



Інформаційно-комунікаційні технології в освіті

УДК 378.147:57

DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.18820089>

**Аналіз використання відкритих освітніх ресурсів (OER) у викладанні
біології у вищій освіті**

Упатова Ірина Петрівна

доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри природничих наук та
здоров'язбереження, Комунальний заклад «Харківська гуманітарно-педагогічна
академія» Харківської обласної ради, м. Харків, пров. Руставелі, 7,

<https://orcid.org/0000-0002-0060-1186>

Ковальчук Оксана Володимирівна

старший викладач кафедри біології та фізичної реабілітації, Мелітопольський
державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького,
м. Запоріжжя, вул. Наукового містечка, 59, <https://orcid.org/0000-0003-4249-8751>

Горлов Петро Іванович

кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри біології та фізичної
реабілітації, Мелітопольський державний педагогічний університет імені
Богдана Хмельницького, м. Запоріжжя, вул. Наукового містечка, 59,

<https://orcid.org/0000-0003-3475-6220>

Прийнято: 11.02.2026 | Опубліковано: 28.02.2026

***Анотація:** У сучасних умовах цифровізації освіти та розвитку дистанційних і змішаних форм навчання особливо актуальним стає використання відкритих освітніх ресурсів. Метою статті було проаналізувати особливості їх*



використання у викладанні біології у закладах вищої освіти та визначити вплив на підвищення якості цього процесу. Для досягнення поставленої мети було використано методи аналізу науково-методичної літератури, систематизації і класифікації відкритих освітніх ресурсів, а також порівняльний аналіз їх переваг та обмежень у контексті викладання біології. У результаті проведеного дослідження було з'ясовано, що відкриті освітні ресурси являють собою навчальні, викладацькі та дослідницькі матеріали, представлені у різних форматах і середовищах. Вони перебувають у суспільному надбанні або охороняються авторським правом і поширюються на умовах відкритих ліцензій. Огляд класифікації відкритих освітніх ресурсів підкреслив їх гнучкість і потенціал для забезпечення доступності знань у різних освітніх контекстах. В умовах активного входження системи вищої освіти України до Європейського освітнього простору, підвищення якості освіти та розширення участі в міжнародних програмах особливої актуальності набуває використання іноземних відкритих освітніх ресурсів. У статті проаналізовано кілька прикладів таких ресурсів та окреслено можливості їх застосування в освітньому процесі. Окремо відзначено інтерактивні віртуальні лабораторії, які забезпечують моделювання складних біологічних процесів та експериментів (Labster та SimBio). Було також акцентовано увагу на тому, що використання колаборативних онлайн-платформ створює сприятливі умови для інтерактивного вивчення біології, розвитку комунікативних і дослідницьких навичок здобувачів освіти та підвищення ефективності освітнього процесу загалом. Вибір конкретної платформи визначається освітніми цілями курсу, а також потребами та можливостями викладачів і здобувачів. Загалом, використання відкритих освітніх ресурсів у викладанні біології у закладах вищої освіти сприяє підвищенню якості навчання, розвитку цифрових і дослідницьких компетентностей та адаптації освітнього процесу до дистанційного і змішаного форматів. Проте, при їх упровадженні потрібно враховувати



технічні вимоги, ліцензійні обмеження, рівень підготовки викладачів і наявність методичного супроводу для ефективного використання ресурсів.

Ключові слова: *цифрова трансформація, навчальні ресурси, персоналізоване навчання, віртуальні лабораторії, вивчення біологічних процесів.*

Analysis of the use of open educational resources (OER) in teaching biology in higher education

Iryna Upatova

Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Head of the Department of Natural Sciences and Health Care, Municipal Establishment «Kharkiv Humanitarian-Pedagogical Academy» of the Kharkiv Regional Council, Kharkiv, Rustaveli Lane, 7,
<https://orcid.org/0000-0002-0060-1186>

Oksana Kovalchuk

Senior Lecturer at the Department of Biology and Physical Rehabilitation, Bogdan Khmelnytsky Melitopol State Pedagogical University, Zaporizhzhia, 59 Naukove Mistechko St.,
<https://orcid.org/0000-0003-4249-8751>

Petro Gorlov

PhD in Biology, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Biology and Physical Rehabilitation, Bogdan Khmelnytsky Melitopol State Pedagogical University, Zaporizhzhia, 59 Naukove Mistechko St.,
<https://orcid.org/0000-0003-3475-6220>

Abstract: *In the modern conditions of digitalization of education and development of distance and blended learning, the use of open educational resources is becoming*



particularly relevant. The aim of the article was to analyze the features of their use in teaching biology in higher education institutions and to determine the impact on improving the quality of this process. To achieve this goal, methods of analysis of scientific and methodological literature, systematization and classification of open educational resources, as well as a comparative analysis of their advantages and limitations in the context of teaching biology were used. As a result of the study, it was found that open educational resources are educational, teaching and research materials presented in various formats and environments. They are in the public domain or protected by copyright and distributed under open licenses. A review of the classification of open educational resources emphasized their flexibility and potential for ensuring the accessibility of knowledge in various educational contexts. In the context of the active entry of the Ukrainian higher education system into the European educational space, improving the quality of education and expanding participation in international programs, the use of foreign open educational resources is becoming particularly relevant. The article analyzes several examples of such resources and outlines the possibilities of their application in the educational process. Interactive virtual laboratories that provide modeling of complex biological processes and experiments (Labster and SimBio) are especially noted. Attention was also focused on the fact that the use of collaborative online platforms creates favorable conditions for interactive study of biology, development of communication and research skills of students and increasing the efficiency of the educational process in general. The choice of a specific platform is determined by the educational goals of the course, as well as the needs and capabilities of teachers and students. In general, the use of open educational resources in teaching biology in higher education institutions contributes to improving the quality of teaching, developing digital and research competencies, and adapting the educational process to distance and blended formats. However, when implementing them, it is necessary to take into account technical requirements,



licensing restrictions, the level of teacher training, and the availability of methodological support for the effective use of resources.

Keywords: *digital transformation, learning resources, personalized learning, virtual laboratories, studying biological processes.*

Постановка проблеми. На сьогоднішній день освітяни постійно перебувають у пошуку ефективних підходів до підвищення результативності навчання та розширення доступу до освітніх можливостей. Водночас процес створення нових навчальних матеріалів потребує значних часових і трудових ресурсів. У цьому контексті відкриті освітні ресурси (Open Educational Resources, OER) постають як дієвий інструмент забезпечення широкого доступу до знань та їх поширення в освітньому середовищі. За визначенням ЮНЕСКО, відкриті освітні ресурси охоплюють навчальні, освітні та науково-дослідні матеріали, представлені на будь-яких носіях, цифрових або традиційних, які перебувають у відкритому доступі або поширюються на основі відкритої ліцензії [1]. Така ліцензія забезпечує можливість вільного доступу, використання, адаптації і розповсюдження цих матеріалів іншими користувачами з мінімальними або відсутніми обмеженнями. Актуальність використання відкритих освітніх ресурсів у вищій освіті особливо зростає в умовах цифрової трансформації освітнього процесу, розвитку дистанційного та змішаного навчання, а також необхідності забезпечення безперервності освіти. Для біологічних дисциплін, які поєднують теоретичну підготовку з практичною та дослідницькою діяльністю, OER відкривають додаткові можливості для візуалізації складних біологічних процесів, організації віртуальних лабораторних робіт, аналізу експериментальних даних і формування наукового мислення здобувачів освіти. У зв'язку з цим постає потреба в ґрунтовному аналізі сучасного стану використання відкритих освітніх ресурсів у викладанні біології у вищій освіті, а також визначенні їх дидактичного потенціалу, переваг та обмежень.



Аналіз останніх досліджень і публікацій. Багато науковців, зокрема І. Книш, О. Буданова, С. Вакуленко, О. Сиротіна [2], Т. Десятов [3], Б. Бюгстад, Е. Оврелід, С. Людвігсен, М. Дален [4], О. Бересток [5] звернули увагу на те, що використання електронних освітніх ресурсів відображає глобальну економічну тенденцію, а саме появу нових форм суспільно корисної діяльності та зміщення акценту трансформаційної діяльності людини з матеріальних об'єктів на нематеріальні, що впливає на трансформацію всіх сфер економіки. Крім того, фахівці підкреслюють, що ефективна підготовка до трансформаційної діяльності, як і до будь-якого іншого виду діяльності, неможлива без інтеграції її елементів у навчальний процес через активну взаємодію з об'єктами вивчення або їхніми моделями.

Значний внесок у дослідження проблеми цифрової трансформації освітнього процесу та побудови електронного інформаційно-освітнього середовища здійснила В. Савіцька. Вона акцентувала увагу на необхідності системного впровадження цифрових технологій навчання в закладах вищої освіти (ЗВО) та обґрунтувала педагогічні умови ефективної організації електронного освітнього середовища [6].

Особливої актуальності проблема використання інноваційних, зокрема дистанційних, технологій набула після початку пандемії коронавірусної хвороби у 2019 році. У працях Дж. Грунд і А. Брок [7], І. Молдерез і Е. Фонсека [8], Е. Хартадіяті [9] доведено, що інтеграція інноваційних технологій в освітній процес позитивно впливає на його ефективність, зокрема на викладання біології у ЗВО.

У контексті розвитку електронних освітніх ресурсів особливої актуальності набувають відкриті освітні ресурси як їхній окремий різновид, що забезпечує доступність навчального контенту та сприяє підвищенню якості викладання біологічних дисциплін. Так, С. Ахмед, Т. Аджей-Опонг, А. Хейм та ін. зосередили увагу на питаннях доступності та практичної придатності OER для

викладачів, а також окреслили одну з ключових проблем їх упровадження – відсутність централізованого доступу до якісних навчальних матеріалів [10]

Ефективність OER у системі вищої освіти відзначили Н. Колвард, С. Вотсон і Н. Парк. Науковці зауважили, що відкриті освітні ресурси показали свою результативність як інструмент підвищення доступності навчальних матеріалів, зменшення фінансових витрат для здобувачів освіти та викладачів, а також як чинник поліпшення засвоєння навчального матеріалу і зростання академічної успішності [11].

Виділення невіршених раніше частин загальної проблеми. Незважаючи на зростаючий інтерес науковців до проблем впровадження інноваційних освітніх технологій і цифрових засобів навчання, у вітчизняній науковій літературі недостатньо представлено ґрунтовні дослідження, присвячені комплексному аналізу особливостей використання відкритих освітніх ресурсів у викладанні біологічних дисциплін. Зокрема, відсутні праці, в яких детально висвітлювалися би педагогічні умови застосування OER у вищій освіті, а також системно оцінювалася їхня ефективність у підготовці майбутніх фахівців. Це зумовлює актуальність подальших наукових розвідок у зазначеному напрямі.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Мета статті – проаналізувати особливості використання відкритих освітніх ресурсів у викладанні біології у ЗВО та визначити їхній вплив на підвищення якості цього процесу.

Завдання статті:

1. Обґрунтувати роль інноваційних освітніх технологій у підвищенні ефективності вивчення біології у ЗВО.
2. Розкрити сутність і класифікацію відкритих освітніх ресурсів.
3. Визначити переваги, обмеження та перспективи інтеграції відкритих освітніх ресурсів у освітній процес підготовки майбутніх фахівців.



Виклад основного матеріалу дослідження. Перш за все слід зауважити, що викладання біології у ЗВО спрямоване на формування природничо-наукової компетентності майбутніх фахівців, що передбачає опанування цілісної системи знань про закономірності існування, розвитку та взаємодії живих систем, а також їхній зв'язок із навколишнім середовищем. Важливим аспектом є виховання відповідального та ціннісного ставлення у здобувачів вищої освіти до природи як універсального та неповторного надбання. До того ж, вивчення цього предмету орієнтоване на практичне використання знань із біології та екології у повсякденній діяльності, уміння оцінювати їхню роль у забезпеченні сталого розвитку людства, науки та технологій [12].

Нові можливості у викладанні біології на сьогоднішній день відкривають цифрові технології, що забезпечують інтерактивність, гнучкість та доступність освітнього процесу, серед яких особливе місце посідають відкриті освітні ресурси, які являють собою навчальні, викладацькі та дослідницькі матеріали, представлені у різних форматах і середовищах. Ці ресурси перебувають у суспільному надбанні або охороняються авторським правом і поширюються на умовах відкритих ліцензій [13, с. 628]. Зарубіжні науковці виокремлюють низку ключових можливостей, що характеризують відкриті освітні ресурси, до яких належить:

- зберігання – передбачає право завантажувати, архівувати та відтворювати матеріали;
- повторне використання, що полягає в застосуванні ресурсів у різних освітніх контекстах (аудиторних заняттях, навчальних спільнотах, вебсередовищі, мультимедійних матеріалах тощо);
- перегляд (адаптація) – забезпечує можливість редагування, коригування та перекладу матеріалів іншими мовами;
- ремікс – дозволяє інтегрувати оригінальний або модифікований контент з іншими ресурсами з метою створення нових освітніх продуктів;



- поширення – надає право передавати копії оригінальних ресурсів, їх адаптованих версій або реміксів іншим користувачам [14].

Відкриті освітні ресурси здатні забезпечувати персоналізацію навчання шляхом адаптації рівня складності та темпу опанування матеріалу відповідно до індивідуальних можливостей здобувачів освіти, що дозволяє організувати навчання у власному темпі. Вони також можуть створюватися з урахуванням особливих освітніх потреб, культурного та мовного різноманіття, забезпечуючи інклюзивність освітнього процесу. Їх упровадження сприяє розширенню доступу до актуального навчального контенту, розвитку цифрових компетентностей, підвищенню навчальної мотивації і формуванню критичного мислення студентів.

Для кращого розуміння різноманіття відкритих освітніх ресурсів доцільно виділити їх основні види (рис. 1).

З огляду на те, що в сучасних умовах заклади освіти України часто функціонують у дистанційному або змішаному форматі, використання онлайн-платформ для спільної роботи під час вивчення біології набуває особливої актуальності. Колаборативні онлайн-платформи відіграють важливу роль у забезпеченні оперативної комунікації, організації групової діяльності й обміну знаннями між усіма учасниками освітнього процесу. Серед найбільш поширених онлайн-платформ, що можуть ефективно використовуватися у процесі вивчення біології, варто виокремити Google Workspace for Education, який пропонує набір сервісів, зокрема Google Docs, Google Sheets, Google Slides та Google Drive, що забезпечують спільну роботу над документами, презентаціями та таблицями в режимі реального часу. Аналогічні можливості для колаборації надає Microsoft 365 Education, до складу якого входять такі інструменти, як Microsoft Word, Excel і PowerPoint, що дозволяють організовувати спільну роботу над навчальними завданнями з біології. Важливим компонентом цієї платформи є Microsoft Teams,

який забезпечує ефективну комунікацію та координацію командної діяльності здобувачів вищої освіти [15].

Рисунок 1

Основні види відкритих освітніх ресурсів

Відкриті онлайн-курси (MOOCs)	Комплексні програми (наприклад, Prometheus, Khan Academy), що охоплюють цілі дисципліни
Електронні підручники та посібники	Цифрові книги, конспекти лекцій, методичні матеріали, що замінюють або доповнюють друковані видання
Мультимедійні та інтерактивні ресурси	Включають в себе відеолекції (YouTube, TED Talks), подкасти, інтерактивні завдання (LearningApps, H5P) та симуляції
Платформи для тестування й оцінювання	Наприклад, інструменти для перевірки знань (Classtime, Kahoot!)
Репозитарії і відкриті бази даних	Сховища, де розміщені навчальні матеріали, наукові статті, відкриті фотографії і презентації
Мобільні освітні додатки	Додатки для самоосвіти, швидкого тестування (наприклад, Plickers)
Вікі-ресурси	Освітні проекти, що спільно редагуються (наприклад, Вікіпедія)

Джерело: узагальнено авторами за [10].

В умовах інтенсивної інтеграції української системи вищої освіти до Європейського освітнього простору в результаті впровадження європейських стандартів, підвищення якості навчання й активну участь у міжнародних програмах, особливої актуальності набуває використання іноземних відкритих освітніх ресурсів. Серед них варто відзначити «Біологічні науки: статті про освіту» (<https://academic.oup.com/bioscience>), «Журнал мікробіології та



біологічної освіти: статті з навчальної програми» (<https://journals.asm.org/journal/jmbe>), «Асоціація викладачів біологічних лабораторій (ABLE)» (<https://www.ableweb.org/conferences/>) [10]. У сучасному освітньому просторі представлено також низку відкритих інтерактивних ресурсів, спрямованих на вивчення окремих тем з еволюції та екології. Зокрема, значну популярність мають матеріали платформи BioInteractive Медичного інституту Говарда Хьюза, які відзначаються високим рівнем наукової візуалізації та інтерактивності [16, с. 5]. Зазначені відкриті освітні ресурси можуть бути використані в освітньому процесі ЗВО для конкретних навчальних завдань. Наприклад, ресурси Асоціації викладачів біологічних лабораторій (ABLE) можуть слугувати основою для розроблення й оновлення лабораторних робіт і практикумів. Матеріали журналів «Біологічні науки: статті про освіту» і «Журнал мікробіології та біологічної освіти: статті з навчальної програми» доцільно залучати під час підготовки лекцій, семінарських занять та обговорення сучасних підходів до викладання біології, а також як джерело кейсів для аналізу педагогічних і наукових статей. Загалом, їх використання дозволить підвищити наочність навчального матеріалу, стандартизувати зміст дисциплін відповідно до європейських освітніх вимог і розвинути в майбутніх фахівці практичні та аналітичні компетентності.

Окрему категорію становлять високоякісні інтерактивні віртуальні лабораторії, які надають можливість подолати нестачу матеріально-технічного забезпечення у ЗВО, знизити небезпеку під час роботи з потенційно шкідливими речовинами та відкрити доступ до виконання складних експериментальних досліджень, які не можуть бути проведені в межах традиційного навчального середовища [17, с.143]. Так, Labster і SimBio можуть забезпечити моделювання складних біологічних процесів та експериментів. Labster пропонує 3D-лабораторії, в яких користувачі працюють із віртуальним обладнанням, виконують експерименти відповідно до протоколів, приймають дослідницькі



рішення й отримують автоматизований зворотний зв'язок та оцінювання результатів. У свою чергу, SimBio спеціалізується на інтерактивних симуляціях з еволюції, екології, фізіології і генетики, що базуються на науково коректних математичних моделях. Ці симуляції дають змогу змінювати параметри експериментів, спостерігати довготривалі біологічні процеси й аналізувати наслідки різних умов, що особливо цінно для формування аналітичних і дослідницьких навичок здобувачів освіти [18]. Проте, незважаючи на їх значний дидактичний потенціал, використання цих ресурсів обмежується комерційним характером, підвищеними технічними вимогами та відсутністю відкритого доступу, що ускладнює залучення широкого кола здобувачів освіти [16, с. 3]. У зв'язку з цим актуальним завданням для ЗВО залишається пошук і впровадження альтернативних відкритих інтерактивних ресурсів, які поєднують наукову достовірність, дидактичну ефективність та доступність, а також адаптація освітнього процесу до використання таких інструментів без додаткових фінансових і технічних бар'єрів.

У цілому, застосування всіх розглянутих вище ресурсів може сприяти вдосконаленню змісту та процесу виконання лабораторних і практичних завдань, систематизації навчальних матеріалів, забезпеченню доступу до фахових знань у зручний для користувачів час та створенню умов для підвищення професійної майстерності впродовж життя. Використання різних видів OER також сприятиме активізації пізнавальної діяльності здобувачів освіти, формуванню їхньої професійної спрямованості та розвитку творчого потенціалу, підвищуватиме мотивацію до навчальної діяльності й орієнтуватиме їх на вироблення власних способів навчальної і професійної діяльності [3, с. 6]. Таким чином, в освітньому просторі будуть створені сприятливі умови для наповнення освітніх програм цифровим контентом.

Важливим аспектом ефективного впровадження OER у вищу освіту є методично обґрунтований добір ресурсів, їх інтеграція в навчальні програми



відповідно до результатів навчання та підготовленість викладачів до педагогічно доцільного використання відкритого цифрового контенту. Вебплатформи відкритих освітніх ресурсів мають забезпечувати педагогів доступною та структурованою інформацією щодо навчального контенту, зокрема відомостями про умови використання, можливі витрати та політику повторного застосування матеріалів. Це сприятиме більш ефективній інтеграції OER у викладання біологічних дисциплін у ЗВО. Завданням авторів відкритих освітніх ресурсів є підтримка користувачів, шляхом надання розширеного опису контексту впровадження матеріалів, зокрема цільової аудиторії, тематики, методів навчання, чисельності академічних груп та очікуваних результатів навчання [19]. Чим повніше представлено такі контекстуальні характеристики, тим обґрунтованішим і доцільнішим буде вибір ресурсу викладачами для використання в освітньому процесі.

Висновки. Проведений аналіз використання відкритих освітніх ресурсів у викладанні біології у вищій освіті дозволяє зробити низку важливих висновків. По-перше, впровадження інноваційних технологій значно підвищує ефективність освітнього процесу, забезпечує інтерактивність і персоналізацію навчання та сприяє розвитку критичного мислення здобувачів освіти, що особливо важливо в умовах дистанційного та змішаного навчання. Серед них особливе місце займають відкриті освітні ресурси як ефективний інструмент поширення знань, адаптації навчального контенту й організації навчання в умовах дистанційного та змішаного форматів. Ці ресурси характеризуються різноманіттям форм і типів, включаючи інтерактивні симуляції, віртуальні лабораторії, навчальні посібники та мультимедійні матеріали, що дозволяє адаптувати їх до різних потреб освітнього процесу.

По-друге, інтеграція OER в освітній процес забезпечує низку переваг, зокрема підвищує мотивацію до навчання, розвиток цифрових компетентностей, можливість індивідуального темпу опанування матеріалу та інклюзивність



освітнього середовища. Водночас існують певні обмеження, пов'язані з технічними вимогами, ліцензійними обмеженнями та потребою методичного супроводу, що потребує збалансованого підходу до їх впровадження. Отже, використання відкритих освітніх ресурсів при викладанні біології у ЗВО має значний потенціал для підвищення якості підготовки майбутніх фахівців.

Перспективним напрямком подальших досліджень є детальна систематизація OER, що сприятиме створенню більш гнучкого освітнього середовища, яке відповідає сучасним потребам цифрової освіти та сталого розвитку.

Список використаних джерел

1. D'Antoni S. Open educational resources: Reviewing initiatives and issues. *Open Learning: the journal of open, distance and e-learning*. 2009. Vol. 24, No. 1. P. 3–10. DOI: <https://doi.org/10.1080/02680510802625443> (дата звернення: 03.02.2026).
2. Innovative educational technologies as a way of higher education enhancement / I. Knysh et al. *Amazonia Investiga*. 2023. Vol. 12, No. 68. P. 21–32. DOI: <https://doi.org/10.34069/AI/2023.68.08.2> (дата звернення: 03.02.2026).
3. Десятов Т. М. Стратегії та інноваційні технології організації освітнього процесу в закладах вищої освіти в умовах непередбачених викликів. *Вісник Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького*. 2020. № 2. С. 5–10. URL: <https://ped-ejournal.cdu.edu.ua/article/view/3810> (дата звернення: 03.02.2026).
4. Bygstad B., Øvrelid E., Ludvigsen S., Dæhlen M. From dual digitalization to digital learning space: Exploring the digital transformation of higher education. *Computers & Education*. 2022. Vol. 182. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104463> (дата звернення: 03.02.2026).



5. Berestok O. Electronic Educational Resources and Open Electronic Educational Resources as ICT Tools in Distance Learning Implementation in Higher Educational Establishments. *Engineering and Educational Technologies*. 2023. Vol. 11, No. 1. P. 67–75. URL: <https://lnk.ua/zN2rnXLN7> (дата звернення: 03.02.2026).
6. Савіцька В. В. Цифровізація освітнього процесу у закладах вищої освіти: ризики і перспективи в сучасних умовах. *Засоби навчальної та науково-дослідної роботи*. 2023. № 59. С. 76–85. DOI: <https://doi.org/10.34142/2312-1548.2022.59.07> (дата звернення: 03.02.2026).
7. Grund J., Brock A. Education for sustainable development in Germany: not just desired but also effective for transformative action. *Sustainability*. 2020. Vol. 12, No. 7. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12072838> (дата звернення: 03.02.2026).
8. Molderez I., Fonseca E. The efficacy of real-world experiences and service learning for fostering competences for sustainable development in higher education. *Journal of Cleaner Production*. 2018. Vol. 172. P. 4397–4410. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.04.062> (дата звернення: 03.02.2026).
9. Hartadiyati E., Wiyanto Rusilowati A., Prasetyo A. Pedagogical content knowledge (PCK) of prospective biology teacher on respiratory system material to education for sustainable development. *Journal of Physics*. 2020. Vol. 1521. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1521/4/042034/meta> (дата звернення: 03.02.2026).
10. Open Resources for Biology Education (ORBE): a resource collection / S. Ahmed et al. *Journal of Microbiology & Biology Education*. 2024. Vol. 25, No. 2. DOI: <https://doi.org/10.1128/jmbe.00203-23> (дата звернення: 03.02.2026).
11. Colvard N. B., Watson C. E., Park H. The impact of open educational resources on various student success metrics. *International Journal of Teaching and Learning in Higher Education*. 2018. Vol. 30, No. 2. P. 262–276. URL: <https://eric.ed.gov/?id=EJ1184998> (дата звернення: 03.02.2026).



12. Гнатюк В. В., Аркушина Г. Ф., Скорик О. Д. Інноваційні методи викладання біології: від традиційних до цифрових підходів. *Академічні візії*. 2024. № 28. URL: <https://www.academy-vision.org/index.php/av/article/view/908> (дата звернення: 03.02.2026).
13. The Use of Innovative Technologies in Education: analysis of effectiveness and implementation at different levels of education / I. Koreneva et al. *Cadernos De Educação Tecnologia E Sociedade*. 2023. Vol. 16, No. 3. P. 625–638. DOI: <https://doi.org/10.14571/brajets.v16.n3.625-638> (дата звернення: 03.02.2026).
14. Wiley D., Hilton Iii J. L. Defining OER-enabled pedagogy. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*. 2018. Vol. 19, No. 4. DOI: <https://doi.org/10.19173/irrod.v19i4.3601> (дата звернення: 03.02.2026).
15. Полякова А. С., Ястребова О. С., Власюк М. М. Використання мультимедійних та інтерактивних технологій у викладанні біології у вищій школі. *Педагогічна Академія: наукові записки*. 2025. № 23. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.17389205> (дата звернення: 03.02.2026).
16. Brogun D. Y., Faucette A. N., Polizzotto K., Tamari F. Development of an online general biology open educational resource (OER) laboratory manual. *Journal of Microbiology & Biology Education*. 2021. Vol. 22, No. 2. P. 1–8. DOI: <https://doi.org/10.1128/jmbe.00133-21> (дата звернення: 03.02.2026).
17. Гнєзділова В., Микитин Т., Різничук Н., Приймак А. Використання онлайн-лабораторій та симуляторів на уроках біології. *Вісник Дніпровської академії неперервної освіти*. 2025. № 1 (8). С. 143–150. DOI: <https://doi.org/10.54891/2786-7013-2025-1-17> (дата звернення: 03.02.2026).
18. Elkhidir N. Effective Teaching strategies in biological education: present and future prospects. *Open Science Journal*. 2020. Vol. 5, No. 4. DOI: <https://doi.org/10.23954/osj.v5i4.2550> (дата звернення: 03.02.2026).
19. Senn L. G., Heim A. B., Vinson E., Smith M. K. How do undergraduate biology instructors engage with the open educational resource life cycle? *Frontiers in*



Education. 2022. Vol. 7. DOI: <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.835764> (дата звернення: 03.02.2026).