

Віртуальні лабораторії в біологічній освіті: моделювання експериментальних досліджень

*Гнатюк Віталій Васильович¹, Упатова Ірина Петрівна²,
Дехтярьова Олена Олександрівна³, Куруц Наталія Василівна⁴*

Опубліковано	Секція	УДК
24.07.2023	Освіта/Педагогіка	378.147:57

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.8199004>

Ліцензовано за умовами Creative Commons BY 4.0 International license

Анотація. Сучасна цифровізація має відчутний вплив на навчання освітніх компонентів біологічного спрямування. Зокрема, застосування інноваційних технологій дало змогу оптимізувати практичне навчання. Мета статті полягає в тому, щоби дослідити можливості моделювання експериментальних досліджень та застосування віртуальних лабораторій під час підготовки спеціалістів з біологічних дисциплін. Використання віртуальних лабораторій у навчальному процесі і моделювання експериментальних досліджень є дієвим інноваційним інструментом, який значно підвищує можливості підготовки та навчання здобувачів вищої освіти у галузі біологічних наук. Завдяки цифровізації освітнього простору набули поширення такі поняття, як «біологія онлайн», «онлайн-лабораторії», «віртуальна лабораторія», «онлайн-експеримент» та «віртуальний лабораторний практикум». Використання цих педагогічних форм і методів навчання свідчить про широке розповсюдження інноваційних цифрових технологій у освітніх середовищах. Деякі програми, як-от VirtualLab, LabInApp Virtual Labs, BioDigital Human, Labster тощо, активно застосовуються в європейських освітніх закладах для підготовки фахівців. Використання віртуальних лабораторій у біологічному навчанні сприяє поліпшенню розуміння біологічних концепцій і їх глибокому засвоєнню, розвитку практичних навичок та забезпечує доступне й активне навчання і допомагає створити стимулююче та безпечне освітнє середовище. Більшість віртуальних лабораторій надають можливість вивчати різні біологічні концепції через інтерактивні симуляції, а також ґрунтовно опанувати екологію, анатомію, зоологію, фізіологію, біологію клітини та

¹ кандидат біологічних наук, доцент кафедри біології, здоров'я людини та фізичної реабілітації, факультет фізичної культури, спорту та здоров'я людини, Бердянський державний педагогічний університет, Україна, 71100, Запорізька обл., м. Бердянськ, вул. Шмідта, 4, <https://orcid.org/0000-0001-7475-0670>

² доктор педагогічних наук, професор, в. о. завідувача кафедри природничих дисциплін, психолого-педагогічний факультет, Комунальний заклад "Харківська гуманітарно-педагогічна академія" Харківської обласної ради, Україна, 61001, Харківська обл., м. Харків, пров. Руставелі, 7, <https://orcid.org/0000-0002-0060-1186>

³ кандидат біологічних наук, доцент кафедри природничих дисциплін, психолого-педагогічний факультет, Комунальний заклад "Харківська гуманітарно-педагогічна академія" Харківської обласної ради, Україна, 61001, Харківська обл., м. Харків, пров. Руставелі, 7, <https://orcid.org/0000-0001-9617-3333>

⁴ кандидат біологічних наук, доцент кафедри зоології, біологічний факультет, Державний вищий навчальний заклад "Ужгородський національний університет", Україна, 88000, Закарпатська обл., м. Ужгород, пл. Народна, 3, <https://orcid.org/0000-0002-1754-4675>

гістологію, основ генетики та селекції, та інші біологічні дисципліни. Використання віртуальних лабораторій у біологічному навчанні має значні практичні переваги: проведення експериментів та досліджень без реальних ризиків для здоров'я, відсутність потреби у фізичних матеріалах та лабораторних приміщеннях, уникнення страху зробити помилку або пошкодити дорогі прилади. Універсальність такого підходу приведе до поширення використання віртуальних лабораторій у майбутньому, особливо з урахуванням прогресуючого впливу цифровізації на освіту загалом.

Ключові слова: цифровізація, навчальні платформи, освітній процес, експеримент, симуляції.

Virtual laboratories in biological education: simulation of experimental studies

Annotation. Modern digitization has a tangible impact on the teaching of biology. In particular, the use of innovative technologies made it possible to optimize parts of practical training. The purpose of the article is to investigate the possibilities of modeling experimental studies and the use of virtual laboratories during the training of specialists in biological disciplines. The use of virtual laboratories in the educational process and simulation of experimental research is an effective innovative tool that significantly increases the possibilities of training and education of students in the field of biological sciences. Due to the digitization of the educational space, the use of such terms as "biology-online", "online laboratories", "virtual laboratory", "online experiment" and "virtual practical laboratory practicum" is widespread. The use of these pedagogic forms and teaching methods indicates the widespread use of innovative digital technologies in educational environments. Some programs, such as VirtualLab, LabInApp Virtual Labs, BioDigital Human, Labster and others, are actively used in European educational institutions for training specialists. The use of virtual laboratories in biological education allows improving the understanding of biological concepts, developing practical skills and provides an accessible and active form of learning. In addition, the use of virtual laboratories helps to create a stimulating and safe learning environment, improves understanding of material, develops practical skills and promotes deep learning of scientific concepts. Most virtual labs provide the opportunity to explore various biological concepts through interactive simulations, as well as to learn in detail ecology, anatomy, physiology, and other biological disciplines. The use of virtual laboratories in biological education has significant practical advantages: conducting experiments and research without real health risks, no need for physical materials and laboratory premises, no fear of making a mistake or damaging expensive devices. The versatility of this approach will lead to the widespread use of virtual laboratories in the future, especially given the progressive impact of digitization on education in general.

Keywords: digitization, educational platforms, educational process, experiment, simulations.

Вступ

Постановка проблеми в загальному вигляді. Сучасне комп'ютерне моделювання є одним із досить перспективних шляхів розвитку освітньої галузі. Особливе значення це має для природничих наук, тому що навчальні комп'ютерні моделі дають змогу оперативну унаочнити досліджуваний об'єкт, показати повний спектр його характеристик, що водночас сприяє поглибленому вивченню навчального матеріалу. Викладання дисциплін природничого циклу за сучасних обставин в Україні утруднюється через низку причин, насамперед – через брак відповідних фінансових ресурсів, зокрема на дороге обладнання для лабораторій і реактиви, інші необхідні витрати, а також через ризики, які пов'язані з функціонуванням лабораторного

осередку загалом. Водночас віртуалізація лабораторної активності повністю не здатна замінити роботу в реальних дослідницьких умовах (принаймні, не на сучасному етапі розвитку технологій). Щоправда, звернення до цифрових технологій значно зменшує вартість процесу навчання, адже закупівля реальних реактивів та іншого обладнання, утримання спеціальних приміщень тощо можна замінити роботою зі спеціальним інформаційно-цифровим середовищем, що потребує значно менших капіталовкладень.

Відповідно, комп'ютерно-віртуальні технології можуть бути використані в освітніх компонентах біологічного спрямування не лише як засіб для автоматизації освітнього процесу та оцінки знань, а й як інструмент для впровадження нових дидактичних підходів, спрямованих на активізацію дослідницької діяльності здобувачів вищої освіти. Використання комп'ютерних технологій дає змогу розширити світогляд і розвивати корисні практичні навички завдяки включенню засобів і методів інформаційно-комунікаційних технологій у процес навчання біологічних дисциплін.

Варто визнати, що віртуалізація освітнього процесу в лабораторному середовищі також сприятиме гуманізації досліджень, оскільки дасть змогу замінити живих експериментальних тварин їхніми комп'ютерними моделями в ході експерименту, що цілком відповідає сучасним парадигмам гуманного поводження з тваринами та співіснування з ними. З цієї причини використання віртуальних лабораторій також заслуговує на увагу як важливий елемент світоглядних змін, що відбулися в сучасному суспільстві, зокрема й через поширення цифровізаційних процесів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідники неодноразово зверталися до проблематики організації навчання з використанням віртуальних лабораторій. Зокрема, В. Перерва охарактеризувала суть та важливість використання віртуальних лабораторій. Дослідниця акцентувала на тому, що головні переваги такого методу навчання – заощадження коштів, можливість моделювання складних дослідницьких ситуацій, безпека, керованість процесів та доступність повторюваності, а також спостереження в інших масштабах часу. Ю. Солонна визначила, що запровадження інформаційної підтримки в процес підготовки майбутніх біологів, зумовлено особливостями мислення сучасних студентів [1; 2]. Експериментальні дослідження, проведені нею, підтверджують наявність мозаїчного типу мислення у здобувачів вищої освіти в галузі біології. Цей феномен вимагає суттєвої перебудови змісту освіти. Один із шляхів модернізації вищої школи відповідно до потреб сьогодення полягає у впровадженні адаптивного навчання через проектування навчально-дослідницької діяльності. Складниками реалізації такого плану є віртуальні біологічні лабораторії, практикуми, хмарне навчання, авторські навчальні сайти, які є допоміжними інформаційними ресурсами для дистанційного навчання та організації самостійної роботи студентів [1].

Н. Лькевич дійшов висновку, що використання віртуальних лабораторій дає змогу значно підвищити якість навчання [3]. Дослідник звернувся до STAR (Software Tools for Academics and Researchers) – програми Массачусетського технологічного інституту, Wolfram Demonstrations Project, The ChemCollective та Virtual Labs. На основі проведених замірів знань було визначено, що віртуальні лабораторії загалом мають достатній набір матеріалів, актуальної інформації для підготовки доповідей, презентацій, самостійної та дистанційної роботи, а також для осмислення складних біохімічних процесів і явищ [3]. Н. Ворон підкреслив, що тенденції застосування інформаційних технологій (ІТ) стають все більш практичними і вигідними в навчанні майбутніх спеціалістів [4]. Інформаційно-комунікаційні технології охоплюють методи, виробничі процеси та програмно-технічні засоби, які інтегровані з метою збору, обробки, зберігання та поширення інформації, отриманої у користувачів. Це, на думку Н. Ворона, створює сприятливі умови для розвитку науки та застосування ІТ [3].

Важливими також є дослідження Г. Білецької [5], О. Семініхіної та В. Шамо́ня [6], А. Шкуропата і О. Гасюка [7], А. Юрченка та Ю. Хворостіної [8], у яких простежено особливості функціонування віртуальних лабораторій, наголошено на позитивних моментах та проблемах у їх використанні під час навчання спеціалістів з біології.

Серед іноземних дослідників потрібно відзначити роботи Б. Шамбаре і К. Симуї, які здійснили системний огляд наукової літератури щодо застосування віртуальних лабораторій з навчальною метою, зосередилися на визначенні теоретичних аспектів використання цифрових інструментів у викладанні та проведенні науково-практичних експериментів [9]. Так само актуальними є думки авторського колективу на чолі із Т. Дельгадо [10]. Дослідники підкреслили, що внаслідок пандемії COVID-19 створили курс віртуальної лабораторії клітинної біології, у якому детально розглянули методи молекулярної та клітинної біології, які можна використовувати для вивчення клітин. Вони опублікували звіт із описами лабораторії, показали, як креативні онлайн-лабораторії дають змогу здобувачам освіти отримувати цінний науковий досвід, особливо в умовах дистанційного навчання. Також важливі результати А. Геррареза, який визначив та надав цінні вказівки для вибору, проектування та впровадження методик використання віртуальних лабораторій та інших симуляцій експериментальних середовищ і методів [11].

Мета статті – аналіз можливостей моделювання експериментальних досліджень із використанням віртуальних лабораторій під час вивчення освітніх компонентів біологічного спрямування.

Завдання статті полягають у тому, щоби проаналізувати сучасні можливості віртуальних лабораторій, визначити переваги, які формуються завдяки їх активному використанню.

Матеріали та методи. У дослідженні використано системний аналіз з метою визначення основних функціональних можливостей програм, які забезпечують використання віртуальних лабораторій в освітньому процесі. Під час системного аналізу здійснюється декомпозиція системи на окремі елементи та досліджується взаємодія цих складників для досягнення основної мети – ефективного вивчення біології. Також у дослідженні використано аналіз, індукцію та дедукцію.

Основними матеріалами дослідження слугували сайти платформ, що забезпечують використання віртуальних лабораторій під час вивчення біологічних дисциплін: LabInApp Virtual, Human BioDigital, Labster, Visible Body тощо. На основі використання цих програм визначено основні їхні функціональні особливості (зокрема і щодо моделювання лабораторного середовища) та ключові аспекти застосування віртуальних лабораторій під час вивчення освітніх компонентів біологічного спрямування.

Результати

Інформаційно-технологічні аспекти розвитку інноваційного навчання в Європі тісно пов'язані з інформатизацією та цифровізацією, які нині дуже важливі і для України [12, с. 147]. Цифрові технології, що проникають в усі галузі діяльності людини, трансформують і освітню галузь. Виконання лабораторних робіт – важлива частина вивчення біологічних дисциплін. Вони допомагають здобувачам вищої освіти отримати практичні навички, водночас їх використання сприяє також якіснішому вивченню певних концепцій завдяки ілюструванню теоретичного матеріалу. Окрім цього, доведено, що практичні та лабораторні роботи підвищують рівень зацікавленості та допитливості у студентів, впливають на їхню мотивацію, формують позитивне ставлення до біологічної науки [8, с. 281–283].

Активна цифровізація освіти вплинула на трансформацію низки традиційних підходів у навчанні. Зокрема, крім залучення різноманітних технічних інновацій, застосування можливостей інтернет-простору, запровадження різних інтерактивних технологій, дослідники почали приділяти велику увагу особливостям застосування спеціалізованих програмних інструментів та форм проведення й демонстрації різних біологічних наукових об'єктів та явищ. Відповідно, в освітньому просторі стали активно використовуватися такі поняття, як «біологія-онлайн», «онлайн-лабораторії», «віртуальна лабораторія», «онлайн-експеримент», «віртуальний лабораторний практикум». Використання зазначених педагогічних форм та методів навчання біології свідчить про широке залучення інноваційних цифрових технологій у біологічний освітній процес [13, с. 405].

Однією з форм застосування цифрових інноваційних технологій у навчальних лабораторних та практичних роботах освітніх компонентів біологічного спрямування, є поєднання реальної лабораторії з віртуальною.

Сучасні науковці по-різному трактують поняття «віртуальна лабораторія». Зокрема, В. Перерва вважає, що віртуальна лабораторія – це своєрідне віртуальне освітнє середовище, яке допомагає моделювати поведінку об'єктів реального світу в цифровому комп'ютерному просторі та сприяє оволодінню здобувачів вищої освіти новими знаннями та вміннями [13, с. 401–405]. З іншого боку, Г. Білецька наголошує на тому, що віртуальна лабораторія є своєрідною комп'ютерною програмою, що сприяє реалізації моделювання на комп'ютерні процеси [5]. Отож, вважаємо, що віртуальна лабораторія в біології – це комп'ютерна програма або платформа, яка надає можливість віртуального моделювання та виконання експериментів у біологічних науках. Вона дає змогу здобувачам вищої освіти, науковцям та іншим зацікавленим особам експериментувати, вивчати і спостерігати явища, які зазвичай відбуваються у реальних лабораторіях. Важливу роль у віртуальному лабораторному навчанні відіграє мультимедійний програмно-методичний комплекс, особливості конструкції та функціонування якого допомагає адаптувати використання віртуальних лабораторних робіт для фахової підготовки біологів. Загалом програмно-методичний комплекс має модульну структуру та функціонує на основі принципу «клієнт – сервер» (рис. 1).



Рис. 1. Схематична модель програмно-методичного комплексу віртуальних лабораторій

Джерело: [2].

Віртуальні лабораторії використовують різні технології, як-от комп'ютерна симуляція, віртуальна реальність (VR) та розширена реальність (AR), для створення імітації реальних біологічних експериментів (табл. 1). За допомогою цих технологій користувачі можуть взаємодіяти з віртуальними об'єктами, зразками, організмами або системами та вивчати їхні властивості та поведінку [15, с. 10].

Таблиця 1

Основні технології реалізації віртуальних лабораторних робіт

Технологія	Характеристика
Комп'ютерні програми та симулятори	Мовиться про спеціалізовані програми та симулятори, які дають змогу моделювати біологічні процеси та експерименти. Вони можуть охоплювати графічні інтерфейси, інтерактивні елементи та реалістичні моделі для відтворення різних біологічних систем [6, с. 344]. Такі програми часто надають користувачам можливість взаємодіяти з віртуальними об'єктами, виконувати експерименти та спостерігати їх результати
Спеціальні веб-платформи	Важливими є онлайн-платформи, які надають доступ до віртуальних лабораторій у біології через веб-браузер. Вони містять набір вбудованих інструментів, симуляторів та віртуальних експериментів, які користувачі можуть використовувати для вивчення біологічних концепцій та проведення практичних робіт
Віртуальна реальність (VR) та доповнена реальність (AR)	Технології VR та AR дають змогу створювати іммерсивні віртуальні середовища, де користувачі можуть взаємодіяти з віртуальними об'єктами та сценаріями [3, с. 22]. Використання VR або AR допомагає студентам відчувати більш реалістичне середовище лабораторії та виконувати віртуальні експерименти, що наближує їх до реальних лабораторій
Віртуальні лабораторії з біологічними даними	Деякі спеціалізовані ресурси біологічного спрямування надають доступ до реальних біологічних даних, які можна використовувати для аналізу та віртуальних досліджень. Це біоінформатичні бази даних, геномні послідовності, медичні зображення або інші дані, які можуть бути використані для навчання та досліджень у віртуальній лабораторії.

Джерело: складено авторами статті.

Розглянуті ресурси надають змогу здобувачам вищої освіти, науковцям та іншим зацікавленим особам вивчати дисципліни біологічного спрямування та проводити експерименти у віртуальному середовищі, що допомагає вдосконалити їхні навички та розширити знання в цій галузі. Крім цього, віртуальні лабораторії в біологічному навчанні використовуються для проведення досліджень та випробувань, моделювання

біологічних процесів та систем, а також для спільної роботи та обміну знаннями між науковими групами (табл. 2).

Таблиця 2

Основні цілі використання віртуальних лабораторій у біологічному навчанні

Ціль	Пояснення
Покращення розуміння складного теоретичного матеріалу, певних теорій та концепцій	Віртуальні лабораторії дають змогу здобувачам вищої освіти вивчати освітні компоненти біологічного спрямування. на практиці. Вони можуть проводити віртуальні експерименти, спостерігати результати та взаємодіяти з біологічними процесами [1, с. 49]. Це допомагає їм покращити розуміння ключових концепцій та механізмів у біологічній науці
Розвиток практичних навичок	Віртуальні лабораторії допомагають студентам отримувати практичний досвід та розвивати навички, які потрібні для роботи в лабораторіях [4, с. 101–102]. Вони можуть виконувати експерименти, аналізувати дані, проводити спостереження та розв'язувати проблеми, що виникають під час виконання завдань. Це розвиває в них необхідні навички виконання лабораторної роботи, такі як точність, систематичність та аналітичність [12, с. 145]
Забезпечення безпеки та деяких етичних аспектів	Ідеться про те, що віртуальні лабораторії дають змогу здобувачам вищої освіти вивчати та проводити експерименти без реального використання матеріалів, речовин або живих організмів, як це відбувається в реальних лабораторіях
Реалізація активного навчання	Віртуальні лабораторії сприяють активному навчанню. Студенти можуть активно експериментувати, розв'язувати проблеми та проводити дослідження самостійно, що формує та підтримує їхню активну роль у власному освітньому процесі
5. Розширення доступу до навчання	Мовиться про те, що віртуальні лабораторії можуть бути доступними в будь-який час та з будь-якого місця з використанням комп'ютера або Інтернету [10, с. 33]. Це розширює доступ до біологічного навчання для студентів з усього світу, незалежно від їх місця проживання або доступу до фізичних лабораторій.

Джерело: складено авторами статті.

Отже, застосування віртуальних лабораторій у біологічному навчанні дає змогу покращити зрозуміння певних біологічних концепцій, розвиває практичні навички та сприяє здійсненню активного та доступного навчання [6, с. 342]. Нині існує декілька

видів віртуальних лабораторій, які використовуються для експериментів у біології (рис. 2).

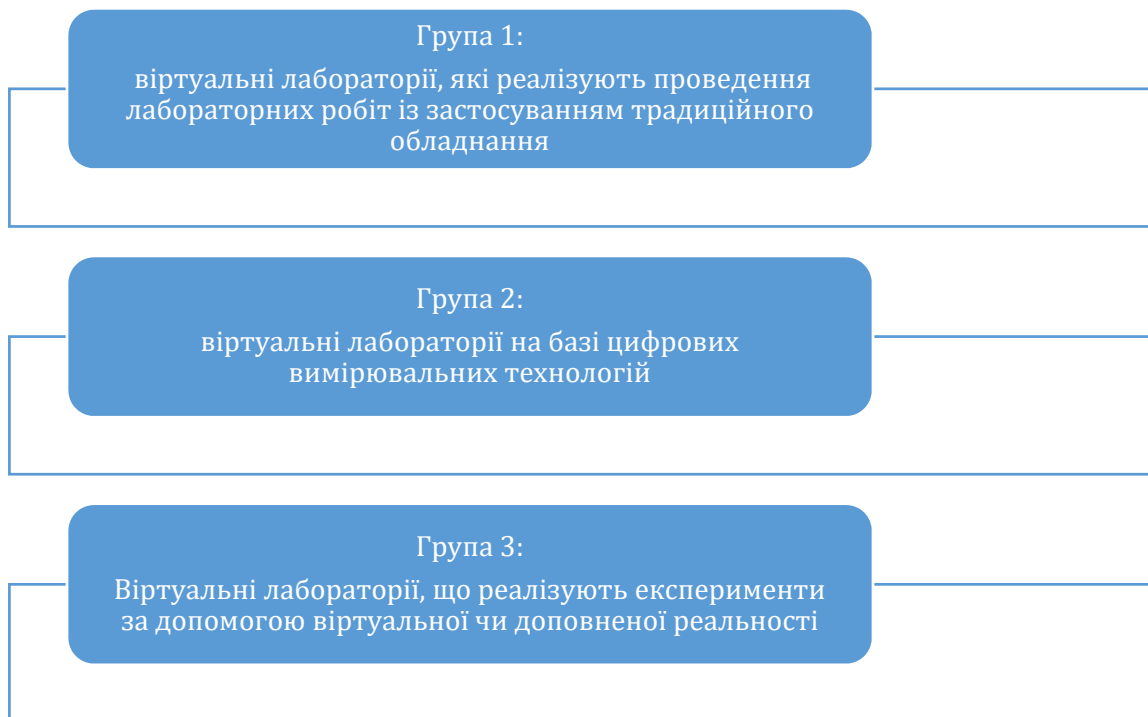


Рис. 2. Основні групи віртуальних лабораторій

Джерело: складено авторами статті.

Загалом усі групи віртуальних лабораторій представлені в Інтернеті на різних освітніх порталах [9, с. 407–408]. Вони широко використовуються під час підготовки спеціалістів у європейських закладах освіти (рис. 3).

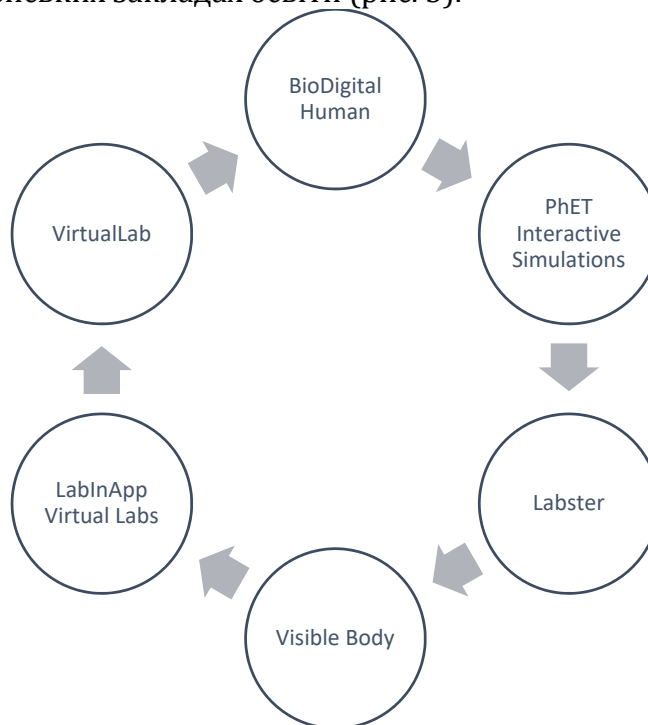


Рис. 3. Поширені програми віртуальних лабораторій для реалізації інноваційного біологічного навчання

Джерело: складено авторами статті.

Переважно процес проектування освітнього інтерфейсу в таких віртуальних лабораторіях відбувається за допомогою натискання кнопок чи анімаційних аналогів, а також за допомогою застосування технології *drag&drop*, яка дає змогу оперувати інтерфейсом [11, с.197]. Зокрема, віртуальні лабораторії на ресурсі *VirtualLab* передбачають використання послідовності дій у дослідах, результати яких встановлені наперед. Водночас варіанти правильних відповідей можна дібрати за допомогою перезапуску експерименту. Застосування цієї платформи вимагає наявності на персональному комп'ютері спеціального програмного забезпечення *Adobe Flashplayer*.

З іншого боку, *LabInApp Virtual Labs* – це набір програмних продуктів для віртуального навчання, які надають віртуальні лабораторні середовища для вивчення різних наукових дисциплін, освітні компоненти біологічного спрямування. Лабораторії на сайті *LabInApp* пропонують використання в навчальному процесі спеціальних демонстраційних відеороликів або виконання віртуальних експериментів з окремих предметів природничого циклу. Велике значення на сайті надається проведенню експериментів із біології та хімії. Зауважимо, що на порталі вони представлені в 3D-форматі, керувати процесом можна за допомогою комп'ютерної миші. Ця платформа дає змогу студентам експериментувати та навчатися за допомогою інтерактивних симуляцій та віртуальних моделей (табл. 3).

Таблиця 3

Ключові аспекти використання *LabInApp Virtual Labs* у навчанні біологічних дисциплін

Характерні риси програми	Пояснення
Проведення практичних лабораторних робіт	Надає доступ до віртуальних лабораторій, де здобувачі освіти можуть виконувати експерименти в безпечному та контрольованому середовищі
Інтерактивні симуляції	Програма містить різноманітні інтерактивні симуляції, які дають змогу студентам досліджувати біологічні явища та концепції. Учасники навчального процесу можуть змінювати параметри, спостерігати результати та аналізувати дані, що допомагає їм глибше зрозуміти матеріал
Віртуальні моделі та демонстрації	Платформа надає доступ до віртуальних моделей та демонстраційних матеріалів, які допомагають візуалізувати складні концепції та процеси в біології. Вони можуть використовуватися для пояснення та ілюстрації різних аспектів навчального предмета
Інтерактивні завдання та тести	<i>LabInApp</i> містить набір інтерактивних завдань і тестів, які дають змогу студентам перевірити свої знання та розуміння. Це допомагає в засвоєнні матеріалу та підвищує активність здобувачів вищої освіти під час навчання.

Джерело: складено авторами статті.

Водночас програма *BioDigital Human* дає змогу вивчати людське тіло в 3D-форматі, розглядаючи його органи, системи та структури. Вона надає можливість досліджувати різні фізіологічні процеси та хвороби, а також активно взаємодіяти з моделями органів у віртуальній реальності (табл. 4).

Таблиця 4

Ключові аспекти використання *BioDigital Human* під час реалізації віртуальних експериментів із біологічних дисциплін

Характерні риси програми	Пояснення
Присутність 3D-моделей органів та систем	Програма містить детальні 3D-моделі органів та систем тіла, як-от серце, легені, нирки, нервова система, м'язи та багато інших. Відповідно, здобувачі вищої освіти можуть досліджувати їхню структуру, функції та взаємодію між ними
Взаємодія з моделями. Маніпуляція	Здобувачі вищої освіти можуть обертати та масштабувати 3D-моделі, розглядаючи їх з різних кутів та детально вивчаючи їхню структуру. Вони також можуть взаємодіяти з моделями, активувати анімацію функцій та спостерігати за змінами під час різних фізіологічних процесів
Дослідження медичних станів	<i>BioDigital Human</i> демонструє вплив хвороб на органи та системи крізь призму вивчення механізмів захворювань та їх лікування
Доступ до додаткових ресурсів	Програма надає доступ до додаткових навчальних ресурсів – інтерактивних уроків, тестових завдань та детальних пояснень процесів та концепцій.

Джерело: складено авторами статті.

Отже, *BioDigital Human* можна використовувати під час вивчення анатомії та фізіологічних процесів (кровообіг, дихання, травлення тощо) за допомогою інтерактивних анімацій і симуляцій. Загалом застосування цієї програми допомагає здобувачам вищої освіти поліпшити візуальне та інтерактивне розуміння людського тіла, його функцій та процесів. Вона може сприяти покращенню засвоєння матеріалу та забезпечити більш практичний підхід до навчання біологічних дисциплін. Водночас програма *Visible Body* дає змогу вивчати людське тіло та його анатомію з використанням інтерактивних 3D-моделей. Це надає можливість вивчати різні органи та системи, а також спостерігати за різними фізіологічними процесами, не ставлячи під загрозу життя людей.

Важливу роль у реалізації віртуальних лабораторних робіт із освітніх компонентів біологічного спрямування відіграє програма *Labster*. Вона пропонує віртуальні

лабораторні симуляції для вивчення різних біологічних процесів і методів. Ця програма надає можливість виконувати експерименти, аналізувати дані та взаємодіяти з віртуальними лабораторними пристроями (табл. 5).

Таблиця 5

Ключові аспекти використання програми *Labster* у проведенні віртуальних лабораторних робіт із біологічних дисциплін

Характерні риси програми	Пояснення
Проведення практичних експериментів	Виконання різноманітних біологічних експериментів. Здобувачі вищої освіти мають змогу маніпулювати з реагентами, проводити аналізи, збирати дані та спостерігати за результатами своїх досліджень
Використання симуляцій	Демонстрація якісних 3D-симуляцій, які детально передають реальність лабораторного середовища. Усі учасники навчального процесу можуть взаємодіяти з різними інструментами та об'єктами, проводити дослідження
Реалізація лабораторних із різних тем	Програма містить різноманітні теми з біології: від молекулярної біології та генетики до екології та фізіології. Це дає змогу здобувачам освіти детально вивчати теми: від генетичних досліджень до фотосинтезу за допомогою віртуальних експериментів
Миттєвий зв'язок	<i>Labster</i> надає студентам миттєвий зворотний зв'язок під час виконання лабораторних експериментів
Реалізація колективного навчання	Здобувачі вищої освіти можуть працювати разом у віртуальних лабораторіях, спільно реалізовувати різноманітні експерименти

Джерело: складено авторами статті.

Ще одна програма – *PhET Interactive Simulations* – містить різні віртуальні симуляції, розроблені університетом Колорадо. Вона дає можливість досліджувати різні біологічні концепції через інтерактивні симуляції. Програма охоплює такі теми, як екологія, еволюція, генетика та багато інших (рис. 3).

Отже, PhET дає змогу реалізовувати різноманітні інтерактивні експерименти, де здобувачі вищої освіти можуть досліджувати різні параметри, змінювати їх та аналізувати дані. Узагальнюючи, можна сказати, що використання віртуальних лабораторій у біології допомагає студентам вивчати складні концепції та біологічні процеси завдяки інтерактивним та візуальним засобам [10, с. 35]. Це сприяє більш активному навчанню, розвитку критичного мислення та кращому засвоєнню матеріалу.

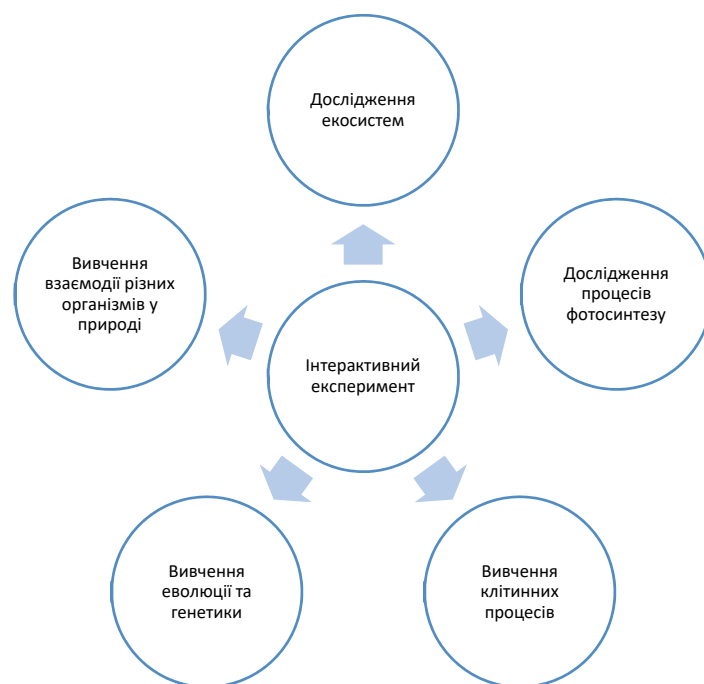


Рис. 4. Ключові можливості *PhET Interactive Simulations* у вивченні біологічних дисциплін

Джерело: складено авторами статті.

Загалом використання віртуальних лабораторій у біологічному навчанні має деякі важливі переваги, які сприяють збагаченню навчального досвіду як викладачів, так і здобувачів вищої освіти. По-перше, вони дають змогу виконувати експерименти та дослідження без реальних ризиків для здоров'я [7, с. 63]. По-друге, використання віртуальних лабораторій уможливує проведення експериментів без необхідності у фізичних матеріалах та лабораторних приміщеннях. Це у свою чергу допомагає заощадити час і кошти. По-третє, у віртуальних лабораторіях студенти можуть експериментувати та виконувати дослідження без страху зробити помилку або пошкодити дорогі прилади. І по-четверте, вони можуть кілька разів повторювати той чи інший експеримент, як у закладі освіти, так і вдома, реалізуючи в такий спосіб самостійне навчання. Насамкінець зауважмо, що віртуальні лабораторії забезпечують інтерактивність та можливість маніпулювати з об'єктами та параметрами, що сприяє формуванню у здобувачів вищої освіти кращої мотивації до навчання.

Висновки

Отже, використання віртуальних лабораторій в освітньому процесі, моделювання експериментальних досліджень варто визнати дієвим інноваційним інструментом, який значно розширює можливості підготовки і навчання здобувачів вищої освіти в галузі біологічних наук. Внаслідок цифровізації в освітньому просторі стали активно використовуватися такі поняття, як «біологія-онлайн», «онлайн-лабораторії», «віртуальна лабораторія», «онлайн-експеримент» та «віртуальний лабораторний практикум». Використання цих педагогічних форм і методів навчання свідчить про значне поширення інноваційних цифрових технологій в освітніх середовищах. Розглянуті програми (*VirtualLab, LabInApp Virtual Labs, BioDigital Human, Labster* та інші) активно застосовуються під час підготовки спеціалістів у європейських закладах освіти. Їхні особливості дають можливість застосовувати віртуальні лабораторії в біологічному навчанні, покращувати розуміння певних біологічних концепцій у

середовищі здобувачів вищої освіти, розвивати практичні навички, здійснювати активне й доступне навчання. Також варто зазначити, що використання віртуальних лабораторій у навчанні освітніх компонентів біологічного спрямування допомагає створити більш стимулююче та безпечне середовище для здобувачів вищої освіти, забезпечує краще розуміння матеріалу, покращує практичні навички та сприяє більш глибокому засвоєнню наукових концепцій. Більшість із віртуальних лабораторій дають змогу вивчати різні біологічні концепції через інтерактивні симуляції, ґрунтовно опанувати екологію, анатомію, зоологію, фізіологію, біологію клітини та гістологію, основи генетики та селекції та інші біологічні дисципліни. Така універсальність зможе забезпечити в майбутньому дедалі більше поширення практики їх використання, особливо беручи до уваги прогресуючий вплив цифровізації на освіту загалом.

Список використаних джерел

1. Солоня Ю. О. Властивості «кліпового мислення» бакалаврів з біології. *Роль і місце психології і педагогіки у формуванні сучасної особистості* : матеріали міжнародної науково-практичної конференції (м. Харків, 11–12 січня 2019 р.). Харків, 2019. С. 48–50.
2. Солоня Ю. Застосування інформаційної підтримки під час дослідницької майбутніх учителів біології в умовах адаптивного навчання. *Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова*. 2019. № 69. С. 228–237.
3. Ількевич Н. С. Використання віртуальних лабораторій під час вивчення біохімії студентами природничого факультету. *Інформаційні технології в освіті*. 2021. № 48 (3). С. 15–23. URL: <http://ekhsuir.kspu.edu/123456789/17643> (дата звернення: 11.06.2023).
4. Ворон Н. М. Використання віртуальних лабораторій при підготовці майбутніх вчителів біології. *Дидаскал*. 2018. № 18. С. 101–102. URL: <http://dspace.pnpu.edu.ua/handle/123456789/12744> (дата звернення: 11.06.2023).
5. Білецька Г. А. Використання віртуальних лабораторних робіт у підготовці фахівців-екологів. *Інформаційні технології в освіті*. 2012. № 12. С. 44–49. URL: <http://ekhsuir.kspu.edu/handle/123456789/795> (дата звернення: 11.06.2023).
6. Семеніхіна О. В., Шамоня В. Г. Віртуальні лабораторії як інструмент навчальної та наукової діяльності. *Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології : науковий журнал*. 2011. № 1 (11). С. 341–346. URL: <http://repository.sspu.sumy.ua/handle/123456789/5198> (дата звернення: 11.06.2023).
7. Шкурюпат А. В., Гасюк О. М. Ефективність віртуальних лабораторних практикумів з фізіології людини і тварин у структурі підготовки фахівця-біолога. *Інформаційні технології в освіті*. 2018. № 1 (34). С. 62–70. URL: <http://ekhsuir.kspu.edu/handle/123456789/7835> (дата звернення: 11.06.2023).
8. Юрченко А., Хворостіна Ю. Віртуальна лабораторія як складова сучасного експерименту. *Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: «Педагогіка. Соціальна робота»*. 2016. № 2 (39). С. 281–283. URL: <http://repository.sspu.sumy.ua/handle/123456789/945> (дата звернення: 11.06.2023).
9. 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*. 2022. Vol. 50, No. 3. P. 393–408. URL: <https://doi.org/10.1177/00472395211058051> (дата звернення: 11.06.2023).

10. Delgado T., Bhark S.-J., Donahue J. Pandemic teaching: creating and teaching cell biology labs online during COVID-19. *Biochemistry and Molecular Biology Education*. 2021. Vol. 49, No. 1. P. 32–37. URL: <https://doi.org/10.1002/bmb.21482> (дата звернення: 11.06.2023).
11. Herráez A. Virtual laboratories as a tool to support learning. *Turkish Journal of Biochemistry*. 2022. Vol. 47, No. 2. P. 195–200. URL: <https://doi.org/10.1515/tjb-2019-0146> (дата звернення: 11.06.2023).
12. Рябченко С. В. Концептуальні засади формування професійної компетентності майбутнього вчителя біології в інноваційному середовищі. *Педагогіка та психологія*. 2015. № 47. С. 144–154.
13. Перерва В. Віртуальна біологічна лабораторія як перспективний напрям фахової підготовки майбутнього вчителя. *Науковий вісник Льотної академії. Серія: Педагогічні науки*. 2019. № 5. С. 401–406. URL: <https://doi.org/10.31812/123456789/4210> (дата звернення: 11.06.2023).
14. Byukusenge C., Nsanganwimana F., Tarmo A. Effectiveness of virtual laboratories in teaching and learning biology: a review of literature *International journal of learning, teaching and educational research*. 2022. Vol. 21, No. 6. P. 1–17. URL: <https://doi.org/10.26803/ijlter.21.6.1> (дата звернення: 11.06.2023).
15. Ткачук Г. В. Особливості впровадження мобільного навчання: перспективи, переваги та недоліки. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2018. Т. 64, № 2. С. 13–22. URL: <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/1948/1320> (дата звернення: 11.06.2023).