття, уточнення та розширення інформації.

Відповіді на запитання «Оберіть, які переваги Ви вбачаєте у використанні доповненої реальності у навчанні?» розподілились так: розвиток творчого мислення – 41,2%, моделювання та симуляція природних процесів – 60,5%, взаємодія та активна участь здобувачів освіти – 29,4%, розвиток проблемного мислення – 30,3%, змога візуалізувати абстрактні або складні поняття – 47,9%, зростання пізнавального інтересу до процесу пізнання – 0,8%.

У респондентів виникають такі труднощі під час використання AR у професійній діяльності: технічні проблеми – 69,7%; необхідність додаткового навчання – 31,9%; відволікання уваги здобувачів освіти – 10,1%; обмежена доступність – 34,5%; футуристичність – 5,9%; дороговартісність – 20,2%; велика кількість здобувачів освіти у класах – 0,8%; немає – 0,8%.

На запитання «Чи вважаєте Ви, що використання доповненої реальності покращує академічні досягнення учнів?» вчителі відповіли: «так» – 89,1%, «ні» – 6,7%, «важко дати однозначну відповідь» – 4,2%. На уточнювальне запитання «Оберіть, які позитивні зміни Ви спостерігали в учнів на уроках з використанням доповненої реальності?» відповіді розподілились так: зростає пізнавальний інтерес («так» вважають 80,8% респондента, «ні» – 1,7%, «важко відповісти» – 17,5%); підвищується мотивація до навчання («так» – 66,7%, «ні» – 3,3%, «важко відповісти» – 30,0%); підвищується рівень навчальних досягнень («так» – 55,0%, «ні» – 7,5%, «важко відповісти» – 37,5%). Отримані відповіді на це запитання частково не узгоджуються із відповідями на 5 запитання, у яких зростання пізнавального інтересу до предмета вказують лише 0,8% респондентів.

Відповідаючи на запитання «Чи вважаєте Ви, що доповнена реальність має потенціал стати важливою складовою частиною навчального процесу?», вчителі стверджували: так – 89,9%; ні – 6,7%; не знаю – 3,4%. Викликає подив те, що вчителі не дали відповідь на запитання «Які ресурси, навчальні матеріали або підтримку Ви б хотіли мати, щоб впроваджувати доповнену реальність у своє навчання?». Їм пропонувалось вибрати з переліку «наочність, технічне забезпечення, платформи AR, консультації, курси, безплатні ресурси, будь-які допоміжні матеріали». При цьому на запитання «Чи маєте Ви

достатній доступ до технологій, необхідних для використання доповненої реальності?» вчителі відповіли: так – 29,4%; ні – 62,2%; інколи – 8,4%. Разом з тим бажання отримати додаткову підтримку або навчання щодо використання доповненої реальності виявили 98,0% респондентів.

З метою визначення рівня сформованості у вчителів умінь використовувати AR у професійній діяльності ми запропонували завдання «Оцініть рівень сформованості у вас умінь використовувати технології AR: 1 – дуже низький, 2 – низький, 3 – середній, 4 – достатній, 5 – високий». Отримані результати засвідчили, що більшість учителів оцінюють власний рівень сформованості відповідних умінь як низький та середній (загалом 79%) і лише 21% – як достатній та високий (рис. 1). Це спонукало нас до висновку про доцільність цілеспрямованої підготовки майбутніх учителів до використання технології AR.

З цією метою ми розробили методичну систему формування умінь використовувати AR в освітньому процесі (МС). Її ми розглядаємо як компонент цілісної системи професійної підготовки майбутніх учителів. МС складається із мотиваційно-цільового, операційно-змістового, діяльнісно-рефлексивного та результативно-мотиваційного компонентів. Включає дві підсистеми, які на основі поєднання прямого та опосередкованого шляхів формування умінь забезпечують у кінцевому результаті її емерджентність: I – спеціальне формування відповідних умінь у здобувачів першого рівня вищої освіти (прямий шлях); II – застосування здобутих умінь здобувачами другого рівня вищої освіти, які виступають у ролі суб'єктів як навчальної, так і педагогічної діяльності (опосередкований шлях). Опосередкований шлях реалізувався у поєднанні з використанням контекстної технології під час вивчення обов'язкових навчальних дисциплін професійної підготовки. Викладачі використовували комплекс завдань, виконання яких передбачало застосування технології AR. Приміром, під час використання додатка Stellarium здобувачам пропонувалось виконати такі завдання: «Користуючись рухомою картою зоряного неба та віртуальним планетарієм Stellarium для двох найяскравіших зір сузір'я визначити їх екваторіальні 6 координати та умови сходу і заходу на широті Тернополя (порівняти отримані результати та зробити висновок)»; «Якщо ці дві зорі сходять і заходять, визначити для них азимут та час сходу і заходу в день Вашого народження. Якщо світила сузір'я не заходять або невисхідні, то те ж завдання виконати для зір, вказаних викладачем»; «Визначити азимут і час сходу та заходу Сонця в день Вашого народження».

Системотвірним чинником МС є мета – підвищення якості професійної підготовки майбутніх учителів природничих наук засобом формування умінь використовувати технології AR. Кінцевий результат – підвищення рівня готовності майбутніх учителів навчальних предметів природничої галузі до застосування технології AR у професійній діяльності.

Концептуальною основою розробки МС є полісуб'єктна освітня парадигма (здобувач освіти, вчитель/викладач, інформаційне освітнє середовище), яка розглядається як відкрита, така, що саморозвивається і самоорганізується, зумовлює кардинальну зміну поведінки і стосунків учасників освітнього процесу. Інноваційність запропонованої системи забезпечується домінантними підходами, використаними під час її конструювання: компетентнісно-футурологічний, андрагогічний, наративно-цифровий та студентоцентрований.

В основу компетентнісно-футурологічного підходу покладено ідею доцільності моделювання МС на основі поєднання ключових компетентностей ХХІ століття «4 С» (критичне мислення, креативність, колаборативність, комунікативність) з цифровою компетентністю. Необхідність саме цього підходу зумовлена входженням сучасного життя у так званій «режим із загостреннями», що вимагає проєктування всіх компонентів з урахуванням можливої специфіки їх видозміни у майбутньому навчальному процесі відповідно до вірогідних потреб професійної діяльності.

Андрагогічний підхід до моделювання МС передбачає пріоритет самостійного навчання, а також врахування принципів: кооперативної діяльності; опори на життєвий досвід; індивідуалізації навчання; системності навчання; контекстності навчання; актуалізації результатів навчання; елективності навчання; розвитку освітніх потреб; рефлексивності.

Використання наративно-цифрового підходу сприяє застосуванню цифрових наративів, які є інтегрованим поєднанням наративу (розповіді) та інформаційно-комунікаційних технологій. У його реалізації значне місце посідає створення та використання цифрових наративів у професійній діяльності.

Також враховувалось те, що необхідність дотримання найважливіших методологічних принципів пізнання – цілісного та системного підходу до об'єкта дослідження – вимагає розгляду проблеми не ізольовано, а в контексті здійснення цілісного освітнього процесу у сучасних ЗВО. Використання в комплексі зазначених підходів дозволить забезпечити цілісне функціонування МС й отримати зростання позитивного результату, його емерджентний прояв.

Експериментальне впровадження МС відбувалось за етапами: ознайомлювально-підготовчий, організаційно-методичний, навчально-процесуальний, рефлексивно-аналітичний.

Ознайомлювально-підготовчий етап передбачав вивчення стану реалізації проблеми в практиці навчання на рівні педагогічної діяльності. Аналізувались потреби вчителів щодо організації ефективного використання AR у навчальному процесі. Вивчались наявні доступні інформаційні продукти (додатки AR) щодо можливості їх використання в освіті. Визначався критеріальний апарат дослідження (критерії відбору додатків AR та ефективності МС).

Так, для оцінки якості додатків AR використовувався інтегральний критерій «дидактична якість», що визначався методом експертних оцінок [6]. Була виділена група компетентних у галузі досліджуваної проблеми експертів у кількості 21. З ними погоджувались показники, згідно з якими оцінювались додатки AR. Критерій «дидактичної якості» визначався як ступінь відповідності кожного додатка сукупності висунутих показників. Результати подані в таблиці 1.

Таблиця 1

Вагомість показників дидактичної якості додатків AR

№ з/п	Показники	Вагомість
1	Зрозумілість інтерфейсу	10
2	Ступінь популяризації в Україні	25
3	Значущість для організації інтерактивної педагогічної взаємодії учасників освітнього процесу	25
4	Технічна доступність	10
5	Якість контенту програми	20
6	Відповідність віковим особливостям школярів	10

Результати експертної оцінки засвідчили можливість та доцільність включення до операційно-змістового компонента МС інформації про такі додатки AR: *астрономія* – Stellarium (<http://surl.li/kbzxv>), *Star Walk 2 Free* (<http://surl.li/kbzxw>); *фізика* – Book'VAR (<http://surl.li/kbzxxy>), *HP Reveal Aurasma* (канал *FizykaAR*); *природничі науки* – LiCo.STEM (<http://surl.li/kbzya>), *Освіта 4D+* (<http://surl.li/kbzyb>); *біологія* – *Anatomy AR – A view of the human body in real life* (<http://surl.li/kbzye>), *Quiver – 3D Coloring App* (<http://surl.li/kbzyg>); *хімія* – *Atom Visualizer* (<http://surl.li/kbzyi>), *LiCo.Organic* (<http://surl.li/kbzya>). Вони загалом доступні, на думку експертів, для сприйняття здобувачами освіти і є важливими для підвищення рівня їхньої професійної компетентності.

Запропоновано алгоритм висвітлення узагальненої інформації про певний додаток. А саме: платність, доступність, мова, вимоги до системи, навчальні можливості, практичне значення, сайт, відео про додаток.

Організаційно-методичний етап передбачав визначення пріоритетних навчальних дисциплін, на яких відбуватиметься спеціальна підготовка до використання технологій AR та проведення організаційних заходів із розробки методики ознайомлення з додатками AR (конструювання інформації про них, системи завдань на формування умінь, використання сучасних форм і методів навчання для досягнення поставленої мети). Зіставлення мети та завдань вивчення обов'язкових навчальних дисциплін з особливостями змісту навчальних додатків AR дозволило нам виокремити перелік навчальних дисциплін, на яких доцільно формувати необхідні вміння різними шляхами («Цифрові технології в освіті і науці», «Цифрові технології в професійній діяльності». «Інноваційні технології навчання», «Теорія та методика навчання»). Здійснювалось змістове наповнення контенту МС.

Навчально-процесуальний етап передбачав проведення формувального експерименту (впровадження авторської МС) протягом двох навчальних років (2021–2022, 2022–2023). У ньому взяли участь 56 здобувачів освіти бакалаврського і магістерського рівнів, які увійшли в експериментальну групу (ЕГ). Отримані результати порівнювались контрольною групою (КГ), яку становили 120 учителів.

Рефлексивно-аналітичний етап дослідження передбачав аналіз результатів експериментального навчання за об'єктивними (активність використання на педагогічній практиці, адаптованості до вимог інформаційного суспільства) та суб'єктивними (самоаналіз рівня готовності до використання технологій AR) показниками. Після проведеного експериментального навчання студентам пропонувалось відповідати на запитання анкети [4].

На запитання «Чи використовуєте Ви доповнену реальність у своїй практиці навчання?» відповіли «так» – 64,3%, «ні» – 35,7% респондентів. Зменшення кількості позитивних відповідей студентів порівняно з учителями (-6,3%) ми пояснюємо тим, що більшість здобувачів освіти проходили педагогічну

практику у сільській місцевості, де не завжди були наявні необхідні технічні засоби навчання. Відповіді на запитання «Виберіть, на яких етапах уроку Ви використовуєте доповнену реальність» засвідчили більш доцільний вибір ними етапів уроку: перевірка домашнього завдання – 17,9% (КГ 10,1%); актуалізація опорних знань – 19,6% (КГ 16,8%); мотивація навчально-пізнавальної діяльності – 28,6% (КГ 37,8%); вивчення нового матеріалу: сприймання інформації – 41,2% (КГ 41,2%), уточнення та розширення інформації – 42,9% (КГ 44,5%), узагальнення, систематизація знань – 17,9% (КГ 26,9%); підсумок уроку – 8,9% (КГ 15,1%).

Під час визначення переваги у використанні AR у навчанні відповіді розподілились так: розвиток творчого мислення – 69,6% (+28,4%); моделювання та симуляція природних процесів – 69,6% (+9,1%); взаємодія та активна участь здобувачів освіти – 50% (+20,6%); розвиток проблемного мислення – 35,7% (+5,4%); змога візуалізувати абстрактні або складні поняття – 48,2% (+0,3%).

Здобувачами освіти названі такі труднощі під час використання AR у професійній діяльності: технічні проблеми – 73,2% (+3,57%); необхідність додаткового навчання – 30,4% (-1,5%); відволікання уваги здобувачів освіти – 16,1% (+6,0%); обмежена доступність – 41,1% (+6,6%); футуристичність – 5,4% (-0,5%); дороговартісність – 19,6% (-0,6%).

Результати самооцінки рівня сформованості умінь використовувати AR респондентами КГ та ЕГ після формульованого експерименту наведені на рис. 1. Їх аналіз засвідчив, що впровадження МС сприяє зменшенню на 13,3% низького рівня сформованості умінь використовувати AR у респондентів ЕГ порівняно з КГ (15,10% та 1,80% відповідно). При цьому кількість респондентів з достатнім та високим рівнями їх сформованості зріс відповідно на 22,60% та 4,60%. Високі показники середнього рівня сформованості умінь використовувати AR у контрольній групі (53,80%) ми пояснюємо тим, що її учасники спеціально розвивали відповідні уміння у системі неформальної та інформальної освіти.

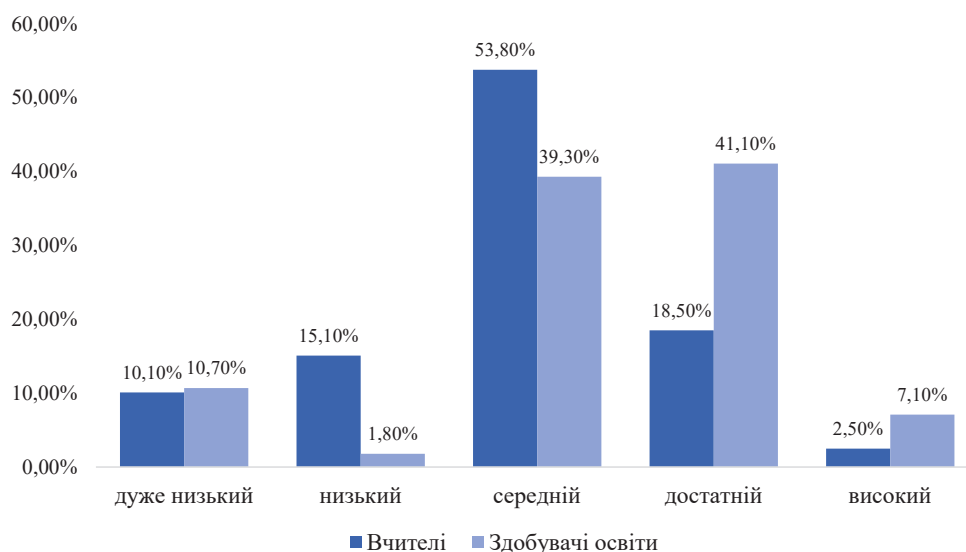


Рис. 1. Результати самооцінки рівня сформованості умінь використовувати AR респондентами контрольної та експериментальної груп

Отже, використання доповненої реальності в освітньому процесі сприяє забезпеченню належного функціонування освітнього середовища в умовах інформатизації суспільства, що стає ключовим вектором модернізації освітніх послуг і готування майбутніх поколінь до викликів XXI століття. Основна сутнісна характеристика цієї технології – це здатності збагачувати реальний світ цифровою інформацією, забезпечуючи таким чином новий рівень взаємодії між користувачем і технологією, перехід на полісуб’єктну освітню парадигму.

Впровадження запропонованої методичної системи формування у майбутніх учителів природничих наук умінь використовувати AR сприяє підвищенню якості освіти, підготовці компетентних та технологічно орієнтованих учителів, забезпечує прогресивні зміни у підходах до навчання та розвитку нового покоління учнів, які зможуть успішно функціонувати у варіативних моделях сучасного та майбутнього інформаційного суспільства.

Подальше дослідження проблеми доцільно здійснювати у напрямі моделювання змістового та діяльнісного контентів методичної системи формування умінь використовувати AR на основі поєднання ключових компетентностей ХХІ століття «4 С» з цифровою компетентністю.

ЛІТЕРАТУРА

1. Візнік В. Цифрова компетентність майбутніх педагогів як невід’ємна складова професійної підготовки. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія «Педагогіка»*. 2019. Вип. 1. С. 130–136. DOI: <https://doi.org/10.25128/2415-3605.19.1.17>.
2. Волинець В.О. Віртуальна, доповнена і змішана реальність: сутність понять та специфіка відповідних комп’ютерних систем. *Питання культурології*. 2021. Вип. 37. С. 231–243. DOI: <https://doi.org/10.31866/2410-1311.37.2021.237322>.
3. Доповнена реальність: анонімне опитування вчителів природничих наук. URL: <https://forms.gle/VwehtCUsYuxoYMWx6>.
4. Доповнена реальність: анонімне опитування здобувачів вищої освіти. URL: <https://forms.gle/A8zHwPsnKVLiAjDJ7>.
5. Доповнена реальність як засіб реалізації дистанційного навчання в умовах карантину / В.В. Ткачук та ін. *Освітній дискурс* : збірник наукових праць. 2020. Т. 22. № 4. С. 43–53. DOI: [https://doi.org/10.33930/ed.2019.5007.22\(4\)-4](https://doi.org/10.33930/ed.2019.5007.22(4)-4).
6. Степанюк А.В. Методологічні та теоретичні основи формування цілісності знань школярів про живу природу : дис. ... докт. пед. наук : 13.00.01. Київ, 1999. 475 с.
7. Тарангул Л., Романюк С. Використання технології доповненої реальності в освітньому процесі закладів вищої освіти. *Проблеми освіти*. 2022. Т. 1. № 96. С. 187–204. DOI: <https://doi.org/10.52256/2710-3986.1-96.2022.12>.
8. Тимчина В., Тимчина Н. Нові перспективи освітнього процесу: віртуальна та доповнена реальність. *New pedagogical thought*. 2020. Т. 101. № 1. С. 42–46. DOI: <https://doi.org/10.37026/2520-6427-2020-101-1-42-46>.
9. Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum / P. Milgram et al. *Photonics for industrial applications* / ed. by H. Das. Boston, MA, 1995. DOI: <https://doi.org/10.1117/12.197321>.
10. Azuma R.T. A survey of augmented reality. *Presence: teleoperators and virtual environments*. 1997. Vol. 6. No. 4. P. 355–385. DOI: <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>.
11. Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education / H.-K. Wu et al. *Computers & education*. 2013. Vol. 62. P. 41–49. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.024>.
12. Klopfer E., Sheldon J. Augmenting your own reality: student authoring of science-based augmented reality games. *New directions for youth development*. 2010. Vol. 2010. No. 128. P. 85–94. DOI: <https://doi.org/10.1002/yd.378>.
13. Lytridis C., Tsinakos A. Evaluation of the ARTutor augmented reality educational platform in tertiary education. *Smart learning environments*. 2018. Vol. 5. No. 1. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40561-018-0058-x>.
14. Methods of future science teachers training to use smart-technologies in the professional activity / A.V. Stepanyuk et al. *South Florida Journal of development*. 2022. Vol. 3. No. 1. P. 510–527. DOI: <https://doi.org/10.46932/sfjdv3n1-038>.
15. Mobile augmented reality: the potential for education / D. Nincarean et al. *Procedia – social and behavioral sciences*. 2013. Vol. 103. P. 657–664. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.10.385>.
16. Phon D.N.E., Ali M.B., Halim N.D.A. Collaborative augmented reality in education: a review. *2014 International conference on teaching and learning in computing and engineering (LaTiCE)*, Kuching, Malaysia, 11–13 April 2014. Kuching, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1109/latice.2014.23>.

REFERENCES

1. Vizniuk, V. (2019). Tsyfrova kompetentnist maibutnix pedahohiv yak nevidiemna skladova profesiinoi pidhotovky [Digital competence of future teachers as an integral component of professional training]. *Naukovi zapysky Ternopil'skoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka. Seriya: pedahohika*, 1. S. 130–136. DOI: <https://doi.org/10.25128/2415-3605.19.1.17> [in Ukrainian].
2. Volynets, V.O. (2021). Virtualna, dopovnena i zmishana realnist: sutnist poniat ta spetsyfika vidpovidnykh kompiuternykh system [Virtual, augmented and mixed reality: the essence of concepts and specifics of the respective computer systems]. *Pytannia kulturolohii*, 37. S. 231–243. DOI: <https://doi.org/10.31866/2410-1311.37.2021.237322> [in Ukrainian].
3. Dopovnena realnist: anonimne opytuvannia vchyteliv pryrodnychych nauk [Augmented reality: an anonymous survey of science teachers]. Retrieved from: <https://forms.gle/VwehtCUsYuxoYMWx6> [in Ukrainian].
4. Dopovnena realnist: anonimne opytuvannia zdobuvachiv vyshchoi osvity [Augmented reality: an anonymous survey of higher education students]. Retrieved from: <https://forms.gle/A8zHwPsnKVLiAjDJ7> [in Ukrainian].
5. Tkachuk, V.V. et al. (2020). Dopovnena realnist yak zasib realizatsii dystantsiinoho navchannia v umovakh karantynu [Augmented reality as a distance learning tool under quarantine conditions]. *Osvitnii dyskurs: zbirnyk naukovykh prats*, Vols. 22, 4. S. 43–53. DOI: [https://doi.org/10.33930/ed.2019.5007.22\(4\)-4](https://doi.org/10.33930/ed.2019.5007.22(4)-4) [in Ukrainian].

6. Stepaniuk, A.V. (1999). Metodolohichni ta teoretychni osnovy formuvannia tsilisnosti znan shkoliariv pro zhyvu pryrodu [Methodological and theoretical foundations of forming the integrity of pupils' knowledge about nature]. *Doctor's thesis*. Kyiv. 475 s. [in Ukrainian].
7. Taranhul, L., & Romaniuk, S. (2022). Vykorystannia tekhnolohii dopovnenoj realnosti v osvithomu protsesi zakladiv vyshchoj osvity [The Usage of Augmented Reality Technology in the Educational Process of Higher Education Institutions]. *Problemy osvity*. Vols. 1, 96. S. 187–204. DOI: <https://doi.org/10.52256/2710-3986.1-96.2022.12> [in Ukrainian].
8. Tymchyna, V., & Tymchyna, N. (2020). Novi perspektyvy osvithoho protsesu: virtualna ta dopovnena realnist [New perspectives of the educational process: virtual and augmented reality]. *New pedagogical thought*, Vols. 101, 1. S. 42–46. DOI: <https://doi.org/10.37026/2520-6427-2020-101-1-42-46> [in Ukrainian].
9. Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum / P. Milgram et al. *Photonics for industrial applications*, Boston, MA / ed. by H. Das. 1995. DOI: <https://doi.org/10.1117/12.197321>.
10. Azuma, R.T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: teleoperators and virtual environments*. Vol. 6, No. 4. P. 355–385. DOI: <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>.
11. Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education / H.-K. Wu et al. *Computers & education*. 2013. Vol. 62. P. 41–49. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.024>.
12. Klopfer, E., & Sheldon, J. (2010). Augmenting your own reality: student authoring of science-based augmented reality games. *New directions for youth development*. Vol. 2010, No. 128. P. 85–94. DOI: <https://doi.org/10.1002/yd.378>.
13. Lytridis, C., & Tsinakos, A. (2018). Evaluation of the ARTutor augmented reality educational platform in tertiary education. *Smart learning environments*. Vol. 5, No. 1. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40561-018-0058-x>.
14. Methods of future science teachers training to use smart-technologies in the professional activity / A.V. Stepanyuk et al. *South Florida Journal of development*. 2022. Vol. 3, No. 1. P. 510–527. DOI: <https://doi.org/10.46932/sfjdv3n1-038>.
15. Mobile augmented reality: the potential for education / D. Nincarean et al. *Procedia – social and behavioral sciences*. 2013. Vol. 103. P. 657–664. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.10.385>.
16. Phon, D.N.E., Ali, M.B., & Halim, N.D.A. (2014). Collaborative augmented reality in education: a review. *2014 International conference on teaching and learning in computing and engineering (LaTiCE)*, Kuching, Malaysia, 11–13 April 2014. DOI: <https://doi.org/10.1109/latice.2014.23>.