

ПЕДАГОГІКА

УДК 37.091.3:004:53

DOI 10.24195/2414-4665-2026-2-10

Олександра Ордановська,
доктор педагогічних наук, професор,
професор кафедри інноваційних технологій
та методики навчання природничих дисциплін,
Державний заклад «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К.Д. Ушинського»,
вул. Старопортофранківська, 26, м. Одеса, Україна,
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4868-0087>

ЦИФРОВІЗАЦІЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ В НАВЧАННІ ПРИРОДНИЧИХ ДИСЦИПЛІН

У статті досліджено цифровізацію експериментальної діяльності в навчанні природничих дисциплін як чинник модернізації освітнього процесу. Актуальність дослідження визначається потребою переосмислення ролі цифрових інструментів не лише як засобів технічної підтримки навчання, а як складника цілісної педагогічної моделі організації навчально-пізнавальної діяльності. Особливу увагу зосереджено на педагогічних умовах, за яких використання цифрових засобів інтенсифікує усвідомлене засвоєння навчального змісту та розвиток дослідницьких умінь.

Метою дослідження є виявлення особливостей цифровізації експериментальної діяльності в навчанні природничих дисциплін та визначення її впливу на характер пізнавальної діяльності здобувачів освіти. Методологію дослідження сформовано на основі поєднання теоретичного аналізу, моделювання освітнього процесу, педагогічного експерименту, спостереження, анкетування та статистичних методів обробки результатів.

Результати демонструють, що ефективність цифрових інструментів опосередковується характером їх педагогічної інтеграції в освітній процес. Встановлено, що поєднання віртуального моделювання з виконанням реальних експериментальних завдань створює умови для більш усвідомленої пізнавальної діяльності та сприяє підвищенню результативності навчання. Обґрунтовано, що цифровізація експериментальної діяльності є не лише технологічним, а й методичним чинником підвищення якості природничої освіти.

Ключові слова: цифровізація освіти, експериментальна діяльність, віртуальні лабораторії, цифрові освітні ресурси, пізнавальна діяльність, методика навчання природничих наук, методика навчання фізики.

Вступ та сучасний стан досліджуваної проблеми.

Сучасна освіта функціонує в умовах глибоких структурних трансформацій, зумовлених цифровізацією, що змінює способи організації освітнього процесу, форми взаємодії його учасників та підходи до опрацювання навчального змісту. Цифровізація освіти має нелінійний, контекстно зумовлений характер, що проявляється через різні траєкторії розвитку освітніх систем у допандемійний, пандемійний та постпандемійний періоди (Биков та ін., 2020; Кремень та ін., 2022; Williamson et al., 2020).

На допандемійному етапі цифровізація розглядалася переважно як інструмент модернізації освіти, пов'язаний із розвитком цифрових компетентностей, упровадженням інноваційних форм навчання, персоналізацією освітніх траєкторій і розширенням доступу до освітніх ресурсів (Гуревич та ін., 2021; Redecker, 2017). У цей період цифрові технології трактувалися насамперед як засіб підвищення ефективності навчання, а не як необхідна умова функціонування освітньої системи.

Пандемія COVID-19 суттєво змінила цей підхід, надавши цифровим технологіям статусу необхідної умови забезпечення безперервності освіти в умовах масового переходу до дистанційних форматів навчання. У міжнародних дослідженнях цей етап часто описується як період екстреної цифровізації (emergency digitalization), що підкреслює вимушений і нерівномірний характер переходу до цифрових форматів навчання (Hodges et al., 2020; UNESCO, 2021). Водночас наголошується, що кризові рішення поступово трансформуються у довгострокові стратегічні пріоритети освітньої політики, супроводжуючись загостренням проблеми освітньої нерівності (OECD, 2021).

Постпандемійний етап характеризується закріпленням гібридних форматів навчання та поступовою інституціоналізацією цифрових практик. Разом із тим цей процес супроводжується неоднорідністю впровадження цифрових рішень і відсутністю усталеної моделі цифрової освіти, що актуалізує потребу

© Ордановська О., 2026



Стаття поширюється на умовах ліцензії
відкритого доступу CC BY 4.0

в осмисленні її педагогічних наслідків (Li & Lalani, 2020; Selwyn, 2016).

В Україні цифровізація освіти розвивається у взаємозв'язку з державними стратегіями цифрового розвитку та модернізації освітньої сфери. На допандемійному етапі ключові напрями цифрової трансформації були окреслені у «Цифровій адженді України – 2020», а подальші етапи розвитку супроводжувалися нормативним закріпленням цифрових компетентностей та поширенням цифрових освітніх середовищ (Кремень та ін., 2022).

Водночас наукові дослідження засвідчують, що впровадження цифрових технологій саме по собі не гарантує підвищення якості навчання. Зміна ролі педагога, нові формати взаємодії та зростання ролі цифрових інструментів потребують не лише технологічних рішень, а й педагогічно виважених підходів до їх інтеграції в освітній процес (Бобро, 2025).

У природничій освіті ці питання набувають особливої ваги, оскільки засвоєння навчального змісту безпосередньо пов'язане з дослідницькою діяльністю, моделюванням явищ, встановленням причинно-наслідкових зв'язків та формуванням узагальнень на основі власного досвіду (Биков та ін., 2020; de Jong, 2019). У цьому контексті особливе місце посідають цифрові засоби, що моделюють експериментальну діяльність, зокрема віртуальні лабораторії та симуляції, які широко застосовуються у навчанні природничих дисциплін (Rutten et al., 2012; Makransky & Petersen, 2019).

Водночас залишається відкритим питання, за яких умов використання таких цифрових інструментів сприяє глибокому осмисленню навчального змісту, а за яких – зводиться до формального виконання дій. Це зумовлює необхідність дослідження впливу різних моделей організації експериментальної діяльності із застосуванням цифрових засобів на характер пізнавальної діяльності здобувачів освіти.

Мета та завдання. Метою статті є виявлення особливостей цифровізації експериментальної діяльності в навчанні природничих дисциплін та визначення її впливу на характер пізнавальної діяльності здобувачів освіти.

Досягнення поставленої мети передбачає розв'язання таких завдань:

- проаналізувати особливості використання цифрових засобів моделювання експериментальної діяльності;
- обґрунтувати критерії оцінювання їх впливу на пізнавальну діяльність здобувачів освіти;
- визначити фактори, що зумовлюють характер такого впливу;
- /здійснити емпіричну перевірку ефективності різних моделей організації експериментальної діяльності із застосуванням цифрових засобів.

Методи дослідження. У дослідженні використано комплекс взаємодоповнювальних методів, що включає теоретичний аналіз наукових джерел, педагогічне моделювання, педагогічний експеримент, спостереження, анкетування та статистичні методи обробки результатів.

Дизайн дослідження ґрунтується на квазіекспериментальній моделі з порівняльними групами.

Методологічною основою дослідження є підхід, що передбачає аналіз впливу цифрових засобів моделювання експериментальної діяльності на навчально-пізнавальну діяльність здобувачів освіти через систему взаємопов'язаних критеріїв: когнітивного, діяльнісного, операційно-аналітичного та емоційно-мотиваційного. Такий підхід уможливило оцінювання не лише рівня засвоєння навчального змісту, а й особливостей організації освітнього процесу та характеру навчальної діяльності в умовах інтеграції цифрового й реального експерименту.

Для забезпечення цілісного аналізу цифровізації освітнього процесу використано аналітичну модель, що охоплює технологічний, змістовий, організаційний і діяльнісний компоненти. У межах дослідження ці компоненти не розглядалися як абстрактні характеристики цифрового середовища, а були операціоналізовані через конкретні параметри організації навчальної діяльності та слугували основою для варіювання умов педагогічного експерименту.

Технологічний компонент репрезентує цифрові інструменти та середовища, що застосовувалися в освітньому процесі, зокрема віртуальні лабораторії, симуляційні моделі та цифрові вимірювальні комплекси. У межах експерименту цей компонент реалізовувався через варіювання типу експериментального середовища: виконання лабораторних робіт у цифровому середовищі, з використанням реального обладнання або в комбінованій моделі.

Змістовий компонент охоплює електронні освітні ресурси, інтерактивні моделі та цифрові матеріали, що забезпечують подання, структурування та візуалізацію навчального змісту. У дослідженні він був пов'язаний із характером навчальних завдань і способами роботи з моделями фізичних явищ.

Організаційний компонент відображає способи організації освітнього процесу та моделі навчання. У межах експерименту цей компонент реалізовувався через порівняння традиційної моделі навчання з моделлю перевернутого навчання, а також через спосіб інтеграції цифрового експерименту в освітній процес (до заняття, під час заняття або після нього).

Діяльнісний компонент характеризує особливості навчальної діяльності здобувачів освіти під час взаємодії з цифровим середовищем. У дослідженні виокремлювалися такі типи діяльності: виконання дій за заданим алгоритмом, самостійна дослідницька діяльність, аналіз та інтерпретація результатів. Саме на цьому рівні поєднуються когнітивні та емоційні аспекти навчання, що дозволяє оцінити глибину розуміння, ступінь самостійності та рівень залучення здобувачів освіти до навчально-пізнавальної діяльності.

У дослідженні варіювалися фактори, що визначають характер впливу цифрових засобів на навчально-пізнавальну діяльність здобувачів освіти, а саме:

- тип експериментального середовища (віртуальне, реальне або комбіноване);

– спосіб інтеграції цифрового експерименту в освітній процес (до заняття, під час заняття або після нього);

– формат організації навчання (традиційне навчання та перевернуте навчання);

– характер пізнавальної діяльності (алгоритмічна діяльність, дослідницька діяльність, інтерпретація результатів).

Емпіричне дослідження реалізовано у формі педагогічного експерименту, спрямованого на виявлення особливостей впливу різних моделей організації експериментальної діяльності із застосуванням цифрових засобів на характер навчально-пізнавальної діяльності здобувачів освіти.

Емпірична база дослідження сформована на основі даних, отриманих у п'яти закладах загальної середньої освіти м. Одеси та Одеської області. До участі в дослідженні були залучені учні 7–9 класів загальною кількістю 328 осіб, що забезпечило можливість порівняльного аналізу впливу цифрових інструментів з урахуванням вікових особливостей, специфіки навчального змісту та рівня сформованості навчально-пізнавальної діяльності.

Формування експериментальних і контрольних груп здійснювалося з дотриманням принципу порівнюваності вихідних умов. З цієї метою враховувалися чисельність класів, рівень навчальних досягнень та результати попереднього тематичного оцінювання. У кожному випадку формувалися експериментальні та контрольні класи зі співставними вихідними характеристиками, що забезпечило коректність подальшого порівняльного аналізу.

Узагальнені вихідні показники експериментальних і контрольних груп наведено в таблиці 1. Подані дані засвідчують відсутність статистично суттєвих розбіжностей між групами на початковому етапі експерименту, що підтверджує правомірність їх подальшого порівняння в межах дослідження.

Таблиця 1

Вихідні характеристики експериментальних (ЕГ) і контрольних (КГ) груп

	Група	Кількість учнів	Середня оцінка	Якість (%)
7 класи	ЕГ (7)-1	28	7,3	64
	КГ (7)-1	28	7,4	61
	ЕГ (7)-2	26	7,4	62
	КГ (7)-2	27	7,3	56
8 класи	ЕГ (8)-1	25	6,8	48
	КГ (8)-1	27	6,9	48
	ЕГ (8)-2	29	7,1	45
	КГ (8)-2	26	7,4	42
9 класи	ЕГ (9)-1	28	6,9	43
	КГ (9)-1	29	6,8	45
	ЕГ (9)-2	27	6,7	41
	КГ (9)-2	28	6,8	43

Збір емпіричних даних здійснювався із застосуванням комплексу взаємопов'язаних методів: педагогічного експерименту, тестування, педагогічного спостереження та анкетування. Кількісні показники формувалися на

основі результатів виконання контрольних і тестових завдань та відображали рівень навчальних досягнень за показниками середньої оцінки та якості знань. Якісні та якісно-кількісні дані отримувалися шляхом педагогічного спостереження за особливостями включення здобувачів освіти в експериментальну діяльність та характером їхньої взаємодії з навчальним середовищем.

Для перевірки статистичної значущості відмінностей між результатами експериментальних і контрольних груп застосовувався парний t-критерій Стьюдента для пов'язаних вибірок. Вибір цього критерію зумовлений особливостями експериментального дизайну, у межах якого кожному експериментальному класу відповідав контрольний клас із порівнюваними вихідними характеристиками. Такий підхід забезпечує мінімізацію впливу індивідуальних відмінностей між групами та підвищує точність оцінювання ефекту експериментального впливу. Рівень статистичної значущості приймався на рівні $p < 0,05$.

Валідність дослідження забезпечувалася узгодженістю поставлених завдань, критеріїв оцінювання та застосованих методів збору даних, а також поєднанням кількісних і якісних підходів до аналізу результатів. Надійність отриманих результатів підвищувалася за рахунок використання декількох джерел даних (результати навчальних досягнень, педагогічне спостереження, анкетування) та проведення порівняльного аналізу між експериментальними й контрольними групами.

Анкетування було спрямоване на визначення рівня задоволеності організацією освітнього процесу та особливостей сприйняття цифрових інструментів здобувачами освіти. Вибір показників емоційно-мотиваційного критерію ґрунтувався на сучасних підходах до аналізу емоційно-особистісних характеристик як чинників навчальної діяльності, представлених у психолого-педагогічних дослідженнях. Отримані результати відображають показники емоційно-мотиваційного критерію, зокрема рівень зацікавленості, комфортності роботи з цифровим середовищем, суб'єктивну корисність для розуміння навчального матеріалу та готовність до подальшого використання цифрових засобів у навчанні.

Результати. Аналіз результатів спрямовано на оцінювання впливу різних моделей організації експериментальної діяльності на навчально-пізнавальну діяльність здобувачів освіти. Оцінювання проводилося за визначеними критеріями та передбачало дослідження динаміки навчальних досягнень, характеру пізнавальної діяльності та емоційно-мотиваційних проявів за різних умов організації освітнього процесу. Отримані результати дозволяють виявити, як загальні закономірності, так і специфічні відмінності, зумовлені способом інтеграції цифрових засобів в освітній процес.

В експериментальних групах у всіх вікових категоріях спостерігалася позитивна динаміка середньої оцінки (рис. 1). Так, у 7 класах значення середньої оцінки зросло із 7,3 до 7,9 та з 7,4 до 7,9 відповідно. У 8 класах приріст становив з 6,8 до 7,4 та з 7,1 до 7,5. У 9 класах також спостерігалася позитивна динаміка, причому в одному з класів вона була найбільш вираженою – від 6,7 до 8,0.



Рис. 1. Порівняльна динаміка середньої оцінки в експериментальних і контрольних групах

У контрольних групах зміни середньої оцінки були значно менш вираженими. У 7 класах приріст становив з 7,4 до 7,6 та з 7,3 до 7,4. У 8 класах незначне зростання зафіксовано лише в одному випадку (з 6,9 до 7,1), тоді як в іншому позитивної динаміки не спостерігалось (з 7,4 до 7,3). У 9 класах зміни також були мінімальними – з 6,8 до 6,9 та з 6,8 до 7,0.

Більш чутливими виявилися зміни показників якості знань, що відображають частку здобувачів освіти, які досягли достатнього та високого рівнів навчальних досягнень (рис. 2). У експериментальних групах у 7 класах цей показник зріс з 64 % до 68 % та з 62 % до 65 %. У 8 класах приріст був більш вираженим – з 48 % до 56 % та з 45 % до 48 %. У 9 класах динаміка виявилася менш однорідною: в одному класі показник залишився на рівні 43 %, в іншому зріс з 41 % до 44 %.

У контрольних групах показники якості знань змінювалися незначно або залишалися стабільними. У 7 класах вони становили 61 % і 52 % без істотних змін. У 8 класах незначне зростання зафіксовано лише в одному випадку (з 48 % до 52 %), тоді як в іншому показник залишився незмінним (42 %). У 9 класах в одному з класів спостерігалось зниження якості знань з 45 % до 41 %, тоді як в іншому змін не зафіксовано (43 %).

Узагальнення результатів підтверджує зазначені тенденції: значення середньої оцінки в експериментальних групах зросло з 7,0 до 7,7, тоді як у контрольних – лише з 7,1 до 7,2 (рис. 3). Водночас якість знань в експериментальних групах підвищилася з 51 % до 54 %, тоді як у контрольних залишилася на рівні 49 %.

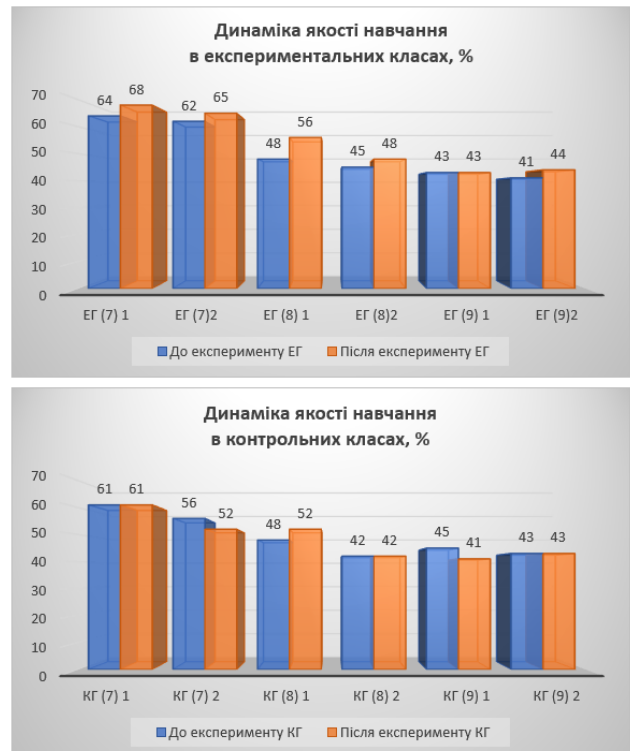


Рис. 2. Порівняльна динаміка показника якості знань здобувачів освіти в експериментальних і контрольних групах

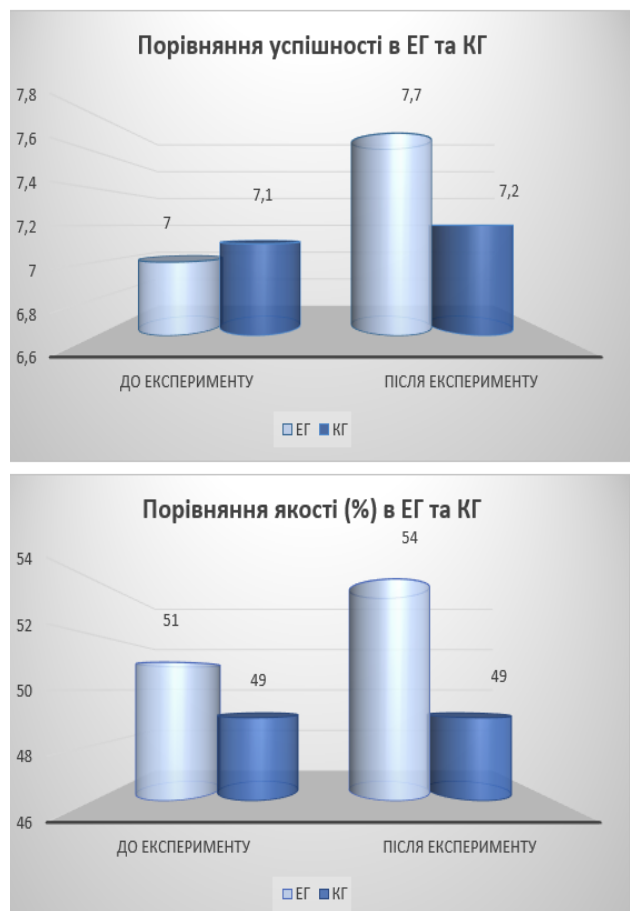


Рис. 3. Узагальнені зміни навчальних досягнень в експериментальних і контрольних групах

Отже, результати демонструють стійку та виражену позитивну динаміку навчальних досягнень за умов, коли експериментальна діяльність організувалася як поєднання попереднього віртуального моделювання з подальшим виконанням лабораторних робіт із використанням реального обладнання.

Виявлені відмінності потребували статистичної перевірки. У межах дослідження сформульовано гіпотезу про те, що організація експериментальної діяльності на основі поєднання віртуального експерименту, технології перевернутого навчання та подальшого виконання лабораторних робіт із використанням реального обладнання забезпечує статистично значуще підвищення показників когнітивного критерію пізнавальної діяльності здобувачів освіти порівняно з моделями, у яких використовується лише віртуальний або лише реальний експеримент.

Нульова гіпотеза (H_0) полягала в тому, що відмінності між експериментальними та контрольними групами за приростом показників когнітивного критерію є статистично незначущими та зумовлені випадковими чинниками. Альтернативна гіпотеза (H_1) передбачала, що приріст цих показників в експериментальних групах є статистично значуще вищим.

Як статистичні змінні розглядалися прирости середньої оцінки та прирости якості знань у шести парах класів.

Для показника середньої оцінки прирости в експериментальних класах становили: 0,6; 0,5; 0,6; 0,4; 0,4; 1,3, тоді як у контрольних – 0,2; 0,1; 0,2; –0,1; 0,1; 0,2. Відповідні різниці між приростами становили: 0,4; 0,4; 0,4; 0,5; 0,3; 1,1. Середнє значення різниці дорівнює 0,517, стандартне відхилення – 0,293.

Значення t -критерію обчислювалося за формулою:

$$t = \frac{\bar{d}}{s_d / \sqrt{n}} = \frac{0,517}{0,293 / \sqrt{6}} \approx 4,32,$$

де $n = 6$ – кількість пар спостережень.

Оскільки критичне значення для рівня значущості $p < 0,05$ і числа ступенів вільності $df = 5$ становить $t_{\text{крит}} = 2,57$, що є меншим за емпіричне значення критерію, нульову гіпотезу відхиляємо.

Аналогічні розрахунки були здійснені для показника якості знань. Прирости в експериментальних класах становили 4; 3; 8; 3; 0; 3 відсоткові пункти, у контрольних – 0; 0; 4; 0; –4; 0. Різниці між приростами становили 4; 3; 4; 3; 4; 3. Середнє значення різниці дорівнює 3,5, стандартне відхилення – 0,548.

Відповідно, $t_{\text{емп}} = 15,65$, що значно перевищує критичне значення $t_{\text{крит}} = 2,57$, що також дає підстави відхилити нульову гіпотезу.

Аналіз результатів засвідчує, що виявлені відмінності між експериментальними та контрольними групами мають системний характер і не можуть бути пояснені лише випадковими коливаннями між класами. Це дає підстави стверджувати, що позитивна динаміка навчальних досягнень пов'язана саме з особливостями організації експериментальної діяльності.

Результати статистичного аналізу підтверджують ефективність комбінованої моделі організації експериментальної діяльності порівняно з альтернативними моделями.

Оцінювання емоційно-мотиваційного компонента пізнавальної діяльності здійснювалося шляхом анкетування, спрямованого на виявлення суб'єктивного сприйняття здобувачами освіти особливостей організації експериментальної діяльності.

Структура анкети була побудована таким чином, щоб забезпечити можливість порівняння результатів між усіма групами учасників. Запитання відображали загальні характеристики навчальної діяльності: зрозумілість завдань, зручність виконання, рівень зацікавленості, відчуття впевненості та суб'єктивне сприйняття результативності навчання. Такий підхід забезпечив коректність зіставлення відповідей учнів незалежно від умов виконання експериментальних завдань – у цифровому середовищі, з використанням реального обладнання чи в межах комбінованої моделі організації діяльності.

До анкети було включено уточнювальні запитання, спрямовані на виявлення ставлення здобувачів освіти до окремих елементів організації навчання. Зокрема, передбачалося порівняльне оцінювання ефективності виконання лабораторних робіт із використанням реального обладнання та віртуального експерименту, що дало змогу визначити пріоритети учнів щодо способів організації експериментальної діяльності. Крім того, для здобувачів освіти експериментальних класів було додатково включено запитання щодо сприйняття технології перевернутого навчання, що дало змогу оцінити роль попередньої самостійної підготовки в організації навчальної діяльності.

Оцінювання відповідей здійснювалося за трирівневою шкалою (0 – низький рівень, 1 – середній, 2 – високий), що забезпечило можливість подальшого кількісного аналізу результатів та їх порівняння між різними групами.

Аналіз результатів анкетування дозволив виявити вікові та контекстуальні особливості сприйняття організації експериментальної діяльності.

У 7 класах оцінки за всіма параметрами були стабільно високими як в експериментальних, так і в контрольних групах. Середні значення відповідей перебували в межах 1,7–1,9 бала, що свідчить про загалом позитивне сприйняття різних форм організації експериментальної діяльності. Отримані результати можуть бути пов'язані з віковими особливостями учнів, для яких новизна форм навчання та сам факт участі в експериментальній діяльності виступають вагомими мотиваційними чинниками незалежно від способу її реалізації.

У 8 класах спостерігалось більш диференційоване сприйняття різних моделей організації діяльності. Найвищі оцінки за показниками зрозумілості, зручності та інтересу зафіксовано в експериментальних класах, де застосовувалося поєднання віртуального експерименту, технології перевернутого навчання та лабораторних робіт із використанням реального обладнання. Серед-

ні значення відповідей у цих групах становили 1,6–1,8 бала, тоді як у контрольних – 1,3–1,5 бала, що свідчить про більш позитивне сприйняття інтегрованих форм організації експериментальної діяльності.

У 9 класах характер відповідей змінювався: вищі оцінки за показниками зрозумілості та ефективності діяльності продемонстрували учні контрольних класів, у яких лабораторні роботи виконувалися переважно з використанням реального обладнання. Середні значення відповідей у цих групах становили 1,6–1,7 бала, тоді як в експериментальних – 1,4–1,5 бала. Така динаміка може свідчити про зміну пріоритетів учнів старшого підліткового віку, для яких зростає значущість безпосереднього практичного досвіду.

Виявлена тенденція може бути пов'язана зі зниженням ефекту новизни цифрових інструментів за умов їх регулярного використання, що зумовлює більш стримане емоційне сприйняття цифрових форм діяльності. У цих умовах реальне експериментування набуває більшої суб'єктивної цінності як діяльність, що сприяє безпосередній взаємодії з об'єктами дослідження та результатами вимірювань.

Водночас результати анкетування підтверджують, що найбільш збалансованою з позицій емоційно-мотиваційного компонента є комбінована модель організації експериментальної діяльності, яка поєднує переваги віртуального та реального експерименту й забезпечує як інтерес до навчальної діяльності, так і відчуття її результативності.

Дискусія. Отримані дані дозволяють стверджувати, що результативність застосування цифрових інструментів опосередковується не стільки самим фактом їх використання, скільки способом їх включення в структуру навчальної діяльності. Вирішальним чинником є те, чи виступають вони ізольованим середовищем виконання завдань, чи інтегруються у цілісну систему навчальної взаємодії, що поєднує різні види діяльності. На відміну від досліджень, у яких віртуальні лабораторії розглядаються як самодостатній інструмент навчання, отримані результати свідчать про їх обмежену ефективність за відсутності інтеграції з реальним експериментом.

Відповідно, ключового значення набуває не лише технологічна складова використання цифрових середовищ, а передусім педагогічна організація взаємодії учнів із ними. У такому контексті цифрові інструменти розглядаються не як заміна традиційних форм навчання, а як засіб створення умов для більш усвідомленого й послідовного формування навчальної діяльності.

Порівняння отриманих результатів із наявними емпіричними даними у сфері використання цифрових середовищ у природничій освіті дає змогу конкретизувати умови, за яких віртуальні лабораторії забезпечують виражений дидактичний ефект. Зокрема, результати цього дослідження узгоджуються з положенням про те, що віртуальні середовища є найбільш продуктивними тоді, коли вони інтегровані у продуману структуру навчальної діяльності, що передбачає активну пізнавальну участь учнів, роботу з моделями явищ та подальшу рефлексію результатів (Rutten et al., 2012).

Отримані дані також корелюють із результатами досліджень, у яких показано, що ефективність цифрових інструментів істотно зростає за умови їх поєднання з реальним експериментуванням, а не за ізольованого використання. У цьому контексті віртуальні лабораторії виконують функцію когнітивної підготовки до практичної діяльності, сприяючи кращому розумінню змісту експерименту та підвищенню усвідомленості дій учнів (de Jong, 2019; Makransky & Petersen, 2019).

Водночас результати підтверджують, що цифрові засоби самі по собі не забезпечують підвищення результативності навчання. За відсутності педагогічно обґрунтованого включення у навчальний процес їхній потенціал реалізується лише частково, що узгоджується з висновками про вирішальну роль педагогічного дизайну у використанні цифрових технологій (Selwyn, 2016).

Окремо варто наголосити на виявлених вікових відмінностях у сприйнятті цифрових форм діяльності. Якщо молодші учні виявляють високу зацікавленість незалежно від типу експериментального середовища, то в старших класах зростає значущість реального експерименту. Це може бути пов'язано зі зміною характеру навчальної мотивації та зростанням потреби у безпосередньому практичному досвіді, що набуває більшої ваги на пізніших етапах навчання.

Виявлені особливості емоційно-мотиваційного сприйняття цифрових форм діяльності можуть бути пояснені з позицій психолінгвістичних механізмів емоційної регуляції навчальної діяльності, у яких наголошується на ролі внутрішніх процесів інтерпретації та переживання навчального досвіду (Chebykin, 2023). Це дає підстави розглядати ефективність цифрових середовищ не лише як результат їх педагогічної організації, а й як наслідок індивідуального сприйняття та емоційного опрацювання навчальної діяльності здобувачами освіти.

Загалом результати дослідження розширюють наявні уявлення про роль віртуальних лабораторій у навчанні природничих дисциплін і засвідчують, що їх ефективність опосередковується не стільки технологічними характеристиками цифрових засобів, скільки способом їх педагогічної інтеграції в освітній процес. Поєднання віртуального моделювання, реального експериментування та попередньої самостійної підготовки забезпечує позитивні зміни не лише у рівні навчальних досягнень, а й у характері навчально-пізнавальної діяльності здобувачів освіти. Це виявляється у зростанні усвідомленості дій, розвитку аналітичних умінь та здатності до інтерпретації результатів експерименту, а також у підтриманні стійкої мотивації та зацікавленості освітнім процесом.

Подальші дослідження можуть бути спрямовані на вивчення довготривалого впливу комбінованих моделей організації експериментальної діяльності на формування предметних компетентностей.

Висновки. Проведене дослідження дозволило встановити, що використання цифрових засобів моделювання експериментальної діяльності у навчанні при-

родничих дисциплін має суттєвий потенціал для впливу на характер пізнавальної діяльності здобувачів освіти. Водночас результати свідчать, що вирішальним є не сам факт застосування цифрових інструментів, а спосіб їх педагогічної інтеграції в освітній процес.

У ході дослідження обґрунтовано критерії оцінювання впливу цифрових засобів на пізнавальну діяльність, що охоплюють когнітивний, діяльнісний, операційно-аналітичний та емоційно-мотиваційний компоненти. Комплексне застосування цих критеріїв дало змогу оцінити не лише рівень навчальних досягнень, а й особливості організації навчальної діяльності, характер взаємодії з експериментальним середовищем та ступінь усвідомленості дій здобувачів освіти.

Встановлено, що характер впливу цифрових інструментів зумовлюється сукупністю чинників, серед яких тип експериментального середовища, спосіб інтеграції цифрового експерименту в освітній процес, формат організації навчання та характер пізнавальної діяльності здобувачів освіти. Саме поєднання цих чинників визначає ефективність використання цифрових засобів у навчанні.

Емпірична перевірка засвідчила, що найбільш результативною є комбінована модель організації експериментальної діяльності, яка поєднує попереднє віртуальне моделювання, виконання лабораторних робіт із використанням реального обладнання та організацію попередньої самостійної підготовки. Застосування такої моделі забезпечує позитивні зміни як у рівні навчальних досягнень, так і в характері навчально-пізнавальної діяльності здобувачів освіти, зокрема у розвитку аналітичних умінь, здатності до інтерпретації результатів та підтриманні стійкої мотивації до навчання.

Результати дослідження також засвідчили наявність вікових відмінностей у сприйнятті цифрових форм діяльності. Учні молодших класів демонструють вищий рівень емоційної залученості незалежно від типу експериментального середовища, тоді як у старших класах зростає значущість реального експериментування та безпосереднього практичного досвіду. Це підкреслює необхідність урахування вікових особливостей здобувачів освіти під час добору та поєднання цифрових і традиційних форм навчання.

ЛІТЕРАТУРА

- Биков В. Ю., Спірін О. М., Пінчук О. П. Сучасні завдання цифрової трансформації освіти. *Журнал кафедри ЮНЕСКО «Неперервна професійна освіта XXI століття»*. 2020. № 1. С. 27–36. DOI: [https://doi.org/10.35387/ucj.1\(1\).2020.27-36](https://doi.org/10.35387/ucj.1(1).2020.27-36).
- Бобро Н. В. Етичні проблеми та ризики формування цифрового університету. *Наука і освіта*. 2025. № 1. С. 75–81. DOI: <https://doi.org/10.24195/2414-4665-2025-1-9>.
- Гуревич Р. С., Кадемія М. Ю., Опушко Н. Р., Ільницька Т. С., Плахотнюк Г. М. Роль цифрових технологій навчання в епоху цивілізаційних змін. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців*. 2021. Вип. 62. С. 28–38. DOI: <https://doi.org/10.31652/2412-1142-2021-62-28-38>.
- Корняк В. С., Романишин Ю. Л., Голярдик Н. А. Цифровізація освіти України: перспективи та ризики

сьогодення. *Інноваційна педагогіка*. 2022. Вип. 53. Т. 1. DOI: <https://doi.org/10.32782/2663-6085/2022/53.1.30>.

- Кремень В. Г., Биков В. Ю., Ляшенко О. І., Литвинова С. Г., Луговий В. І., Мальований Ю. І., Пінчук О. П., Топузов О. М. Науково-методичне забезпечення цифровізації освіти України: стан, проблеми, перспективи. *Вісник НАПН України*. 2022. Т. 4. № 2. DOI: <https://doi.org/10.37472/v.naes.2022.4223>.

- Ляшенко О., Спірін О., Литвинова С., Пінчук О., Овчарук О., Сухіх А. Концептуальні засади цифровізації освітнього середовища закладу загальної середньої освіти. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2024. Т. 102. № 4. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v102i4.5829>.

- Про схвалення Концепції розвитку цифрових компетентностей та затвердження плану заходів з її реалізації: Розпорядження Кабінету Міністрів України. № 167-р від 03.03.2021. URL: <http://surl.li/xuud>.

- Федчишин О., Мохун С., Чопик П. Методичні основи використання PhET-симуляцій у процесі вивчення фізики. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету*. Серія: Педагогіка. 2022. № 1. С. 16–24. DOI: <https://doi.org/10.25128/2415-3605.22.1.2>.

- Цифрова адженда України – 2020 («Цифровий порядок денний – 2020»). Київ: ГС «Хай-Тек Офіс Україна», 2016. URL: <https://strategy.uifuture.org/krainazrozvintuoyucifrovoyu-ekonomikoyu.html>.

- Чебикін О., Атаханов Б. Дослідження емоційно-особистісних особливостей як вірогідних детермінант психологічної кризи в молоді. *Наука і освіта*. 2023. № 2. С. 95–103. DOI: <https://doi.org/10.24195/2414-4665-2023-2-14>.

- Юрченко А., Хворостіна Ю., Шамо́ня В., Семеніхіна О. Цифрові технології у викладанні фізики: аналіз існуючих практик. *Фізико-математична освіта*. 2023. № 38(5). С. 53–59. DOI: <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2023-038-5-00.8>.

- Banda H. J., Nzabahimana J. The impact of physics education technology (PhET) interactive simulation-based learning on motivation and academic achievement in physics. *Education and Information Technologies*. 2022. Vol. 27. P. 12035–12054. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11086-6>.

- Cone L., Brøgger K., Player-Koro C., Williamson B. Pandemic acceleration: COVID-19 and the emergency digitalization of European education. *European Educational Research Journal*. 2022. Vol. 21, No. 5. P. 845–863. DOI: <https://doi.org/10.1177/14749041211041793>.

- Chebykin O. Psycholinguistic mechanisms of emotion regulation of educational activity. *Insight: the psychological dimensions of society*. 2023. No. 10. P. 117–136. DOI: <https://doi.org/10.32999/2663-970X/2023-10-6>.

- Dertinger S., Garrelfs I., Hense J. Digital transformation of schools in the post-pandemic phase: Empirical insights from Germany. *Seminar.net – International Journal of Media, Technology and Lifelong Learning*. 2025. Vol. 21, No. 1. DOI: <https://doi.org/10.7577/seminar.6338>.

- Erdogan S., Bozkurt E. The effect of virtual laboratory applications prepared for geometrical optics lesson on students' achievement levels and attitudes towards physics. *Pegem Journal of Education and Instruction*. 2022. Vol. 12, No. 2. P. 226–234. DOI: <https://doi.org/10.47750/pegegog.12.02.22>.

- European Commission. Digital Education Action Plan 2021–2027: Resetting education and training for the digital age. 2020. URL: <https://education.ec.europa.eu>.

18. He W., Song H. Emotional value of online education: A study of student experience and engagement. *Sustainability*. 2023. Vol. 15, No. 6. P. 4772. DOI: <https://doi.org/10.3390/su15064772>.

19. Høydal K. L., Finne H., Malmberg-Heimonen I. The framing of educational digitalization: A scoping review of empirical studies. *European Journal of Education*. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1111/ejed.12695>.

20. Jia Z., Deng X., Zeng H. The impact of screen exposure on children's social-emotional development: A meta-analysis. *Acta Psychologica*. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2025.104457>.

21. Makransky G., Petersen G. B. Investigating the process of learning with desktop virtual reality: A structural equation modeling approach. *Computers & Education*. 2019. Vol. 134. P. 15–30. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.02.002>.

22. Neumann K., Waight N. The digitalization of science education: Déjà vu all over again? *Journal of Research in Science Teaching*. 2020. Vol. 57, No. 9. P. 1355–1382. DOI: <https://doi.org/10.1002/tea.21668>.

23. Digital strategies in education across OECD countries: Exploring education policies on digital technologies. 2021. OECD. DOI: <https://doi.org/10.1787/33dd4c26-en>.

24. Okoye K., Nganji J. T., Hosseini S. Comparative study of students' evaluation of digitized education systems in higher education. *The Internet and Higher Education*. 2024. Vol. 62. P. 100889. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2024.100889>.

25. Okoye K., Nganji J. T., Hosseini S. Learning analytics for education: A systematic review and meta-analysis. *Social Sciences & Humanities Open*. 2025. Vol. 11. P. 100416. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2025.100416>.

26. Wang Y., Li X., Zhang Q. Effects of emotional tone in computer-based learning environments on students' performance. *Computers & Education*. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2025.104987>.

27. Zancajo A., Verger A., Bolea P. Digitalization and beyond: The effects of COVID-19 on post-pandemic educational policy and delivery in Europe. *Policy and Society*. 2022. Vol. 41, No. 1. P. 111–128. DOI: <https://doi.org/10.1093/polsoc/puab016>.

28. Zhang L., Wang M., Li Y. The impact of educational digitalization on students' creativity: Evidence from international data. *Humanities and Social Sciences Communications*. 2024. Vol. 11. P. 321. DOI: <https://doi.org/10.1057/s41599-024-03232-w>.

REFERENCES

1. Bykov, V. Yu., Spirin, O. M., & Pinchuk, O. P. (2020). Suchasni zavdannia tsyfrovoy transformatsii osvity [Current tasks of digital transformation of education]. *Zhurnal kafedry YuNESKO "Neperervna profesiina osvita XXI stolittia"*, (1), 27–36. DOI: [https://doi.org/10.35387/ucj.1\(1\).2020.27-36](https://doi.org/10.35387/ucj.1(1).2020.27-36).

2. Bobro, N. V. (2025). Etychni problemy ta ryzyky formuvannya tsyfrovoho universytetu [Ethical issues and risks of forming a digital university]. *Nauka i osvita*, (1), 75–81. DOI: <https://doi.org/10.24195/2414-4665-2025-1-9>.

3. Hurevych, R. S., Kademiia, M. Yu., Opushko, N. R., Ilnitska, T. S., & Plakhotniuk, H. M. (2021). Rol tsyfrovoykh tekhnolohii navchannia v epokhu tsyvilizatsiinykh zmin [The role of digital learning technologies in the era of civilizational changes]. *Suchasni informatsiini tekhnolohii ta innovatsiini metodyky navchannia v pidhotovtsi fakhivtsiv*, (62), 28–38. DOI: <https://doi.org/10.31652/2412-1142-2021-62-28-38>.

4. Korniat, V. S., Romanyshyn, Yu. L., & Holiardyk, N. A. (2022). Tsyfrovizatsiia osvity Ukrainy: perspektyvy ta ryzyky sohodennia [Digitalization of education in Ukraine: Prospects and risks]. *Innovatsiina pedahohika*, 53(1). DOI: <https://doi.org/10.32782/2663-6085/2022/53.1.30>.

5. Kremen, V. H., Bykov, V. Yu., Liashenko, O. I., Lytvynova, S. H., Luhovyi, V. I., Malovanyi, Yu. I., Pinchuk, O. P., & Topuzov, O. M. (2022). Naukovo-metodychne zabezpechennia tsyfrovizatsii osvity Ukrainy: stan, problemy, perspektyvy [Scientific and methodological support of digitalization of education in Ukraine]. *Visnyk NAPN Ukrainy*, 4(2). DOI: <https://doi.org/10.37472/v.naes.2022.4223>.

6. Liashenko, O., Spirin, O., Lytvynova, S., Pinchuk, O., Ovcharuk, O., & Sukhikh, A. (2024). Kontseptualni zasady tsyfrovizatsii osvitnoho seredovyshecha zakladu zahalnoi serednoi osvity [Conceptual principles of digitalization of school educational environment]. *Information Technologies and Learning Tools*, 102(4). DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v102i4.5829>.

7. Pro skhvalennia Kontseptsii rozvytku tsyfrovoykh kompetentnosti ta zatverdzhennia planu zakhodiv z yii realizatsii. (2021). Cabinet of Ministers of Ukraine. [On approval of the Concept for the development of digital competencies]. <http://surl.li/xuud>.

8. Fedchyslyn, O., Mokhun, S., & Chopyk, P. (2022). Metodychni osnovy vykorystannia PhET-symulatsii u protsesi vyvchennia fizyky [Methodological foundations of using PhET simulations in physics learning]. *Naukovi zapysky TNPU. Seriya: Pedahohika*, (1), 16–24. DOI: <https://doi.org/10.25128/2415-3605.22.1.2>.

9. Hi-Tech Office Ukraine. (2016). Tsyfrova adzhenda Ukrainy – 2020 [Digital agenda of Ukraine – 2020]. <https://strategy.uifuture.org/kraina-zrozvinutoyucifrovoyu-ekonomikoyu.html>.

10. Chebykin, O., & Atakhanov, B. (2023). Doslidzhennia emotsiino-osobystisnykh osoblyvosti yak virohıdnykh determinant psykholohichnoi kryzy v molodi [Study of emotional and personality characteristics as probable determinants of psychological crisis in youth]. *Nauka i osvita*, (2), 95–103. DOI: <https://doi.org/10.24195/2414-4665-2023-2-14>.

11. Yurchenko, A., Khvorostina, Yu., Shamonina, V., & Semenikhina, O. (2023). Tsyfrovı tekhnolohii u vykladanni fizyky: analiz isnuıchykh praktyk [Digital technologies in teaching physics: Analysis of existing practices]. *Fizyko-matematychna osvita*, 38(5), 53–59. DOI: <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2023-038-5-00.8>.

12. Banda H. J., Nzabhimana J. The impact of physics education technology (PhET) interactive simulation-based learning on motivation and academic achievement in physics. *Education and Information Technologies*. 2022. Vol. 27. P. 12035–12054. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11086-6>.

13. Cone L., Brøgger K., Player-Koro C., Williamson B. Pandemic acceleration: COVID-19 and the emergency digitalization of European education. *European Educational Research Journal*. 2022. Vol. 21, No. 5. P. 845–863. DOI: <https://doi.org/10.1177/14749041211041793>.

14. Chebykin O. (2023). Psycholinguistic Mechanisms of Emotion Regulation of Educational Activity. *Insight: the psychological dimensions of society*, 10, P. 117–136. DOI: <https://doi.org/10.32999/2663-970X/2023-10-6>.

15. Dertinger S., Garrelfs I., Hense J. Digital transformation of schools in the post-pandemic phase:

Empirical insights from Germany. *Seminar.net – International Journal of Media, Technology and Lifelong Learning*. 2025. Vol. 21, No. 1. DOI: <https://doi.org/10.7577/seminar.6338>.

16. Erdogan S., Bozkurt E. The effect of virtual laboratory applications prepared for geometrical optics lesson on students' achievement levels and attitudes towards physics. *Pegem Journal of Education and Instruction*. 2022. Vol. 12, No. 2. P. 226–234. DOI: <https://doi.org/10.47750/pegegog.12.02.22>.

17. European Commission. Digital Education Action Plan 2021–2027: Resetting education and training for the digital age. 2020. DOI: <https://education.ec.europa.eu>.

18. He W., Song H. Emotional value of online education: A study of student experience and engagement. *Sustainability*. 2023. Vol. 15, No. 6. P. 4772. DOI: <https://doi.org/10.3390/su15064772>.

19. Høydal K. L., Finne H., Malmberg-Heimonen I. The framing of educational digitalization: A scoping review of empirical studies. *European Journal of Education*. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1111/ejed.12695>.

20. Jia Z., Deng X., Zeng H. The impact of screen exposure on children's social-emotional development: A meta-analysis. *Acta Psychologica*. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2025.104457>.

21. Makransky G., Petersen G. B. Investigating the process of learning with desktop virtual reality: A structural equation modeling approach. *Computers & Education*. 2019. Vol. 134. P. 15–30. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.02.002>.

22. Neumann K., Waight N. The digitalization of science education: Déjà vu all over again? *Journal of Research in Science Teaching*. 2020. Vol. 57, No. 9. P. 1355–1382. DOI: <https://doi.org/10.1002/tea.21668>.

23. Digital strategies in education across OECD countries: Exploring education policies on digital technologies. 2021. OECD. DOI: <https://doi.org/10.1787/33dd4c26-en>.

24. Okoye K., Nganji J. T., Hosseini S. Comparative study of students' evaluation of digitized education systems in higher education. *The Internet and Higher Education*. 2024. Vol. 62. P. 100889. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2024.100889>.

25. Okoye K., Nganji J. T., Hosseini S. Learning analytics for education: A systematic review and meta-analysis. *Social Sciences & Humanities Open*. 2025. Vol. 11. P. 100416. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2025.100416>.

26. Wang Y., Li X., Zhang Q. Effects of emotional tone in computer-based learning environments on students' performance. *Computers & Education*. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2025.104987>.

27. Zancajo A., Verger A., Bolea P. Digitalization and beyond: The effects of COVID-19 on post-pandemic educational policy and delivery in Europe. *Policy and Society*. 2022. Vol. 41, No. 1. P. 111–128. DOI: <https://doi.org/10.1093/polsoc/puab016>.

28. Zhang L., Wang M., Li Y. The impact of educational digitalization on students' creativity: Evidence from international data. *Humanities and Social Sciences Communications*. 2024. Vol. 11. P. 321. DOI: <https://doi.org/10.1057/s41599-024-03232-w>.

Oleksandra Ordanovska,

*Doctor of Pedagogical Sciences, Professor,
Professor at the Department of Innovative Technologies
and Methods of Teaching Natural Sciences,
The state institution «South Ukrainian National Pedagogical University named after K. D. Ushynsky»,
26, Staroportofrankivska Str., Odesa, Ukraine,
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4868-0087>*

DIGITALIZATION OF EXPERIMENTAL ACTIVITIES IN TEACHING NATURAL SCIENCES

The article examines the digitalization of experimental activities in teaching natural sciences as a key factor in the modernization of the educational process. The relevance of the study is determined by the need to reconsider the role of digital tools not only as means of technical support for learning, but also as an integral component of a holistic pedagogical model for organizing students' cognitive activity. Particular attention is focused on the pedagogical conditions under which the use of digital tools intensifies meaningful learning and fosters the development of research skills.

The aim of the study is to identify the features of digitalization of experimental activities in teaching natural sciences and to determine its impact on the nature of students' cognitive activity. The research methodology is based on a combination of theoretical analysis, modeling of the educational process, pedagogical experiment, observation, questionnaire survey, and statistical methods of data processing.

The findings demonstrate that the effectiveness of digital tools is mediated by the nature of their pedagogical integration into the educational process. It is established that the combination of virtual modeling with real experimental tasks creates conditions for more conscious cognitive activity and contributes to improved learning outcomes. It is substantiated that the digitalization of experimental activities functions not only as a technological but also as a methodological factor in enhancing the quality of natural science education.

Key words: digitalization of education, experimental activity, virtual laboratories, digital educational resources, cognitive activity, methods of teaching natural sciences, methods of teaching physics.

Дата першого надходження статті до видання: 20.03.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 21.04.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026