



ПРОФЕСІЙНА ОСВІТА

УДК 37.091.3:004.8:57

DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.15074722>

**Переваги, виклики та перспективи інтеграції штучного інтелекту в
біологічну освіту**

Сорокіна Світлана Іванівна,

кандидат біологічних наук, доцент, кафедра біології та здоров'я людини,
факультет природничої освіти та природокористування, Уманський державний
педагогічний університет імені Павла Тичини, м. Умань, Україна,
<https://orcid.org/0000-0001-8155-001X>

Федяй Ірина Олександрівна,

доктор філософії, доцент, кафедра біологічних дисциплін, факультет
фізичної терапії та здоров'я людини, Харківська державна академія фізичної
культури, м. Харків, Україна, <https://orcid.org/0000-0002-7171-1622>

Куруц Наталія Василівна,

кандидат біологічних наук, доцент, кафедра зоології, біологічний
факультет, Державний вищий навчальний заклад «Ужгородський національний
університет», м. Ужгород, Україна, <https://orcid.org/0000-0002-1754-4675>

Прийнято: 09.03.2025 | Опубліковано: 24.03.2025

***Анотація.** Штучний інтелект має значний потенціал для розвитку біологічної освіти, сприяючи вдосконаленню освітніх процесів, розширенню можливостей для досліджень і запровадженню нових підходів до вивчення*



біології. Інтеграція таких технологій дає змогу створювати інноваційні, інтерактивні та доступні освітні платформи для здобувачів вищої освіти. **Метою статті** є аналіз потенціалу штучного інтелекту в біологічній освіті, оцінювання впливу віртуальних лабораторій і адаптивних навчальних платформ на підвищення якості навчання та доступу до біологічних знань, а також визначення перспектив і викликів, що можуть виникнути під час інтеграції цих технологій.

Методи. У межах дослідження застосовано комплексний підхід, що поєднує систематичний огляд сучасних наукових публікацій з аналізом ефективності віртуальних лабораторій та адаптивних навчальних платформ, а також оцінювання їх впливу на освітній процес у галузі біологічної освіти.

Результати. Дослідження засвідчило, що застосування штучного інтелекту значно підвищує інтерактивність і доступність біологічної освіти. Віртуальні лабораторії дозволяють здобувачам вищої освіти проводити експерименти з біологічними процесами без фізичних обмежень і ризиків, характерних для традиційних лабораторій. Використання адаптивних навчальних систем сприяє персоналізованому підходу до навчання, що підвищує ефективність засвоєння матеріалу та розвиток критичного мислення. Крім того, інтеграція штучного інтелекту забезпечує рівний доступ до освіти, зокрема для здобувачів вищої освіти із віддалених регіонів, які раніше не мали можливості отримати якісне навчання.

Висновки. Штучний інтелект відкриває широкі можливості для вдосконалення біологічної освіти, сприяючи створенню доступних, інтерактивних і персоналізованих освітніх середовищ. Використання віртуальних лабораторій і адаптивних систем навчання підвищує якість освітнього процесу та сприяє глибшому розумінню біологічних процесів. Водночас для повноцінного впровадження штучного інтелекту в біологічну



освіту необхідно подолати технічні, фінансові та методичні труднощі, що потребує додаткових досліджень і адаптації освітніх програм.

Ключові слова: цифрові технології, віртуальні лабораторії, адаптивне навчання, інтерактивне навчання, доступність освіти.

Advantages, Challenges and Prospects for Integrating Artificial Intelligence into Biological Education

Svitlana Sorokina,

PhD in Biological Sciences, Associate Professor, Department of Biology and Human Health, Faculty of Natural Sciences and Environmental Management, Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University, Uman, Ukraine,
<https://orcid.org/0000-0001-8155-001X>

Iryna Fediai,

PhD, Associate Professor, Department of Biological Disciplines, Faculty of Physical Therapy and Human Health, Kharkiv State Academy of Physical Culture, Kharkiv, Ukraine, <https://orcid.org/0000-0002-7171-1622>

Nataliya Kuruts,

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Zoology, Faculty of Biology, Uzhhorod National University, Uzhhorod, Ukraine,
<https://orcid.org/0000-0002-1754-4675>

Abstract. *Artificial intelligence has a significant potential for the development of biological education, contributing to the improvement of educational processes, expanding research opportunities and introducing new approaches to the study of*



biology. The integration of such technologies makes it possible to create innovative, interactive and accessible educational platforms for higher education students. **The purpose of the article is to analyze the potential of artificial intelligence in biological education, to assess the impact of virtual laboratories and adaptive learning platforms on improving the quality of learning and access to biological knowledge, and to identify the prospects and challenges that may arise when integrating these technologies.**

Methods. The study used an integrated approach that combines a systematic review of current scientific publications with an analysis of the effectiveness of virtual laboratories and adaptive learning platforms, as well as an assessment of their impact on the educational process in the field of biological education.

Results. The study showed that the use of artificial intelligence significantly increases the interactivity and accessibility of biological education. Virtual laboratories allow higher education students to conduct experiments with biological processes without the physical limitations and risks typical of traditional laboratories. The use of adaptive learning systems promotes a personalized approach to learning, which increases the efficiency of learning and the development of critical thinking. In addition, the integration of artificial intelligence ensures equal access to education, in particular for higher education students from remote regions who previously did not have the opportunity to receive quality education.

Conclusions. Artificial intelligence opens up great opportunities for improving biological education by contributing to the creation of accessible, interactive, and personalized learning environments. The use of virtual laboratories and adaptive learning systems improves the quality of the educational process and promotes a deeper understanding of biological processes. At the same time, for the full implementation of artificial intelligence in biological education, it is necessary to



overcome technical, financial, and methodological difficulties, which requires additional research and adaptation of educational programs.

Keywords: *digital technologies, virtual laboratories, adaptive learning, interactive learning, accessibility of education.*

Постановка проблеми. Сучасна освіта перебуває на етапі фундаментальних змін, зумовлених стрімким розвитком інформаційних технологій, серед яких особливу роль відіграє штучний інтелект. Традиційні методи навчання у сфері біологічної освіти поступово втрачають ефективність, оскільки не завжди відповідають вимогам цифрової епохи та щораз більшим освітнім запитам здобувачів вищої освіти [1].

Інтеграція штучного інтелекту в біологічну освіту відкриває значні можливості для вдосконалення освітнього процесу, зокрема сприяє не лише підвищенню рівня засвоєння знань, а й формуванню компетентностей, необхідних для роботи в умовах технологічно розвиненого суспільства. Використання штучного інтелекту дає змогу автоматизувати аналіз великих масивів біологічних даних, моделювати складні біологічні процеси, підвищувати рівень наукових досліджень і створювати персоналізовані освітні програми.

Попри численні переваги, впровадження штучного інтелекту в біологічну освіту супроводжується низкою викликів. Зокрема, постає питання етичних аспектів використання штучного інтелекту, необхідності підвищення цифрової грамотності педагогів і здобувачів вищої освіти, а також ризиків, пов'язаних із можливою надмірною автоматизацією освітнього процесу. З огляду на це виникає потреба в комплексному аналізі потенційних переваг, викликів та перспектив застосування штучного інтелекту в біологічній освіті.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Інноваційні методи відіграють ключову роль у сучасному вивченні біології, сприяючи поглибленню розуміння



складних біологічних процесів і підвищенню ефективності освітнього процесу [2].

Питання інтеграції штучного інтелекту в освітній процес активно обговорюється в науковому дискурсі останніх років. У контексті біологічної освіти ці дослідження набувають особливого значення, оскільки щораз більша роль цифрових технологій у біологічних науках зумовлює необхідність адаптації змісту, методів і форм навчання до сучасних реалій [3].

Штучний інтелект, що ґрунтується на принципах імітації роботи біологічних нейронних мереж, здатен опрацьовувати великі масиви даних і персоналізувати освітній процес відповідно до індивідуальних потреб здобувачів вищої освіти. Це відкриває можливості для якісних змін у біологічній освіті, зокрема в умовах воєнного стану, коли традиційні методи навчання можуть бути ускладнені.

В Україні вже створено правові основи для розвитку штучного інтелекту, що закріплено в ухваленій у 2020 році Концепції розвитку штучного інтелекту та відповідному плані її реалізації на 2021–2024 роки. Ці документи спрямовано на модернізацію освітніх програм і впровадження інноваційних підходів в освітній процес.

Дослідження К. Кубікова [3] свідчать, що цифрові інструменти, зокрема штучний інтелект, широко використовуються під час вивчення біології, оскільки сприяють підвищенню зацікавленості здобувачів вищої освіти, розширюють доступ до інформації та формують навички критичного мислення й аргументованої дискусії. Схожі результати відображені в працях Н. Постернак, А. Михайлова та Л. Яніцької [4], які повідомляють, що близько 70% здобувачів вищої освіти активно застосовують штучний інтелект під час опанування молекулярної біології, надаючи перевагу використанню ChatGPT.



Встановлено, що штучний інтелект використовується здобувачами вищої освіти не лише для пошуку інформації, а й для отримання рекомендацій щодо наукових джерел, оптимізації навчального часу, а також створення персоналізованих освітніх стратегій. Крім того, дослідники виявили кореляцію між рівнем досвіду здобувачів вищої освіти та використанням аудіовізуальних можливостей штучного інтелекту для вдосконалення освітнього процесу. Водночас науковці встановили, що неконтрольоване використання штучного інтелекту може призвести до зниження рівня критичного мислення здобувачів вищої освіти.

Дослідження А. Бхардвай (A. Bhardwaj), С. Кішоре (S. Kishore), Д. Пенді (D. Pandey) [5] доповнює цей аналіз, підкреслюючи, що штучний інтелект сприяє точному моделюванню біологічних процесів, зокрема взаємодії молекул, що значно полегшує їх розуміння здобувачами вищої освіти. Крім того, інструменти штучного інтелекту та нейронні мережі ефективно аналізують генетичні дані, допомагаючи визначати природу спадкових ознак і знаходити відповідні генетичні маркери. Водночас автори наголошують на недостатній підготовленості педагогічного персоналу до впровадження штучного інтелекту в освітній процес.

Однією з провідних безоплатних онлайн-платформ, що сприяє ефективному вивченню біології, є Khan Academy [6]. Її перевагами є доступність, структурованість та інтерактивний підхід. Платформа пропонує широкий спектр відеоуроків, вправ і тестів, що охоплюють ключові теми біології – від клітинної будови та генетики до екології та еволюції.

Відомо, що Khan Academy активно інтегрує штучний інтелект через власний інструмент Khanmigo, розроблений на базі технологій OpenAI (зокрема, GPT-4). Застосування цього підходу сприяє підвищенню ефективності освітнього процесу як для здобувачів вищої освіти, так і для викладачів.



Здобувачі вищої освіти отримують персоналізовані пояснення, підказки до вправ та відповіді на запитання в режимі реального часу, що адаптуються до їх рівня розуміння. Для викладачів Khanmigo є ефективним інструментом для створення планів уроків, розроблення завдань і проведення аналізу успішності здобувачів вищої освіти.

Дослідники С. Гассун (S. Hassoun), Ф. Джеферсон (F. Jefferson), Кс. Ши (X. Shi), Б. Стакі (B. Stucky), Й. Ванг (J. Wang), Е. Роза [7] переконані, що сучасні технології штучного інтелекту та машинного навчання вже сприяють пришвидшенню вивчення біологічних процесів, але водночас вони потребують подальшого вдосконалення для забезпечення ефективної інтеграції даних із різних біологічних дисциплін.

Автори О. П. Мінцер, Є. Ю. Лук'янов [8] зазначають, що розвиток штучного інтелекту має потенціал усунути бар'єри, які ускладнюють комплексне розуміння біологічних систем на всіх рівнях організації життя.

Завдяки здатності до адаптації та синтезу знань штучний інтелект сприяє створенню моделей біологічних систем і виявленню закономірностей між їхніми компонентами, долаючи обмеження традиційних методів вивчення біології [9]. Важливо зазначити, що використання штучного інтелекту відкриває нові перспективи для інтеграції біологічних знань, що своєю чергою підсилює дослідницькі можливості в галузі біологічної освіти.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми

Попри значний прогрес у впровадженні штучного інтелекту в біологічну освіту, низка ключових аспектів залишається недостатньо дослідженою або не отримала належної уваги.

Одним з основних бар'єрів є відсутність єдиної, системної стратегії щодо інтеграції штучного інтелекту в освітні програми. Більшість ініціатив, спрямованих на застосування цифрових технологій у освітньому процесі, мають



фрагментарний характер і не забезпечують комплексного підходу. Це обмежує ефективність використання штучного інтелекту на рівні всього освітнього середовища та ускладнює масштабування таких проєктів.

Ще одним важливим, проте не досить вивченим аспектом є вплив віртуальних лабораторій та штучного інтелекту на глибину і якість засвоєння біологічних знань. Необхідні детальніші дослідження, що дозволять оцінити, як ці інструменти впливають на розвиток критичного мислення, самостійної навчальної діяльності здобувачів вищої освіти, а також на загальний рівень засвоєних знань. Важливо визначити, чи є штучний інтелект та віртуальні лабораторії настільки ж ефективними, як традиційні методи навчання, а також ідентифікувати потенційні ризики їх використання.

Окремої уваги потребує питання доступності зазначених технологій для всіх учасників освітнього процесу. Зокрема, важливо дослідити наявні соціально-економічні бар'єри, що можуть обмежувати використання штучного інтелекту в навчальному середовищі різних освітніх закладів.

Крім того, значну проблему становлять питання етики та безпеки даних у контексті застосування штучного інтелекту в освіті. Використання великих обсягів персональних даних здобувачів вищої освіти породжує серйозні занепокоєння щодо конфіденційності та захисту інформації від потенційних зловживань. З огляду на це постає необхідність розроблення чітких стандартів і нормативних актів для регулювання оброблення персональних даних, що використовуються в освітньому процесі із залученням штучного інтелекту.

Окремим викликом залишається недостатня інтеграція міждисциплінарних знань у навчанні біології із застосуванням штучного інтелекту. Зважаючи на тісний зв'язок біології з такими науками, як біоінформатика, медицина та екологія, постає потреба у створенні інтегрованих



освітніх програм, що забезпечать здобувачам освіти комплексне сприйняття цих напрямів.

Зазначені аспекти потребують подальших теоретичних та емпіричних досліджень, а також розроблення практичних рекомендацій для ефективного впровадження штучного інтелекту в систему біологічної освіти.

Формулювання цілей статті (постановка завдання).

Мета статті – всебічний аналіз переваг, викликів і перспектив інтеграції штучного інтелекту в біологічну освіту.

Завдання статті:

- 1) визначити ключові переваги використання штучного інтелекту у викладанні біологічних дисциплін;
- 2) виявити основні виклики, пов'язані з технологічними, педагогічними, організаційними та етичними аспектами впровадження штучного інтелекту в освітній процес;
- 3) окреслити перспективні напрями розвитку біологічної освіти на основі інтеграції штучного інтелекту.

Виклад основного матеріалу дослідження. Штучний інтелект має великий потенціал для біологічної освіти та науки, забезпечуючи потужні методи аналізу біологічних даних, зокрема зображень, генетичних послідовностей і метаболічних профілів. Це сприяє глибшому розумінню біологічних процесів на різних рівнях організації – від молекулярних механізмів до екосистемних змін. Використання штучного інтелекту суттєво прискорює наукові дослідження, дозволяючи обробляти великі масиви інформації за мінімальний час і виявляти приховані закономірності, наприклад, під час оцінювання наслідків низьких доз іонізуючого випромінювання або аналізу генетичних детермінант рідкісних захворювань. Крім того, штучний інтелект уможливлює створення високоточних прогнозних моделей, що дозволяють



оцінювати перебіг патологічних процесів, передбачати ефективність терапевтичних втручань і моделювати еволюційні процеси, що раніше було ускладнено через обмеженість традиційних підходів і людських ресурсів.

Крім технічного аспекту, штучний інтелект сприяє розвитку біологічної освіти, роблячи її більш доступною та інтерактивною. Віртуальні лабораторії, симуляційні моделі та адаптивні навчальні платформи дозволяють здобувачам вищої освіти експериментально досліджувати біологічні явища, які в реальних умовах вимагали би значних ресурсів і часу. Такі технології не лише покращують залученість здобувачів, а й розвивають їхні аналітичні навички та критичне мислення. Наприклад, моделювання клітинного поділу чи білкового синтезу у віртуальному середовищі дозволяє ефективніше засвоювати складні біологічні концепції. Слід підкреслити, що значення штучного інтелекту в біології виходить за межі аналітичних методів, оскільки сприяє міждисциплінарним дослідженням, об'єднуючи біологію з іншими галузями освіти, зокрема математикою та інформатикою [10, р. 2].

Не менш велике значення для розвитку біологічної освіти відіграють віртуальні лабораторії, які дозволяють здобувачам вищої освіти інтегрувати теоретичні поняття з практичними навичками в безпечному просторі, де штучний інтелект відіграє ключову роль. Важливим є той факт, що такі віртуальні лабораторії дають змогу майбутнім фахівцям опановувати біологічні теми через практичні дії: проводити симуляції, аналізувати їх результати та досліджувати біологічні процеси в дії. Це сприяє кращому засвоєнню фундаментальних понять і механізмів біологічної науки.

Наприклад, платформа VirtualLab пропонує чітко визначену послідовність кроків для виконання експериментів, результати яких уже заздалегідь фіксовані. При цьому здобувачі вищої освіти мають можливість підбирати правильні відповіді, повторно запускаючи симуляційний процес [11, с. 9]. У процесі роботи



вони можуть експериментувати, інтерпретувати отримані дані, спостерігати явища та розв'язувати завдання, що виникають. Такі заняття формують важливі професійні якості, як-от уважність до деталей, логічне мислення і здатність до аналізу. Ще однією перевагою є безпека та етичні аспекти. Віртуальні платформи дозволяють здобувачам освіти проводити дослідження без використання реальних матеріалів, хімічних речовин чи живих організмів, що зазвичай супроводжує традиційні лабораторні заняття. Це усуває ризики й етичні дилеми, пов'язані з такими експериментами.

Крім того, ці платформи значно розширюють доступність освіти. Завдяки тому, що для роботи досить комп'ютера й підключення до інтернету, здобувачі можуть навчатися в будь-який час і з будь-якої точки світу [11]. Це є особливо цінним для тих, хто не має доступу до фізичних лабораторій чи проживає у віддалених регіонах. Таким чином, забезпечуються рівні можливості для вивчення біології.

Штучний інтелект здійснив значний прорив у передбаченні просторової організації білків, що стало визначним досягненням у молекулярній біології. Завдяки цьому моделі штучного інтелекту, які спочатку використовувалися для передбачення структур, тепер удосконалюються і застосовуються для створення нових білків із необхідними властивостями. Такі інновації прокладають шлях до розроблення нових ліків та ферментів. Паралельно штучний інтелект допомагає прогнозувати взаємодію молекул із білками, що значно прискорює дослідження в галузі клітинної біології. Ці технології полегшують процес формування гіпотез і планування експериментів, підвищуючи ефективність наукової роботи. Сучасні великі мовні моделі, зокрема ChatGPT, істотно скорочують час, необхідний для опрацювання літератури та інтерпретації наукових результатів. Вони здатні швидко виявляти взаємозв'язки між даними, пропонуючи нові ідеї для досліджень без обмеження упередженими чи традиційними підходами. Попри



те, що результати, отримані за допомогою штучного інтелекту, потребують додаткової перевірки, ці технології сприяють розширенню наукових горизонтів і допомагають уникати дублювання досліджень [12, р. 2].

Одним із найбільш значущих напрямів застосування штучного інтелекту є розроблення інструментів для оброблення та аналізу біологічних даних. Наприклад, програмне забезпечення DeepLabCut, що використовує алгоритми машинного навчання, дає змогу здійснювати детальний аналіз відеозаписів для точного визначення позицій тварин, що суттєво покращує вивчення їхньої поведінки як на індивідуальному рівні, так і в груповій взаємодії. Це особливо актуально в межах нейрофізіологічних досліджень, які передбачають реєстрацію нейронної активності або аналіз впливу експериментальних маніпуляцій.

Ще одним значним досягненням машинного навчання стало відтворення карт синаптичних зв'язків на основі даних серійної електронної мікроскопії. Використання алгоритмів сегментації та відстеження дозволило реконструювати нейронні мережі на різних рівнях організації: від структур мозку дрозофіли та сітківки миші до кубічного міліметра зорової кори миші. Ці технології докорінно змінюють підходи до збору та інтерпретації експериментальних біологічних даних, значно підвищуючи точність і ефективність аналізу [13, р. 2642].

Збільшення обсягу та зростання внутрішньої складності біологічних даних зумовлює активне застосування методів машинного навчання в біологічних науках. Це сприяє створенню прогнозних моделей для інтерпретації біологічних процесів, одночасно розширюючи можливості біологічної освіти. Методи машинного навчання, що ґрунтуються на адаптації моделей до емпіричних даних, вирізняються значною методологічною різноманітністю, що може ускладнювати їх опанування здобувачами вищої освіти, особливо в разі спеціалізацій, які не передбачають глибокої підготовки з обчислювальних методів. З огляду на це постає необхідність у чіткому та доступному викладенні



основних концепцій машинного навчання, зокрема найсучасніших розробок, як-от глибокі нейронні мережі, що поступово інтегруються в освітні програми.

Застосування технологій машинного навчання в аналізі специфічних біологічних даних, наприклад, геномних послідовностей або міжклітинних взаємодій, відіграє ключову роль у формуванні професійних компетентностей майбутніх біологів. Інтеграція цих технологій в освітній процес дає змогу здобувачам вищої освіти глибше розуміти складні біологічні явища через практичне використання моделювання та аналітичних інструментів. Однак як викладачі, так і здобувачі вищої освіти мають урахувати методологічні аспекти та практичні рекомендації щодо планування й реалізації навчальних і дослідницьких проєктів із застосуванням методів машинного навчання [14, р. 42].

Однією з основних переваг штучного інтелекту є його здатність до персоналізації освітнього процесу. Використовуючи алгоритми машинного навчання, штучний інтелект може аналізувати академічну успішність здобувачів вищої освіти, їхні когнітивні особливості та індивідуальні навчальні потреби, що сприяє створенню адаптивних освітніх програм і підвищенню ефективності засвоєння знань [15, р. 3–4].

У разі зниження результативності в певних навчальних темах система автоматично пропонує нові підходи до вивчення матеріалу, наприклад, інтерактивні вправи або альтернативні методи вивчення, які можуть сприяти досягненню кращих результатів. Це дозволяє уникнути перевантаження здобувачів вищої освіти, зберігаючи їх мотивацію, що позитивно впливає на якість навчання. Наприклад, здобувач вищої освіти з високим рівнем підготовки в галузі молекулярної біології може отримати завдання з аналізу генетичних послідовностей, тоді як інший, з недостатнім базовим рівнем знань, отримає



структуровані пояснення основних концепцій. Такий підхід сприяє покращенню розуміння та засвоєння матеріалу та розвитку внутрішньої мотивації.

Ще однією перевагою є те, що штучний інтелект здатен швидко обробляти результати тестів, аналізувати експериментальні дані, створювати деталізовані звіти та генерувати комп'ютерні симуляції складних біологічних процесів. Наприклад, у курсі з фізіології рослин штучний інтелект може моделювати вплив дефіциту поживних речовин на ріст, надаючи здобувачам вищої освіти візуалізовані результати для подальшого дослідження. Такі інструменти знижують необхідність у ручному обробленні даних, економлять час і дозволяють викладачам зосередитися на розвитку критичного мислення здобувачів вищої освіти, а не на адміністративних питаннях.

Наступний аспект стосується забезпечення глобальної доступності освіти. Інтеграція штучного інтелекту в онлайн-платформи дозволяє надавати високоякісні навчальні ресурси здобувачам освіти незалежно від їх географічного розташування чи економічного статусу. Це сприяє подоланню бар'єрів, пов'язаних із фінансовими обмеженнями, недостатньою інфраструктурою чи віддаленістю від осередків освіти, роблячи знання більш інклюзивними [16, с. 45].

Ще одна перевага полягає в потенціалі штучного інтелекту як інструменту для підготовки здобувачів до реальних наукових викликів. У біології, де дедалі частіше застосовуються методи біоінформатики, геномного секвенування та екологічного моделювання, штучний інтелект дозволяє здобувачам вищої освіти ознайомитися із цими технологіями ще на етапі навчання. Наприклад, використання штучного інтелекту для аналізу біологічних даних у навчальних проєктах готує майбутніх дослідників до роботи із сучасними інструментами, що є важливим у контексті глобальних проблем, як-от зміна клімату чи пандемії.



Незважаючи на потенційні переваги, інтеграція штучного інтелекту в біологічну освіту може бути пов'язана з низкою проблем. Перша з них – технічна складність. Розроблення, впровадження та підтримка систем штучного інтелекту потребують значних фінансових вкладень у програмно-апаратне забезпечення, а також залучення висококваліфікованих спеціалістів. Для багатьох освітніх установ, особливо в регіонах з обмеженим бюджетом, це створює бар'єри, що можуть посилювати диспропорції в доступі до технологій.

Друга проблема має етичний характер і стосується конфіденційності даних. Використання штучного інтелекту передбачає збір і оброблення інформації про здобувачів освіти, включаючи їхні академічні показники, поведінкові патерни та, потенційно, біометричні дані. Виникають питання щодо того, хто контролює доступ до цих даних і як запобігти їх неправомірному використанню. Наприклад, інформація про труднощі здобувача вищої освіти в освоєнні певної теми може бути застосована поза освітнім контекстом, що вимагає розроблення строгих нормативних рамок.

Третя проблема полягає в ризику дегуманізації освітнього процесу. Біологічна освіта спрямована не тільки на передачу знань, а й на покращення та розвиток критичного мислення, дослідницьких навичок і здатності до командної взаємодії. Надмірне впровадження автоматизованих процесів із використанням штучного інтелекту може призвести до зниження активної участі здобувачів вищої освіти в процесі пізнання [16, с. 50].

У таблиці 1 узагальнено основні технологічні тенденції інтеграції штучного інтелекту в біологічну освіту, їх ключові переваги та виклики.

Штучний інтелект у біологічній освіті: можливості, труднощі та майбутні
 напрями розвитку

Категорія	Переваги	Виклики та перспективи
Адаптивне навчання	Персоналізація освітнього процесу, що дозволяє здобувачам вищої освіти отримувати матеріали відповідно до їхніх потреб	Технічна складність упровадження штучного інтелекту та необхідність у професійній підготовці викладачів
Доступність ресурсів	Глобальна доступність навчальних платформ, що дозволяє здобувачам вищої освіти з віддалених регіонів брати участь у навчанні	Забезпечення конфіденційності даних здобувачів вищої освіти та етичні дилеми, пов'язані з використанням штучного інтелекту
Інтерактивність	Віртуальні лабораторії та симуляційні моделі підвищують залученість здобувачів та їхні аналітичні навички	Ризик дегуманізації освітнього процесу через надмірну автоматизацію
Перспективні моделі	Штучний інтелект дозволяє створювати моделі для передбачення біологічних процесів і клінічних результатів	Необхідність адаптації та вдосконалення алгоритмів для специфічних біологічних систем
Ефективність	Швидкий аналіз великих масивів біологічних даних, що прискорює наукові дослідження	Виклики пов'язані з фінансуванням та забезпеченням доступу до сучасних технологій для освітніх закладів
Міждисциплінарний підхід	Співпраця між біологами, програмістами та інженерами відкриває нові горизонти в навчанні й дослідженнях	Складність інтеграції штучного інтелекту в освітні програми, що вимагає нових підходів до викладання

Джерело: [11–14]

Успішна інтеграція штучного інтелекту в біологічну освіту потребує не лише розвитку технологічних аспектів, але й детального врахування низки



специфічних факторів, які безпосередньо впливають на ефективність цього процесу. Одним із найважливіших аспектів є професійна підготовка викладацького складу, оскільки саме педагоги відіграють ключову роль у впровадженні інноваційних технологій в освітній процес. Ефективне використання штучного інтелекту в навчанні вимагає від викладачів не лише базових знань у галузі біології, але й компетенцій у роботі з цифровими технологіями, а також глибокого розуміння того, як і коли застосовувати штучний інтелект для досягнення конкретних освітніх цілей.

Педагогічні працівники, які впроваджують штучний інтелект у свою практику, повинні мати знання не лише про те, як працюють технології штучного інтелекту, але й як вони можуть бути використані для вдосконалення методів навчання та досліджень. Наприклад, викладач, який застосовує штучний інтелект для створення симуляцій таких біологічних процесів, як клітинні процеси або екологічні системи, повинен уміти не лише користуватися інструментами штучного інтелекту, але й інтерпретувати результати цих симуляцій. Це дозволяє не просто відтворювати складні біологічні явища, а й використовувати ці дані для глибшого аналізу та розуміння біологічних принципів, що стоять за ними.

Важливо, щоб педагоги розуміли потенціал та обмеження штучного інтелекту, оскільки надмірна залежність від автоматизованих систем може призвести до втрати критичного мислення в процесі навчання. Це підкреслює необхідність розроблення програм навчання для викладачів, які допоможуть їм оволодіти не лише практичними навичками, а й стратегічним мисленням, необхідним для адаптації освітнього процесу до сучасних технологій.

Відомо, що штучний інтелект не замінює педагога, а виступає його партнером, що вимагає від викладачів навичок роботи із цифровими платформами, інтерпретації даних та їх інтеграції в навчальні програми.



Наприклад, викладач, який використовує штучний інтелект для моделювання клітинного циклу, має бути спроможним пояснити здобувачам вищої освіти біологічні принципи, що лежать в основі симуляції, та організувати дискусію щодо її результатів.

Успішна інтеграція штучного інтелекту в освітній процес потребує тісної співпраці між освітніми установами, науковими організаціями та технологічними компаніями. Ця колаборація сприятиме розробленню інноваційних методик та інструментів для застосування штучного інтелекту в біологічній освіті, а також забезпечить постійну підтримку педагогічного складу та здобувачів вищої освіти в процесі освоєння цих передових технологій.

Ще один фактор стосується необхідності адаптації штучного інтелекту до специфіки біологічних систем. Біологія характеризується високим рівнем складності та нелінійності – від молекулярних взаємодій до екосистемних процесів [17, с. 2]. Для коректного відтворення таких процесів засоби штучного інтелекту мають бути оснащені спеціалізованими алгоритмами, розробленими з урахуванням біологічних закономірностей. Це вимагає міждисциплінарної співпраці між біологами, програмістами та інженерами.

Варто зазначити, що системи штучного інтелекту не є статичними: їх ефективність зростає завдяки постійному аналізу даних про взаємодію з викладачами та здобувачами вищої освіти. Тому дані системи потребують постійного оновлення для підвищення точності й релевантності результатів. Наприклад, якщо штучний інтелект неправильно інтерпретує результати аналізу, відгуки викладачів і здобувачів вищої освіти дозволяють скоригувати алгоритми. Такий підхід забезпечує відповідність технології реальним потребам освітнього процесу [16, с. 52–53].

У контексті інтеграції штучного інтелекту в біологічну освіту екологічна компетентність стає важливим складником, адже новітні технології, зокрема



штучний інтелект, можуть використовуватися для моніторингу екологічних процесів, моделювання змін навколишнього середовища і вивчення біорізноманіття. Інтеграція цих технологій в освітній процес дозволяє педагогам не лише ефективно викладати основи екології, але й готувати здобувачів вищої освіти до розв'язання складних екологічних проблем, використовуючи інноваційні технології для отримання та аналізу даних [17, с. 76]. Екологічна компетентність є однією з ключових загальних компетентностей педагогів природничих дисциплін і невід'ємною частиною сучасної освітньої парадигми. В умовах глобальних змін клімату та загроз екологічної кризи науково-педагогічні працівники повинні бути готовими не тільки передавати знання з основ екології, але й виховувати у здобувачів вищої освіти розуміння важливості сталого розвитку та екологічно орієнтованої поведінки.

Щодо перспектив інтеграції штучного інтелекту в біологічну освіту, то це може стати важливим кроком до створення більш адаптивних та персоналізованих освітніх програм, що дозволяють кожному здобувачу вищої освіти навчатися згідно з його індивідуальними особливостями. Технології штучного інтелекту можуть використовуватися для аналізу великих масивів біологічних даних, сприяючи розвитку нових напрямів у науці, як-от біоінформатика, геноміка або нейробиологія.

Висновки. Штучний інтелект має великий потенціал для розвитку біологічної освіти та науки. Він сприяє глибшому розумінню біологічних процесів, дозволяючи пришвидшити наукові дослідження і виявляти приховані закономірності, що раніше були важкодоступні через обмеженість традиційних підходів. Віртуальні лабораторії та адаптивні навчальні платформи з використанням штучного інтелекту роблять біологічну освіту більш доступною та інтерактивною. Завдяки таким технологіям здобувачі вищої освіти можуть експериментувати з біологічними процесами, що сприяє вдосконаленню навичок



критичного мислення. Своєю чергою віртуальні лабораторії не тільки підвищують залученість здобувачів вищої освіти, але й дають їм змогу опанувати біологічні теми без ризиків, характерних для традиційних лабораторій. Такі технології також забезпечують рівний доступ до освіти, дозволяючи здобувачам вищої освіти вивчати біологію навіть у віддалених регіонах.

Перспективи використання штучного інтелекту в біологічній освіті полягають у розвитку інноваційних навчальних платформ, що забезпечать персоналізоване навчання, покращення доступу до освітніх ресурсів для здобувачів вищої освіти з віддалених регіонів та стимулювання інтерактивного вивчення біологічних процесів.

Список використаних джерел

1. Рудишин С., Луценко О., Кмець А., Коненко В. Навчально-дослідницька діяльність майбутніх вчителів біології в процесі професійної підготовки: роль сучасного кабінету біології. *Український педагогічний журнал*. 2022. № 4. С. 159–174. URL: <https://uej.undip.org.ua/index.php/journal/issue/view/38/9> (дата звернення: 09.01.2025).
2. Гнатюк В. В., Аркушина Г. Ф., Скорик О. Д. Інноваційні методи викладання біології: від традиційних до цифрових підходів. *Академічні візії*. 2024. № 28. С. 1–13. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10656827> (дата звернення: 09.01.2025).
3. Кубікова К. Використання штучного інтелекту в навчанні біології. *Молодь і ринок*. 2024. № 5/225. С. 189–194. DOI: <https://doi.org/10.24919/2308-4634.2024.305847> (дата звернення: 09.01.2025).



4. Постернак Н. О., Михайлова А. Г., Яніцька Л. В. Дослідження обізнаності здобувачів вищої медичної освіти з технологіями штучного інтелекту під час вивчення «молекулярної біології». *Академічні студії. Серія «Педагогіка»*. 2024. № 1. С. 45–51. DOI: <https://doi.org/10.52726/as.pedagogy/2024.1.7> (дата звернення: 09.01.2025).
5. Bhardwaj A., Kishore S., Pandey D. K. Artificial Intelligence in Biological Sciences. *Life (Basel)*. 2022. Vol. 12. No. 9. P. 1–20. DOI: <https://doi.org/10.3390/life12091430>
6. Гедзур Т. І., Белчгазі В. Й., Вайда П. В. Аналіз сучасних методів навчання у процесі викладання біології в умовах війни: деякі аспекти цифрової трансформації освітнього процесу. *Академічні візії*. 2023. № 17. С. 1–8. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7774425> (дата звернення: 09.01.2025).
7. Hassoun S., Jefferson F., Shi X., Stucky B., Wang J., Rosa E. Artificial Intelligence for Biology. *Integr Comp Biol*. 2022. Vol. 61. No. 6. P. 2267–2275. DOI: <https://doi.org/10.1093/icb/icab188> (дата звернення: 09.01.2025).
8. Мінцер О. П., Лук'янов Є. Ю. Використання штучного інтелекту на основі принципів самоконтролю та перехресного контролю рішень, що приймаються в біології та медицині. *Системи та засоби штучного інтелекту: тези доповідей Міжнародної наукової конференції «Штучний інтелект: досягнення, виклики та ризики»*. Київ: ІППШ «Наука і освіта», 2024. С. 154–159.
9. Гуревич Р. С., Коношевський Л. Л., Коношевський О. Л., Воєвода А. Л., Люльчак С. Ю. Інтеграція штучного інтелекту в сферу освіти: проблеми, виклики, загрози, перспективи. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми*. 2024. № 72. С. 170–186.
10. Socol Y., Richardson A., Garali-Zineddine I., Grison S., Vares G., Klovov D. Artificial intelligence in biology and medicine, and radioprotection research:



perspectives from Jerusalem. *Front Artif Intell*. 2024. Vol. 6. P. 1–6. DOI: <https://doi.org/10.3389/frai.2023.1291136>

11. Гнатюк В. В., Упатова І. П., Дехтярьова О. О., Куруц Н. В. Віртуальні лабораторії в біологічній освіті: моделювання експериментальних досліджень. *Академічні візії*. 2023. № 21. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.8199004> (дата звернення: 09.01.2025).

12. Carr A., Cool J., Karaletsos T., Li D., Lowe A. R., Otte S., Schmid S. L. AI: A transformative opportunity in cell biology. *Mol Biol Cell*. 2024. Vol. 35. No. 12. P. 1–6. DOI: <https://doi.org/10.1091/mbc.E24-09-0415>

13. Richards B., Tsao D., Zador A. The application of artificial intelligence to biology and neuroscience. *Cell*. 2022. Vol. 185. No. 15. P. 2640–2643. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cell.2022.06.047> (дата звернення: 09.01.2025).

14. Greener J. G., Kandathil S. M., Moffat L., Jones D. T. A guide to machine learning for biologists. *Nat Rev Mol Cell Biol*. 2022. Vol. 23. No. 1. P. 40–55. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41580-021-00407-0> (дата звернення: 09.01.2025).

15. Бобро Н. Переваги та недоліки упровадження штучного інтелекту у освітній процес. *Молодий вчений*. 2024. № 4(128). С. 72–76. DOI: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2024-4-128-38> (дата звернення: 09.01.2025).

16. Коломієць А. М., Кушнір О. І. Використання штучного інтелекту в освітній та науковій діяльності: можливості та виклики. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми*. 2023. № 70. С. 45–57. DOI: <https://doi.org/10.31652/2412-1142-2023-70-45-57> (дата звернення: 09.01.2025).



17. Гармасар В. Еволюція та хронологія біологічної науки у світі та Україні. *Наука та наукознавство*. 2024. № 1(123). С. 1–20. DOI: <https://doi.org/10.15407/sofs2024.01.111> (дата звернення: 09.01.2025).

18. Рудишин С. Д., Коренева І. М., Самілик В. І. Екологічна компетентність як загальна компетентність вчителів природничих дисциплін. *Український педагогічний журнал*. 2016. № 3. С. 74–83. URL: <https://uej.undip.org.ua/index.php/journal/article/view/188> (дата звернення: 09.01.2025).