Бабкова О. Віртуальні лабораторії як засіб організації дослідницької діяльності учнів у процесі вивчення біології. *Освіта. Інноватика. Практика,* 2026. Том 14, № 7. С. 9-16. https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol14i7-001.

Babkova O. Virtualni laboratorii yak zasib orhanizatsii doslidnytskoi diialnosti uchniv u protsesi vyvchennia biolohii [Virtual laboratories as a tool for organizing students' research activities in the process of learning biology]. *Osvita. Innovatyka. Praktyka – Education. Innovation. Practice,* 2026. Vol. 14, No 7. S. 9-16. https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol14i7-001.

УДК 37.016:57:004.94
DOI: 10.31110/2616-650X-vol14i7-001

Олена БАБКОВА
Запорізький обласний інститут післядипломної педагогічної освіти, Україна
https://orcid.org/0000-0002-9214-8883
babkova.o.o@zoippo.net.ua

ВІРТУАЛЬНІ ЛАБОРАТОРІЇ ЯК ЗАСІБ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОСЛІДНИЦЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ УЧНІВ У ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ БІОЛОГІЇ

Анотація. *У статті досліджено дидактичні можливості віртуальних лабораторій як ефективного засобу організації дослідницької діяльності учнів у процесі вивчення біології в закладах загальної середньої освіти. Обґрунтовано актуальність використання цифрових освітніх ресурсів в умовах модернізації освіти, реалізації компетентнісного підходу, розвитку STEM-освіти та цифрової трансформації освітнього процесу. На основі аналізу наукових джерел уточнено сутність поняття «віртуальна лабораторія» та визначено її як інтерактивне цифрове середовище, що забезпечує моделювання біологічних процесів, проведення експериментів і реалізацію основних етапів навчального дослідження. Здійснено класифікацію віртуальних лабораторій для вивчення біології за їх дидактичним призначенням та виокремлено демонстраційні, тренувальні й дослідницькі цифрові середовища. Розроблено матрицю відповідності віртуальних лабораторій дослідницьким уміннням учнів, що дозволило визначити їхні дидактичні можливості у формуванні вмінь спостерігати, формулювати проблему дослідження, висувати і перевіряти гіпотези, планувати та проводити експеримент, аналізувати й інтерпретувати результати, робити висновки, презентувати результати власної діяльності. Представлено методичні підходи до організації командної дослідницької діяльності учнів із використанням віртуальних лабораторій на уроках біології. Наведено приклади дослідницьких завдань, які демонструють можливості цифрових ресурсів для реалізації повного циклу наукового пізнання. Визначено педагогічні умови ефективного використання віртуальних лабораторій та доведено доцільність їх поєднання з традиційним лабораторним експериментом. Зроблено висновок, що використання віртуальних лабораторій сприяє розвитку дослідницьких умінь, критичного мислення, предметної та природничо-наукової компетентностей учнів і створює умови для підвищення якості біологічної освіти.*

Ключові слова: *віртуальні лабораторії; біологічна освіта; дослідницька діяльність учнів; дослідницькі уміння учнів; цифрові освітні ресурси; навчальне дослідження.*

Olena BABKOVA
Zaporizhzhia Regional Institute of Continuing Pedagogical Education, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-9214-8883
babkova.o.o@zoippo.net.ua

VIRTUAL LABORATORIES AS A TOOL FOR ORGANIZING STUDENTS' RESEARCH ACTIVITIES IN THE PROCESS OF LEARNING BIOLOGY

Abstract. *The article examines the didactic potential of virtual laboratories as an effective tool for organizing students' research activities in the process of studying biology in general secondary education institutions. The relevance of using digital educational resources is substantiated in the context of education modernization, the implementation of a competency-based approach, the development of STEM education, and the digital transformation of the educational process. Based on the analysis of scientific sources, the concept of "virtual laboratory" is clarified and defined as an interactive digital environment that enables the modeling of biological processes, the conduct of experiments, and the implementation of the main stages of educational research. A classification of virtual laboratories for biology education is carried out for didactic purposes, identifying demonstrational, training, and research-oriented digital environments. A matrix of correspondence between virtual laboratories and students' research skills is developed, which makes it possible to determine their didactic potential in developing skills such as observation, problem formulation, hypothesis generation and testing, planning and conducting experiments, analyzing and interpreting results, drawing conclusions, and presenting the outcomes of their work. Methodological approaches to organizing collaborative research activities of students using virtual laboratories in biology lessons are presented. Examples of research tasks are provided, demonstrating the capabilities of digital resources in implementing the full cycle of scientific inquiry. Pedagogical conditions for the effective use of virtual laboratories are identified, and the expediency of combining them with traditional laboratory experiments is substantiated. It is concluded that the use of virtual laboratories promotes the development of students' research skills, critical thinking, and subject-specific and natural science competencies, and creates conditions for improving the quality of biology education.*

Keywords: *virtual laboratories; biological education; students' research activities; students' research skills; digital educational resources; educational research.*

Постановка проблеми. Сучасний етап розвитку освіти характеризується активною цифровізацією освітнього процесу та впровадженням інноваційних технологій, спрямованих на формування в учнів компетентностей, необхідних для успішної самореалізації і професійної діяльності у XXI столітті. Особливої актуальності набуває проблема організації дослідницької діяльності учнів у

© *The Author(s) 2026*

процесі вивчення природничих дисциплін, оскільки саме вона сприяє формуванню наукового мислення, розвитку критичного аналізу інформації, удосконаленню вмінь розв'язувати проблеми та ухвалювати обґрунтовані рішення.

Державний стандарт базової середньої освіти, затверджений Постановою Кабінету Міністрів України від 30 вересня 2020 р. № 898, визначає компетентнісний потенціал, базові знання та вимоги до обов'язкових результатів навчання учнів у природничій освітній галузі, а також підкреслює необхідність залучення учнів до пізнання світу засобами наукового дослідження, що актуалізує впровадження педагогічних технологій дослідницького спрямування.

Відповідно до модельної навчальної програми «Біологія. 7-9 класи» для закладів загальної середньої освіти (авт. Балан П. Г, Кулініч О. М., Юрченко Л. П.) одним із ключових очікуваних результатів навчання є сформованість дослідницької і навчальної компетентностей – важливих складників ключової компетентності у галузі природничих наук, техніки й технологій. Досягнення зазначених результатів потребує створення відповідних умов для систематичного залучення учнів до навчальних досліджень та експериментальної діяльності

Водночас реалізація цих вимог у закладах загальної середньої освіти часто ускладнюється недостатнім матеріально-технічним забезпеченням кабінетів природничого циклу, обмеженим доступом до сучасного лабораторного обладнання, необхідністю забезпечення безпечних умов проведення експериментів, а також особливостями організації освітнього процесу в умовах воєнного стану та дистанційного навчання.

Одним із перспективних напрямів розв'язання зазначеної проблеми є використання віртуальних лабораторій, які дають змогу моделювати біологічні процеси та явища, проводити експерименти в безпечному середовищі, багаторазово відтворювати досліди, змінювати умови експерименту й аналізувати отримані результати.

У зв'язку з цим актуальним науково-педагогічним завданням є обґрунтування та пошук ефективних шляхів інтеграції віртуальних лабораторій у процес навчання біології, що відповідає сучасним тенденціям розвитку STEM-освіти, цифрової трансформації освітньої галузі та концепції Нової української школи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема використання віртуальних лабораторій в освітньому процесі закладів освіти перебуває у полі зору сучасних вітчизняних і зарубіжних науковців.

У працях Віталія Гнатюка, Ірини Упатової, Олени Дехтярьової, Наталії Куруц [2] віртуальні лабораторії розглядаються як важливий інструмент цифровізації біологічної освіти. Вчені зазначають, що використання інтерактивних симуляцій і віртуальних експериментів сприяє глибинному засвоєнню біологічних понять, формуванню практичних умінь здобувачів освіти та створенню безпечного освітнього середовища. Особливу увагу авторами приділено перевагам віртуальних лабораторій, серед яких доступність, можливість багаторазового відтворення експериментів і відсутність потреби у спеціальному лабораторному обладнанні.

Наталія Ількевич [4] у своєму дослідженні довела ефективність використання віртуальних лабораторій як засобу візуалізації біохімічних процесів, організації лабораторного практикуму та підвищення якості навчання студентів природничих спеціальностей.

Андрій Кривов'яз, Олег Кохан, Михайло Сливка [5] встановили, що використання експерименту та віртуальних лабораторій сприяє розвитку дослідницької активності, експериментаторських умінь і навчальної мотивації учнів.

Сергій Скрипник [7], Любов Соболенко, Тетяна Коршевнюк, Віталій Філь [8] у своїх працях зазначили, що використання віртуальних лабораторій в освітньому процесі робить навчання біології доступним, інтерактивним і практикоорієнтованим.

Наталія Водоп'ян [1] запропонувала алгоритм організації дистанційних лабораторних робіт з біології за допомогою цифрових платформ і хмарних сервісів.

Вікторія Гнєзділова, Тетяна Микитин, Надія Різничук, Андріана Приймак [3] визначили переваги інтеграції цифрових платформ в освіту, зокрема їхній вплив на розвиток критичного мислення, самостійної роботи та експериментальних навичок; розробили основні методологічні підходи до використання онлайн-лабораторій у шкільній програмі, а також окреслили перспективи їх подальшого застосування в контексті дистанційного та змішаного навчання.

Китайські дослідники Ін Чжан, Юйкінь Ян, Юнкан Чу, Данер Сун, Цзячжен Сю, Юйхуей Чжен [15] здійснили бібліометричний аналіз 219 статей, опублікованих у період з 2013 по 2023 рік і прийшли до висновку: у 2013–2023 рр. спостерігається стале зростання наукового інтересу до віртуальних лабораторій. Розвиток галузі дослідники поділили на два етапи: початковий (2013–2017), коли публікувалося в середньому близько 9 статей на рік, та етап стрімкого розвитку (2018–2023), протягом якого було опубліковано 175 статей, що становить приблизно 80% від загальної вибірки, а середній показник досяг 29 робіт на рік. Аналіз цитувань і публікаційної активності демонструє

експоненціальне зростання, що свідчить про посилення впливу віртуальних лабораторій у сфері освіти та досліджень.

Найпоширенішими напрямами використання віртуальних лабораторій є хімія (67 застосувань), фізика (54), загальні науки К–12 (25), біологія (22), інженерія (20) і медицина (12). Домінування хімії та фізики пояснюється можливістю безпечного моделювання складних експериментів, тоді як зростання використання в медицині й біології свідчить про розширення міждисциплінарного потенціалу віртуальних лабораторій [15].

Науковці у сфері освітніх технологій та ІКТ з Південно-Африканської Республіки Браян Шамбаре, Клемент Сімуї [12] здійснили комплексний огляд літератури, що включали 32 емпіричні дослідження з 16 країн, та виявили помітне покращення академічної успішності учнів завдяки використанню в освітньому процесі віртуальних лабораторій з навчальною метою; зосередилися на визначенні теоретичних аспектів застосування цифрових інструментів у викладанні та проведенні науково-практичних експериментів.

Дослідниці з Узбекистану Мехрінісо Туракулова , Нілуфар Рузікулова та Наталія Алланазарова [13] довели, що використання віртуальних лабораторій під час вивчення біології підвищує ефективність навчання, сприяє розвитку дослідницьких умінь і забезпечує краще засвоєння складних біологічних понять.

Канадські науковиці Джоанна С. Керролл, Хедіє Наджафі та Мартіна Штайнер (University of Toronto, Canada) [10] дослідили ефективність використання віртуальних лабораторних симуляцій у підготовці фахівців із генетичних методів та довели їхній позитивний вплив на засвоєння теоретичних знань і формування впевненості студентів у виконанні лабораторних процедур.

Індонезійські вчені В.Н. Удін, Мурні Рамл та Муззазіна [14] здійснили систематичний огляд досліджень щодо використання віртуальних лабораторій у біологічній освіті та дійшли висновку, що їх застосування сприяє кращому розумінню абстрактних біологічних понять і розвитку лабораторних умінь здобувачів освіти.

Незважаючи на значну кількість наукових праць, присвячених використанню віртуальних лабораторій у природничій освіті, аналіз досліджень засвідчує, що основна увага науковців зосереджена на висвітленні їхніх дидактичних переваг, технічних можливостей, впливу на якість навчання, мотивацію здобувачів освіти та формування предметних компетентностей. Дослідниками доведено ефективність віртуальних лабораторій як засобу візуалізації біологічних процесів, організації лабораторних робіт і підвищення результативності навчання.

Водночас недостатньо розробленими залишаються методичні аспекти використання віртуальних лабораторій саме як засобу організації дослідницької діяльності учнів у процесі вивчення біології в закладах загальної середньої освіти. Потребують подальшого вивчення педагогічні умови ефективного поєднання віртуального експерименту з дослідницькими методами навчання, особливості формування дослідницьких умінь учнів різних вікових груп, а також методичні підходи до організації самостійного пошуку, аналізу та інтерпретації результатів біологічних досліджень у віртуальному середовищі.

Мета дослідження полягає в теоретичному обґрунтуванні дидактичного потенціалу віртуальних лабораторій як засобу організації дослідницької діяльності учнів у процесі вивчення біології.

Методи дослідження. Для досягнення поставленої мети використано комплекс взаємопов'язаних методів дослідження: аналіз і синтез науково-педагогічних джерел, їх узагальнення та систематизацію; порівняльний аналіз цифрових освітніх ресурсів; класифікацію і моделювання; педагогічне проєктування. Застосування зазначених методів дало змогу визначити дидактичний потенціал віртуальних лабораторій, розробити їх класифікацію, створити матрицю відповідності дослідницьким умінням учнів та обґрунтувати методичні підходи до організації дослідницької діяльності в процесі вивчення біології.

Виклад основного матеріалу дослідження. У сучасних наукових працях поняття *«віртуальна лабораторія»* тлумачиться як: комп'ютерна програма або платформа, що надає можливість віртуального моделювання та виконання експериментів у біологічних науках [2]; комп’ютерні програмні засоби, здатні моделювати наукові експерименти і дозволяти студентам взаємодіяти з ними у віртуальному середовищі [9]; симульована версія традиційної лабораторії, яка надає учням віртуальні моделі реальних лабораторних приладів, обладнання [11]; цифрова платформа, де вчителі й учні можуть виконувати експерименти за допомогою комп’ютерів або смартфонів, використовуючи віртуальні аналоги лабораторних приладів, хімічних реактивів [12]. Виходячи із зазначеного, розглядаємо віртуальну лабораторію як інтерактивне цифрове середовище, яке забезпечує організацію *дослідницької діяльності* учнів у процесі вивчення біології засобами моделювання біологічних об'єктів, явищ і процесів та забезпечення умов для постановки проблеми, висунення гіпотез, проведення експериментів, аналізування отриманих даних, формулювання висновків. Завдяки

цьому віртуальні лабораторії виступають ефективним засобом розвитку дослідницьких умінь, наукового мислення та предметної компетентності учнів.

На думку сучасних науковців, *дослідницька діяльність* у закладах загальної середньої освіти є невід'ємною складовою освітнього середовища Нової української школи [6]. У цьому контексті навчальне дослідження розглядається як цілеспрямований процес формування в учнів *дослідницьких умінь*, які є інструментом пізнання навколишньої дійсності. До таких умінь належать: спостереження за біологічними об'єктами, процесами; формулювання проблеми дослідження; висунення та перевірка гіпотез; планування й проведення експерименту; збирання, опрацювання, інтерпретування емпіричних даних; встановлення причинно-наслідкових зв'язків; формулювання обґрунтованих висновків, а також презентація і наукове обговорення результатів дослідження.

Реалізація зазначених дослідницьких умінь в освітньому процесі значною мірою забезпечується використанням сучасних цифрових засобів навчання, зокрема віртуальних лабораторій, які варіюються за своїми дидактичними можливостями та рівнем залучення учнів до дослідницької діяльності.

Залежно від їхніх дидактичних можливостей та ступеня залучення учнів до активної пізнавальної і дослідницької діяльності нами виділено три основні групи: демонстраційні, тренувальні та дослідницькі (табл. 1).

Таблиця 1.

Віртуальні лабораторії з біології

Демонстраційні	***Тренувальні***	***Дослідницькі***
Sketchfab	PhET	Labster
ZygoteBody	OLABS	Go-Lab
NobelPrize	JavaLab	LabXchange
The Human Protein Atlas		BioInteractive
		Ask A Biologist,
		Plant Growth Virtual
		BioNetwork

До ***демонстраційних*** ресурсів віднесено платформи Sketchfab, ZygoteBody, NobelPrize.org, The Human Protein Atlas, які забезпечують наочне представлення біологічних об'єктів, процесів і наукових відкриттів. Основне призначення цих ресурсів полягає у візуалізації навчального матеріалу, формуванні уявлень про будову організмів і підвищенні пізнавального інтересу учнів до вивчення біології.

Тренувальні віртуальні лабораторії (PhET, OLABS, JavaLab) орієнтовані на відпрацювання практичних умінь та виконання лабораторних вправ за визначеним алгоритмом. Вони дають змогу учням моделювати окремі біологічні процеси, повторювати експерименти й набувати досвіду роботи з віртуальним лабораторним обладнанням.

Значні можливості для організації дослідницької діяльності надають цифрові дослідницькі середовища (Labster, Go-Lab, LabXchange, BioInteractive, Ask A Biologist, Plant Growth Virtual, BioNetwork). Ці ресурси забезпечують можливість проведення навчальних досліджень, які передбачають визначення проблеми, висування та перевірку гіпотез; проведення експерименту; аналіз результатів і формулювання обґрунтованих висновків.

Для більш детального аналізу дидактичної ефективності зазначених ресурсів нами здійснено їх зіставлення за рівнем сформованості дослідницьких умінь учнів (табл. 2).

Як свідчать дані табл. 2, віртуальні лабораторії різняться за рівнем забезпечення формування дослідницьких умінь. Демонстраційні ресурси переважно сприяють розвитку спостереження, інтерпретації та презентації результатів, тоді як тренувальні платформи забезпечують формування алгоритмічних експериментальних умінь. Формування повного циклу дослідницької діяльності (від визначення проблеми до формулювання висновків) забезпечують дослідницькі цифрові середовища, які інтегрують усі етапи наукового пізнання.

Нами здійснено добірку цифрових ресурсів до відповідних тем уроків з біології та розроблено до них інструктивні матеріали (https://surl.li/rmeotn).

Розглянемо, наприклад, *алгоритм дослідницької діяльності* учнів 9 класу на уроці з теми «Поділ клітин: клітинний цикл, мітоз» відповідно до модельної навчальної програми «Біологія. 7-9 класи» для закладів загальної середньої освіти (авт. Балан П. Г., Кулініч О. М., Юрченко Л. П.). На початку уроку діти опрацьовують теоретичні відомості щодо клітинного циклу, фаз мітозу і контекстну інформацію про лектини – вуглеводзв'язувальні білки, що присутні в різних організмах, таких як тварини, мікроорганізми, віруси та рослини. Ці білки можуть діяти як мітогени, збільшуючи швидкість мітозу в клітинах. Наприклад, фітогемаглютинін-М (ФГА-М), лектин, виділений з червоної квасолі (Phaseolus vulgaris), може бути використаний для стимуляції поділу клітин у клітинах тварин, таких як Т-лімфоцити (клітини імунної системи). Інформація розміщена на сайті цифрової освітньої платформи

LabXchange, створеної за підтримки Гарвардського університету (пряме посилання https://surl.li/zqnmzy). Разом з учителем учні визначають проблему: «Чи має лектин PHA-M також мітогенний ефект у тканинах рослин?» Це важливо, оскільки швидкий поділ клітин може послабити тканини рослин, що може негативно вплинути на їхній ріст. Далі дев'ятикласники формулюють нульову гіпотезу, яка стверджує, що не буде суттєвої різниці в результатах між контрольною та експериментальною вибірками. Для експерименту обрано весняну цибулю-шалот, оскільки її кінчики легко вирощувати. Наступним етапом є визначення незалежної і залежної змінних експерименту.

Таблиця 2.

Матриця відповідності віртуальних лабораторій і дослідницьких умінь учнів

Віртуальні лабораторії / ресурси	Спостереження	Постановка проблеми	Гіпотези	Планування експерименту	Проведення експерименту	Обробка даних	Інтерпретація	Висновки	Презентація
Sketchfab	+	–	–	–	+/–	–	+/–	+/–	+
ZygoteBody	+	+/–	–	–	–	–	+/–	–	+
NobelPrize.org	+	+/–	+/–	–	–	–	+/–	+	+
The Human Protein Atlas	+	+/–	+/–	–	+/–	+/–	+	+	+
PhET	+	+	+	+	+	+	+	+	+
OLABS	+	+	+	+	+	+	+	+	+
JavaLab	+	+/–	+/–	+/–	+	-	+	+	+
Labster	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Go-Lab	+	+	+	+	+	+	+	+	+
LabXchange	+	+	+	+	+	+	+	+	+
BioInteractive	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ask A Biologist	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Plant Growth Virtual	+	+	+	+	+	+	+	+	+
BioNetwork	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Умовні позначення: + уміння формується безпосередньо; +/– формується частково/опосередковано; практично не реалізується.

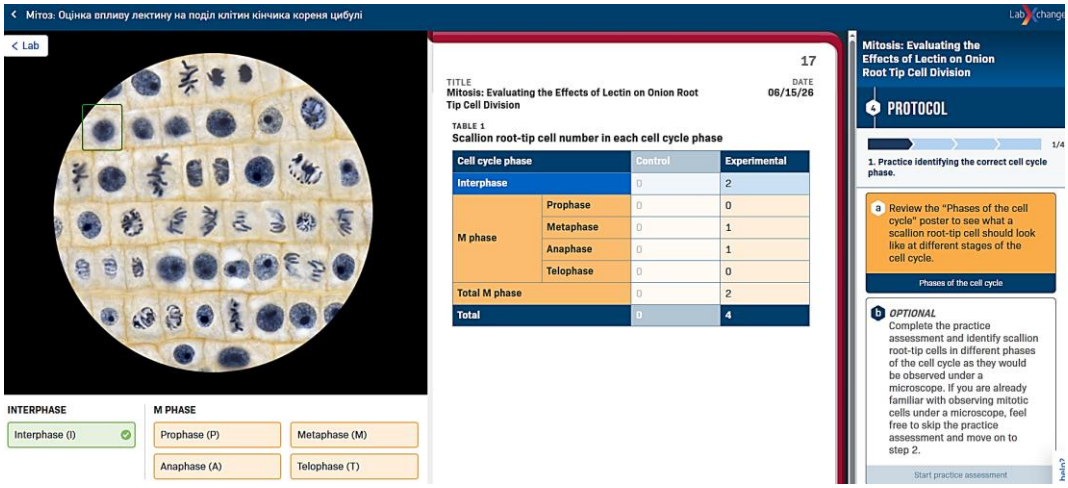


Рис. 1. Симуляція «Оцінка впливу лектину на поділ клітин кінчика кореня цибулі» (https://surl.li/zqnmzy)

Учні ведуть облік клітин, що перебувають у відповідних фазах клітинного циклу в контрольному (рис. 1) й експериментальному зразках; фіксують результати в таблиці, будують графіки, порівнюють результати з гіпотезою і роблять висновки про те, що PHA-M збільшує швидкість мітотичного поділу в клітинах кінчиків коренів цибулі.

Навчальні дослідження з використанням віртуальних лабораторій можна проводити на різних етапах навчання біології: під час вивчення нового матеріалу для візуалізації складних біологічних процесів і явищ; на етапі закріплення знань для повторення та систематизації навчального матеріалу; з метою відпрацювання практичних навичок шляхом виконання віртуальних експериментів; а також як передлабораторний інструмент для підготовки учнів до проведення реальних досліджень і формування алгоритму виконання експерименту. Ефективність їх використання забезпечується

дотриманням певних педагогічних умов, серед яких: домінування дидактичної мети над технологічним аспектом використання цифрового ресурсу; доцільність застосування відповідно до змісту та очікуваних результатів навчання; свідоме виконання учнями дослідницьких дій; короткочасність експериментів, що сприяє підтриманню пізнавальної активності; варіативність завдань і можливість модифікувати умови експерименту відповідно до індивідуальних освітніх потреб учнів.

Віртуальні лабораторії створюють умови для організації командної дослідницької діяльності учнів, забезпечуючи можливість спільного планування експерименту, розподілу дослідницьких завдань та колективного аналізування отриманих результатів. Наприклад, під час вивчення теми «Фотосинтез» вдалим є використання ресурсу GoLab (https://surl.li/mxepaz) і Plant Growth Virtual (https://surl.li/mkzfpw). Для організації дослідницької діяльності клас можна об'єднати у кілька груп, кожна з яких досліджуватиме вплив окремого фактора на інтенсивність фотосинтезу: команда А – вплив інтенсивності світла, команда Б – вплив температури, команда В – вплив концентрації вуглекислого газу, команда Г – вплив довжини хвилі світла.

У межах кожної групи учні можуть виконувати різні ролі: дослідники керують симуляцією та проводять експеримент; аналітики опрацьовують отримані дані та встановлюють закономірності; критики перевіряють достовірність результатів і правильність їх інтерпретації; доповідачі узагальнюють результати й презентують їх класу.

Формат представлення результатів дослідження може бути різноманітним: відеозвіти (скрінкасти), наукові постери, мультимедійні презентації, інфографіка, усні доповіді, взаємне рецензування результатів інших груп тощо.

Альтернативно можна використати метод паралельних серій, коли клас перетворюється на єдину обчислювальну мережу. Доречно використати OLABS (https://surl.li/cmvier) – освітню платформу, що містить велику кількість віртуальних лабораторних робіт. Усі групи працюють над спільною проблемою – «Як параметри освітлення впливають на інтенсивність фотосинтезу?», однак кожна команда досліджує окремий аспект цієї проблеми. Команда А вивчає вплив потужності джерела світла на інтенсивність фотосинтезу, порівнюючи результати за використання ламп потужністю 40 Вт і 100 Вт. Команда Б досліджує залежність інтенсивності фотосинтезу від відстані між джерелом світла та рослиною, проводячи експерименти на відстані 50 см і 100 см. Команда В аналізує вплив довжини світлової хвилі, використовуючи різні світлові фільтри («Clear», «Red», «Green», «Blue») та визначаючи, за якого кольору освітлення фотосинтез відбувається інтенсивніше. Команда Г здійснює узагальнення отриманих результатів, порівнює дані всіх груп, будує графіки та формулює висновки щодо оптимальних умов перебігу фотосинтезу. Після завершення експериментів кожна команда презентує результати власного дослідження. Об'єднання отриманих даних дає змогу сформувати цілісне уявлення про вплив різних параметрів освітлення на інтенсивність фотосинтезу.

Результативність використання віртуальних лабораторій значною мірою залежить від методично виваженого підходу до їх упровадження в освітній процес. Важливим є не лише добір якісного цифрового ресурсу, а й чітке визначення його дидактичної функції в структурі уроку: для пояснення нового матеріалу, закріплення знань, формування практичних умінь або оцінювання результатів навчання. Поєднання віртуального експерименту з традиційними методами навчання забезпечує комплексний підхід до формування природничо-наукової компетентності учнів. Використання віртуальних лабораторій сприяє розвитку теоретичного та дослідницького мислення, дає змогу візуалізувати мікросвіт і процеси, недоступні для безпосереднього спостереження, багаторазово повторювати експерименти, аналізувати помилки й моделювати процеси, які потребують тривалого часу або є неможливими для проведення в реальних умовах.

Водночас традиційний лабораторний експеримент забезпечує формування практичних умінь роботи з реальним обладнанням, розвиток мануальних навичок, набуття досвіду безпосереднього спостереження за природними об'єктами та усвідомлення необхідності дотримання правил безпеки під час проведення досліджень. Саме поєднання віртуального і реального експерименту створює оптимальні умови для розвитку дослідницьких умінь, критичного мислення, формування цілісного наукового світогляду учнів.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Проведене дослідження засвідчило, що віртуальні лабораторії є ефективним засобом організації дослідницької діяльності учнів у процесі вивчення біології. На основі аналізу наукових джерел уточнено сутність поняття «віртуальна лабораторія» та обґрунтовано її роль як інтерактивного цифрового середовища, що забезпечує реалізацію основних етапів навчального дослідження: визначення проблеми, висунення гіпотез, планування й проведення експерименту, аналіз та інтерпретацію результатів, формулювання висновків.

Здійснено класифікацію віртуальних лабораторій для вивчення біології за їх дидактичним призначенням та виокремлено демонстраційні, тренувальні й дослідницькі цифрові середовища.

Встановлено, що найбільший потенціал для формування дослідницьких умінь мають дослідницько-орієнтовані платформи, які забезпечують реалізацію повного циклу наукового пізнання.

Доведено, що використання віртуальних лабораторій сприяє розвитку в учнів умінь спостерігати, визначати проблему дослідження, висувати та перевіряти гіпотези, планувати експеримент, аналізувати й інтерпретувати отримані дані, формулювати обґрунтовані висновки і презентувати результати власної діяльності. Наведені приклади організації командної дослідницької діяльності підтверджують ефективність використання віртуальних лабораторій під час вивчення біології та їх значний потенціал для реалізації компетентнісного, діяльнісного, STEM-орієнтованого підходів.

Встановлено, що ефективне використання віртуальних лабораторій забезпечується їх педагогічно виваженим поєднанням із традиційним лабораторним експериментом.

Перспективи подальших досліджень вбачаємо в розробленні методики оцінювання рівнів сформованості дослідницьких умінь учнів у процесі використання віртуальних лабораторій, створенні системи навчально-дослідницьких завдань для різних вікових груп, а також дослідженні можливостей інтеграції віртуальних лабораторій із технологіями штучного інтелекту.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Фінансування. Роботу виконано за відсутності фінансової підтримки.

Доступність даних. Це дослідження не передбачає використання додаткових наборів даних.

Використання штучного інтелекту. Інструменти штучного інтелекту не використовувались при написанні цієї роботи.

Список використаних джерел

1. Водоп'ян Н. І. Створення цифрового освітнього середовища для проведення дистанційного біологічного практикуму. *Наукові записки Малої академії наук України*. 2023. № 1(26). С. 38-46. https://doi.org/10.51707/2618-0529-2023-26-05
2. Гнатюк В. В., Упатова І. П., Дехтярьова О. О., Куруц Н. В. Віртуальні лабораторії в біологічній освіті: моделювання експериментальних досліджень. *Академічні візії.* 2023. Вип. 21. С. 21–35. URL: https://academy-vision.org/index.php/av/article/view/479/438
3. Гнєзділова В., Микитин Т., Різничук Н., Приймак А. Використання онлайн-лабораторій та симуляторів на уроках біології. *Вісник Дніпровської академії безперервної освіти. Серія «Філософія».* 2025. Т. 8, № 1. С. 143-150. https://doi.org/10.54891/2786-7013-2025-1-17
4. Ількевич Н. Використання віртуальних лабораторій при вивченні біохімії студентами природничих факультетів. *Журнал інформаційних технологій в освіті.* 2021. № 48. С. 15-23. https://doi.org/10.14308/ite000746
5. Кривов'яз А. О., Кохан О. П., Сливка М. В. Віртуальна хімічна лабораторія як альтернатива шкільного хімічного експерименту. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія «Хімія».* 2025. Т. 53, № 1. С. 75-83. https://doi.org/10.24144/2414-0260.2025.1.75-82
6. Нікітченко Л. О. Дослідницька діяльність як невід'ємна складова шкільної біологічної освіти. *Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського. Серія: Теорія та методика навчання природничих наук.* 2024. № 6. С. 24-33. https://doi.org/10.31652/2786-5754-2024-6-24-33
7. Скрипник С. Особливості використання цифрових технологій у вивченні біологічних дисциплін. *Психолого-педагогічні проблеми сучасної школи.* 2025. № 1(13). С. 76–85. https://doi.org/10.31499/2706-6258.1(13).2025.330212
8. Соболенко Л. Ю., Коршевнюк Т. В., Філь В. М. Впровадження віртуальних лабораторій в освітній процес для підвищення доступності біологічної освіти в Україні. *Педагогічна Академія: наукові записки.* 2025. № 17. https://doi.org/10.5281/zenodo.15275786
9. Akinola V. & Oladejo A. Virtual Laboratory: A viable and sustainable alternative to traditional physical laboratory. *Journal of Educational Research and Development*. 2020. Vol. 16. P. 1–7. URL: https://surl.li/xldxtv
10. Carroll J. S., Najafi H., Steiner M. Evaluating the effectiveness of virtual laboratory simulations for graduate-level training in genetic methodologies. *Biochemistry and Molecular Biology Education.* 2025. Vol. 53(4). Pp. 422–432. https://doi.org/10.1002/bmb.21898
11. Lestari D. P., Supahar. Students and teachers' necessity toward virtual laboratory as an instructional media of 21st century science learning. *Journal of Physics: Conference Series.* 2020. Vol. 1440. Article 012091. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1440/1/012091
12. Shambare B., Simuja C. A Critical Review of Teaching With Virtual Lab: A Panacea to Challenges of Conducting Practical Experiments in Science Subjects Beyond the COVID-19 Pandemic in Rural Schools in South Africa. *Journal of Educational Technology Systems*. 2021. Vol. 50, no. 3. https://doi.org/10.1177/00472395211058051
13. Turakulova M., Ruzikulova N. & Allanazarova N. Design and evaluation of a virtual laboratory model for observing paramecium movement in biology education. *Discover Education*. 2026. Vol. 5. Article 711. https://doi.org/10.1007/s44217-026-01761-x
14. Udin, W. N., Ramli, M. and Muzzazinah. Virtual laboratory for enhancing students' understanding on abstract biology concepts and laboratory skills: A systematic review. *Journal of Physics: Conference Series.* 2020. 1521. Article 042025. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1521/4/042025

15. Zhang Y., Yang Y., Chu Y., Sun D., Xu J., Zheng Y. Virtual laboratories in science education: unveiling trajectories, themes and emerging paradigms (2013–2023). *Journal of Baltic Science Education*. 2024. Vol. 25(5). Pp. 990-1009. https://doi.org/10.33225/jbse/24.23.990

References

1. Vodopian N. I. Stvorennia tsyfrovoho osvitnoho seredovyshcha dlia provedennia dystantsiinoho biolohichnoho praktykumu. Naukovi zapysky Maloi akademii nauk Ukrainy. 2023. № 1(26). S. 38-46. https://doi.org/10.51707/2618-0529-2023-26-05 (in Ukrainian).
2. Hnatiuk V. V., Upatova I. P., Dekhtiarova O. O., Kuruts N. V. Virtualni laboratorii v biolohichnii osviti: modeliuvannia eksperymentalnykh doslidzhen. Akademichni vizii. 2023. Vyp. 21. S. 21–35. URL: https://academy-vision.org/index.php/av/article/view/479/438 (in Ukrainian).
3. Hniezdilova V., Mykytyn T., Riznychuk N., Pryimak A. Vykorystannia onlain-laboratorii ta symuliatoriv na urokakh biolohii. Visnyk Dniprovskoi akademii bezperervnoi osvity. Seriia «Filosofiia». 2025. T. 8, № 1. S. 143-150. https://doi.org/10.54891/2786-7013-2025-1-17 (in Ukrainian).
4. Ilkevych N. Vykorystannia virtualnykh laboratorii pry vyvchenni biokhimii studentamy pryrodnychykh fakultetiv. Zhurnal informatsiinykh tekhnolohii v osviti. 2021. № 48. S. 15-23. https://doi.org/10.14308/ite000746 (in Ukrainian).
5. Kryvoviaz A. O., Kokhan O. P., Slyvka M. V. Virtualna khimichna laboratoriia yak alternatyva shkilnoho khimichnoho eksperymentu. Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Seriia «Khimiia». 2025. T. 53, № 1. S. 75-83. https://doi.org/10.24144/2414-0260.2025.1.75-82 (in Ukrainian).
6. Nikitchenko L. O. Doslidnytska diialnist yak nevidiemna skladova shkilnoi biolohichnoi osvity. Naukovi zapysky Vinnytskoho derzhavnoho pedahohichnoho universytetu imeni Mykhaila Kotsiubynskoho. Seriia: Teoriia ta metodyka navchannia pryrodnychykh nauk. 2024. № 6. S. 24-33. https://doi.org/10.31652/2786-5754-2024-6-24-33 (in Ukrainian).
7. Skrypnyk S. Osoblyvosti vykorystannia tsyfrovykh tekhnolohii u vyvchenni biolohichnykh dystsyplin. Psykholoho-pedahohichni problemy suchasnoi shkoly. 2025. № 1(13). S. 76–85. https://doi.org/10.31499/2706-6258.1(13).2025.330212 (in Ukrainian).
8. Sobolenko L. Yu., Korshevniuk T. V., Fil V. M. Vprovadzhennia virtualnykh laboratorii v osvitnii protses dlia pidvyshchennia dostupnosti biolohichnoi osvity v Ukraini. Pedahohichna Akademiia: naukovi zapysky. 2025. № 17. https://doi.org/10.5281/zenodo.15275786 (in Ukrainian).
9. Akinola V. & Oladejo A. Virtual Laboratory: A viable and sustainable alternative to traditional physical laboratory. *Journal of Educational Research and Development*. 2020. Vol. 16. P. 1–7. URL: https://surl.li/xldxtv
10. Carroll J. S., Najafi H., Steiner M. Evaluating the effectiveness of virtual laboratory simulations for graduate-level training in genetic methodologies. *Biochemistry and Molecular Biology Education.* 2025. Vol. 53(4). Pp. 422–432. https://doi.org/10.1002/bmb.21898
11. Lestari D. P., Supahar. Students and teachers' necessity toward virtual laboratory as an instructional media of 21st century science learning. *Journal of Physics: Conference Series.* 2020. Vol. 1440. Article 012091. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1440/1/012091
12. Shambare B., Simuja C. A Critical Review of Teaching With Virtual Lab: A Panacea to Challenges of Conducting Practical Experiments in Science Subjects Beyond the COVID-19 Pandemic in Rural Schools in South Africa. *Journal of Educational Technology Systems*. 2021. Vol. 50, no. 3. https://doi.org/10.1177/00472395211058051
13. Turakulova M., Ruzikulova N. & Allanazarova N. Design and evaluation of a virtual laboratory model for observing paramecium movement in biology education. *Discover Education*. 2026. Vol. 5. Article 711. https://doi.org/10.1007/s44217-026-01761-x
14. Udin, W. N., Ramli, M. and Muzzazinah. Virtual laboratory for enhancing students' understanding on abstract biology concepts and laboratory skills: A systematic review. *Journal of Physics: Conference Series.* 2020. 1521. Article 042025. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1521/4/042025
15. Zhang Y., Yang Y., Chu Y., Sun D., Xu J., Zheng Y. Virtual laboratories in science education: unveiling trajectories, themes and emerging paradigms (2013–2023). *Journal of Baltic Science Education*. 2024. Vol. 25(5). Pp. 990-1009. https://doi.org/10.33225/jbse/24.23.990

| Матеріал надійшов до редакції: 17.06.2026 р. | Прийнято до друку: 01.08.2026 р. | Опубліковано: 30.09.2026 р. |

This work is licensed under a Creative Commons License Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0).