

DOI <https://doi.org/10.32782/2307-9770.2025.13.03.04>
UDC 37:004:378.147

Artificial Intelligence in The Study of Chemistry in Universities

Khobotova, E., Datsenko, V.*

Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine

Received: 30.08.2025

Accepted: 22.09.2025

Abstract. The article reviews the use of artificial intelligence (AI) in higher education, which provides an understanding of the main aspects of AI in education: the use of AI tools to solve educational problems; solving problems of student engagement, educational inequality and time restrictions; the development of human intelligence alongside AI. The main roles that AI takes on in education in higher education institutions are indicated. The novelty of the results obtained lies in highlighting the positive and negative aspects of the application of AI in education, problematic aspects of the use of AI in teaching chemistry and unresolved issues. The most effective possibilities of using generative AI in conducting educational classes in the discipline of "Chemistry" and at the highest scientific level in conducting scientific chemical research have been identified. The results of the study show that generative AI can be used in educational classes in chemistry as a tool for creating an illustrative series, as an opponent, in monitoring with refinement of analytics and with the creation of generalized models. The advantages of AI in the study of chemistry in conducting student scientific research are considered: in analyzing large databases, identifying molecular properties, modeling molecular structure, predicting chemical reactivity and properties of substances, creating innovations in chemical research. AI can also provide a reduction in dependence on chemical experimentation. An example of our own experience using Chat GPT when conducting scientific research with students is given: existing approaches to the synthesis of ferrites are analyzed, the most optimal strategy for the synthesis of copper-zinc ferrites is selected, a generalized model of possible properties of ferrites as useful technical materials is created and methods for their research are analyzed. The synthesized ferrites have proven themselves as photocatalysts, oxidizers, sorbents, compounds with superparamagnetic properties. The practical value of the article lies in the fact that it provides stakeholders parties with information about the positive and negative features of the use of generative AI in higher education and specifically in the study of chemistry.

Key words: higher education; teaching methods; artificial intelligence; discipline "Chemistry"; educational activities; student scientific research.

Штучний інтелект при вивченні хімії у закладах вищої освіти

Хоботова Е. Б., Даценко В. В.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, Україна

Анотація. У статті здійснено огляд використання штучного інтелекту (ШІ) у вищій школі, з якого зрозуміло основні аспекти ШІ в освіті: використання інструментів ШІ для вирішення навчальних проблем; вирішення проблем залучення студентів, освітньої нерівності та тимчасових обмежень; розвиток людського інтелекту поряд з ШІ. Позначено основні ролі, які бере на себе ШІ при навчанні у вищих навчальних закладах. Новизна одержаних результатів полягає у висвітленні позитивних та негативних аспектів при застосуванні ШІ в освіті, проблемних моментів використання ШІ при навчанні хімії та невирішених питань. Виявлено найбільш ефективні можливості використання генеративного ШІ при проведенні навчальних занять з дисципліни «Хімія» і на вищому науковому рівні при проведенні наукових хімічних досліджень. Результати проведеного дослідження показують, що генеративний ШІ можливо використовувати на навчальних заняттях з хімії як інструмент для створення ілюстративного ряду, в якості опоненту, при моніторингу з уточненням аналітики та зі створенням узагальнених моделей. Розглянуто переваги ШІ у вивченні хімії при проведенні студентських наукових досліджень: при аналізі великих баз даних, виявленні молекулярних властивостей, моделюванні молекулярної структури, прогнозуванні хімічної реактивності та властивостей речовин, створенні інновацій в хімічних дослідженнях. ШІ також може забезпечити зменшення залежності від хімічного експерименту. Наведено приклад власного досвіду при використанні Chat GPT при проведенні наукових досліджень спільно зі студентами: проаналізовано

* **Corresponding Author:** Datsenko Vita Vasyivna. E-mail: dacenkovita14@gmail.com
Kharkiv National Automobile and Highway University, st. Yaroslava Mudrogo, 25, Kharkiv, Ukraine, 61002.

Відповідальний автор: Даценко Віта Василівна. E-mail: dacenkovita14@gmail.com
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
вул. Ярослава Мудрого, 25, Харків, Україна, 61002.

існуючі підходи до синтезу феритів, обрано найбільш оптимальну стратегію для синтезу мідно-цинкових феритів, створено узагальнену модель можливих властивостей феритів як корисних технічних матеріалів та обрано оптимальні методи їх дослідження. Синтезовані ферити проявили себе як фотокаталізатори, окисники, сорбенти, сполуки з суперпарамагнітними властивостями. Практична цінність статті полягає в тому, що вона надає зацікавленим сторонам інформацію про позитивні та негативні особливості використання генеративного ШІ у вищій школі і конкретно при вивченні хімії.

Ключові слова: вища освіта; методи навчання; штучний інтелект; дисципліна «Хімія»; навчальні заняття; студентські наукові дослідження.

I Вступ

В даний час студенти вступили в епоху освіти 21-го століття, що відображає значну трансформацію в парадигмі навчання. Викладачі вищих навчальних закладів також стикаються з вимогами завжди бути креативними та інноваційними у викладанні дисциплін [1]. Досягнення в галузі штучного інтелекту (ШІ), створення великих баз даних Інтернету принесли нові можливості в сферу інформаційно-комунікаційних технологій [1, 2]. ШІ став головним каталізатором кардинальної трансформації в різних галузях науки і освіти. ШІ може зробити революцію в освіті, вирішуючи ключові проблеми та покращуючи людський інтелект. Можна виділити *три основні аспекти ШІ в освіті*: використання інструментів ШІ для вирішення освітніх проблем, зміна освіти з метою зосередження уваги на людському інтелекті у світі, керованому ШІ, та навчання людей ШІ для безпечного та ефективного використання [3]. Інструменти ШІ, такі як адаптивні шляхи навчання, автоматична оцінка та персоналізований зворотний зв'язок, можуть допомогти викладачам у вирішенні таких проблем, як залучення студентів, освітня нерівність та тимчасові обмеження. Дуже важливим є розвиток освіти для розвитку людського інтелекту поряд з ШІ. Необхідний розвиток міждисциплінарного академічного інтелекту, метакогнітивного інтелекту та самоефективності, що сприймається для підготовки студентів до майбутнього, орієнтованого на ШІ.

Впровадження технологій ШІ є багатограним процесом, що викликає широке обговорення у представників сфери освіти на всіх рівнях. На цьому етапі стало зрозумілим наявність як великих переваг використання Chat GPT та його аналогів, а й виникаючих у зв'язку з цим проблем. Тому є актуальним виявлення додаткових можливостей використання генеративного ШІ у вищій освіті в цілому та конкретно при вивченні певних дисциплін, зокрема хімії. Виявлення проблемних моментів і невирішених питань, розуміння особливостей застосування інструментів ШІ при проведенні звичайних навчальних занять і на рівні студентських наукових досліджень сприяє суттєвому підвищенню ефективності навчального процесу. Подібні дослідження є цікавими для викладачів та студентів, які приймають участь у навчанні за різними хімічними спеціальностями у класичних та технічних університетах.

Основною метою дослідження є аналіз попередніх досліджень про застосування ШІ при вивченні хімії та ознайомлення з власним досвідом використання Chat GPT. Дане дослідження також спрямоване на висвітлення невирішених питань та проблемних моментів при використанні генеративного ШІ у вищій школі.

II Матеріал і методи дослідження

Стратегії навчання ШІ повинні включати підвищення обізнаності студентів, забезпечення навчання викладачів, стратегічне планування, нарощування потенціалу та етичних міркувань під час впровадження ШІ до вищих навчальних закладів [3].

Основні ролі, які бере на себе ШІ є наступні [4]: двигун можливостей. ШІ генерує альтернативні способи вираження ідеї; опонент. ШІ виступає як опонент для розробки аргументу; тренер із співпраці. ШІ допомагає групам досягати та вирішувати проблеми; планувальник навчальних занять. ШІ допомагає викладачу у плануванні заняття чи додаткового заходу; генератор тестів. ШІ допомагає викладачу створювати тести з кількома варіантами відповідей; персональний репетитор. ШІ навчає студентів та дає негайний зворотний зв'язок; динамічний оцінювач. ШІ надає педагогам профіль кожного студента; дизайнер. ШІ допомагає протягом усього процесу проектування; інструментарій. ШІ надає інструменти для виявлення, вивчення та інтерпретації даних.

У контексті хімії ШІ відкрив двері для значних змін у тому, як ми розуміємо, аналізуємо та застосовуємо знання про молекулярну структуру, реакційну здатність і дизайн хімічних речовин. Застосування ШІ у навчанні хімії містить кілька важливих аспектів. Одним із них є передбачення

молекулярних властивостей, він надає можливість прогнозувати хімічні властивості на основі молекулярної структури. Це має великий вплив на структуру нових молекул, розробку ліків і дизайн матеріалів, які мають бажані властивості. ШІ зробив більш ефективним моделювання молекулярних структур [2]. Другим аспектом є те, що використання ШІ в хімії передбачає аналіз великих об'ємів даних, що дозволяє отримувати цінну інформацію про властивості молекул або хімічні взаємодії. Ще одним аспектом є кращий доступ студентів-хіміків до вдосконалених та персоналізованих інструментів навчання, складних прогностичних моделей для розуміння молекулярних властивостей речовин, симуляції хімічних реакцій, вони можуть передбачити експериментальні результати з високим ступенем точності [5].

ШІ глибоко проникає і в хімічні дослідження, які проводяться на всіх хімічних кафедрах університетів. У роботі [6] показано розвиток штучної нейронної мережі Chemception, яка призначена для прогнозування молекулярних властивостей з вищою продуктивністю, ніж у традиційних моделей. У статті [7] показано використання підходу нейронно-символічного машинного навчання для прогнозування хімічних реакцій ретросинтезу, який є ключовим процесом в органічній хімії. Автори поєднали методи машинного навчання з символічними представленнями в органічній хімії. Це може мати серйозні наслідки для розуміння та розробки процесів молекулярного синтезу. Авторами [8] створено платформу для тестування та порівняння різних підходів до машинного навчання для прогнозування властивостей молекул. Метою є забезпечення надійних і послідовних стандартів оцінювання для дослідників, які займаються розробкою алгоритмів і машинним навчанням у хімії. Це вносить важливий внесок у зміцнення бази знань про ефективність методів машинного навчання для прогнозування молекулярних властивостей і є дуже корисним довідковим матеріалом у порівнянні ефективності різних алгоритмів у хімічному контексті. Обговорюється [2] використання підходу багатозадачного глибокого навчання в контексті фармацевтичної промисловості. Використовуючи глибокі методи навчання, ця стаття намагається інтегрувати та вивчати кілька завдань одночасно, наприклад, прогнозування біологічної активності або молекулярних властивостей хімічних сполук. Знайдено підхід [9] до автоматичного молекулярного проектування на основі певних даних. Підхід спрямований на автоматичне створення нових молекул із бажаними властивостями на основі безперервного представлення молекулярної структури, що дозволяє ефективно моделювати будову молекул та використовувати методи машинного навчання для прогнозування властивостей або функцій отриманих молекул. Такі підходи створюють міцну основу для більш автоматизованих та інноваційних підходів до молекулярного дизайну в хімії. Автори статті [10] обговорюють застосування техніки машинного навчання в молекулярній і матеріалознавчій сферах. Показано, що машинне навчання стало дуже корисним інструментом для прогнозування, аналізу, та проектування властивостей нових молекул і матеріалів. Автори пояснюють різні застосування машинного навчання для прогнозування властивостей матеріалів і пошуку бажаних молекулярних структур, а також ілюструють, як ця технологія прискорила прогрес у галузі хімії та дослідження матеріалів.

Використовувалися наступні методи дослідження: описово-якісний метод, теоретичний та методологічний аналіз наукової та навчально-методичної літератури. Збір даних здійснювали із джерел, які відповідають темі дослідження, а саме застосування ШІ в освіті та у навчанні хімії.

III Результати

Використання генеративного ШІ на навчальних заняттях з дисципліни «Хімія».

Ми застосовували ШІ у навчальному процесі в різних якостях. Найчастіше Chat GPT використовувався студентами для надиктування тексту з аналізом контексту, як інструмент для створення ілюстративного ряду, презентацій для докладів студентів при захисті рефератів, на конференціях різних рівнів. Викладачі також використовували ШІ для створення презентацій для різних видів навчальних занять.

Крім того, ШІ використовувався групами студентів як потужний інструмент моніторингу для більш точної аналітики, для визначення певної проблеми. Наприклад, за допомогою Chat GPT студенти створювали узагальнену модель явища (процесу, властивостей хімічних сполук) у вигляді схеми чи ілюстрації. При цьому кожен із студентів привносив щось своє. Правильність побудови моделі перевірялася за наявністю всіх компонентів явища, послідовності перебігу процесу з досягненням

кінцевого результату тощо. Створення за подібним принципом лекційної презентації викладачами кафедри наведено на рис. 1.

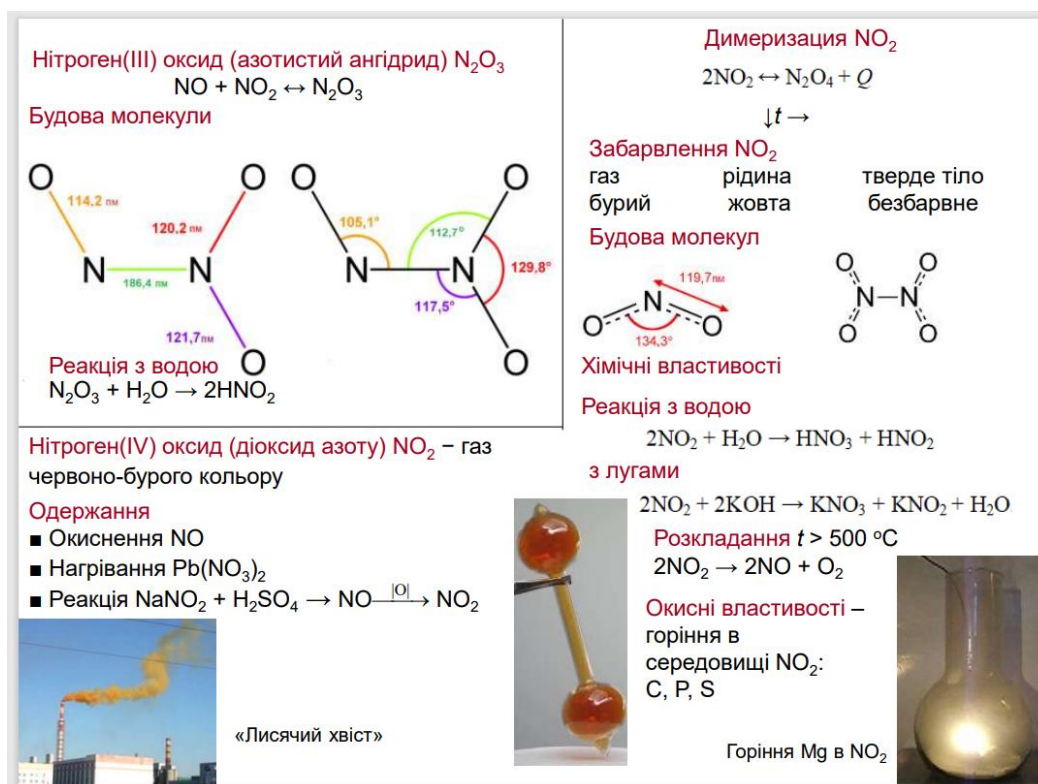


Рис. 1. Презентація до розділу «Нітроген», зміст якої оптимізований за допомогою ШІ

Вклад ШІ в даному випадку полягав в оптимізації змісту, з'єднанні на одному аркуші схем структур молекул оксидів Нітрогену, їх фізичних і хімічних властивостей, а також у підборі ілюстраційного матеріалу. Деякі перетворення було запропоновано подати у вигляді ланцюжків перетворень. Як результат досягнуто повного заповнення аркуша без перевантаження та з повним об'ємом знань, які мають бути у студента з цього питання.

Штучний інтелект також міг виступати як опонент: поспілкувавшись із ШІ в рамках певної теми, студенти повинні були написати аргументоване есе та подати його у форумі в електронному курсі-ресурсі. Це дуже важливо на заключному етапі вивчення певного розділу дисципліни. Це допомагало студентам вибрати необхідний матеріал, відсіяти все непотрібне, класифікувати процеси, властивості речовин, дотриматись логічної послідовності у викладі суті проблеми.

Переваги ШІ у вивченні хімії при проведенні наукових досліджень.

Значна частина студентів цікавиться проведенням наукових досліджень із ранніх курсів навчання, тому доцільно розглядати аспекти використання ШІ студентами на більш глибокому науковому рівні. Основні напрями використання ШІ в даному плані та очікувані результати і розширення можливостей для досліджень представлені в таблиці 1.

Власний досвід при використанні ШІ при проведенні наукових досліджень спільно зі студентами полягав у вивченні нами методів синтезу та властивостей мідно-цинкових феритів. Ми використовували комбінацію таких функцій генеративного ШІ, як аналіз даних, прогнозування та створення узагальненої моделі. За допомогою Chat GPT ми проаналізували існуючі підходи та методи синтезу феритів, вибрали найбільш оптимальну стратегію для синтезу фериту із вмістом міді та цинку. Далі студентами за допомогою ШІ була створена узагальнена модель можливих властивостей феритів як корисних технічних матеріалів, обрані властивості феритів найцікавіші для нашого дослідження та методи їх дослідження. Синтезовані мідно-цинкові ферити проявили себе як фотокаталізатори, окисники, сорбенти, у них виявлено суперпарамагнітні властивості. На рис. 2 представлена одна з презентацій для наукового

докладу, матеріал до якої було відібрано за допомогою ШІ з великого обсягу експериментальних даних як найбільш доказовий щодо фізико-хімічних властивостей феритів.

Табл. 1. Напрями використання генеративного ШІ у наукових хімічних дослідженнях та їх переваги

Напрямок використання ШІ	Переваги використання ШІ
Прогнозування молекулярних властивостей на основі молекулярної структури	Висока точність прогнозів реакційної здатності, стабільності або інших властивостей молекули.
Моделювання молекулярної структури	Використовуючи методи машинного навчання та нейронні мережі, ШІ може пришвидшити процес моделювання молекулярних структур, забезпечуючи ефективнішу розробку нових молекул.
Аналіз великих баз хімічних даних	ШІ здатний швидко обробляти й аналізувати великі об'єми хімічних даних, допомагаючи витягувати приховані закономірності, зв'язки та тенденції.
Прогнозування хімічної реактивності та властивостей речовин	ШІ дозволяє точніше прогнозувати хімічну реакційну здатність, дозволяючи розробляти нові технічні матеріали зі спеціальними властивостями, більш ефективні хімічні каталізатори і нові ліки.
Зменшення залежності від експерименту	Завдяки високим можливостям прогнозування ШІ може допомогти зменшити кількість повторюваних експериментів, заощадивши час і ресурси хімічних досліджень.
Інновації в хімічних дослідженнях	Застосування ШІ в хімії відкриває двері для проривів, прискорює відкриття нових хімічних речовин і забезпечує глибше розуміння молекулярних властивостей.
Оптимізація хімічного процесу	Завдяки кращим можливостям прогнозування та моделювання ШІ може допомогти оптимізувати хімічні процеси та підвищити ефективність виробництва та якість продукції.

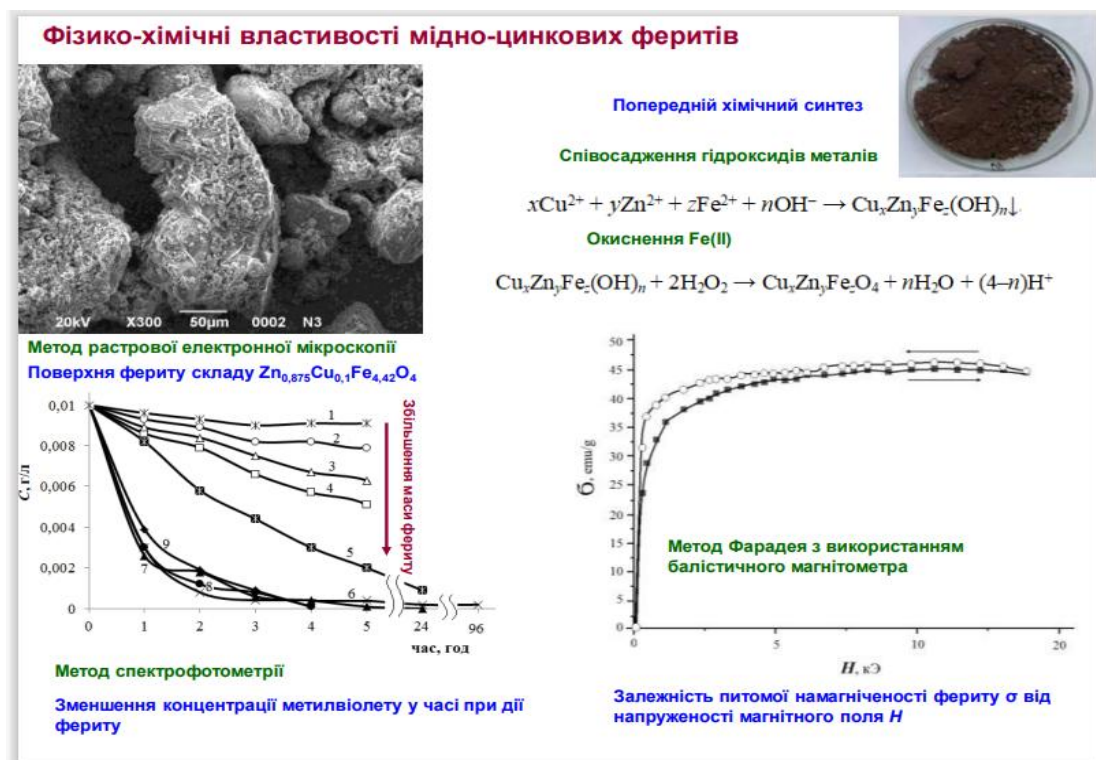


Рис. 2. Презентація до наукового доповіді з властивостей синтезованих феритів

IV Обговорення

Проблеми, з якими стикаються під час впровадження ШІ у навчання хімії.

1. Якість і кількість відповідних хімічних даних часто є проблемою, доступні бази даних обмежені в охопленні або різноманітності, що може вплинути на точність і узагальнення побудованих моделей. Доступність даних обмежується мовою, на якій робиться запит. Найбільш розширена база даних ШІ англійською мовою. Тому при поганому володінні студентами цією мовою, при некоректно або неправильно сформульованому питанні можна отримати спрощену відповідь або взагалі її відсутність.

2. Перевірка моделі. Складні моделі часто важко інтерпретувати. Це може бути проблемою в хімії, де важливість розуміння молекулярної структури та взаємодій є ключовою.

3. Етика та безпека. Конфіденційні дані в хімічних дослідженнях необхідно зберігати в безпеці, особливо під час використання методів ШІ, які потребують доступу до конфіденційних даних або цінних експериментів. Використання ШІ під час вивчення хімії також викликає етичні питання щодо відповідального використання цієї технології, наприклад, при розробці нових ліків або біологічно-активних хімічних речовин.

4. Алгоритмічні та обчислювальні обмеження. Алгоритми ШІ не є досконалими та все ще мають обмеження в розумінні складних моделей у хімічних даних. Використання технології ШІ в хімії вимагає потужної обчислювальної інфраструктури для обробки та аналізу великих об'ємів даних, що може стати перешкодою для деяких дослідників.

5. Інтеграція зі знаннями домену. Розуміння результатів ШІ в хімічному контексті та їх інтеграція з наявними хімічними знаннями є додатковим викликом.

6. Майбутні виклики. Постійне розширення хімічних знань і технологій ШІ вимагає постійного оновлення існуючих моделей, що вимагає додаткових досліджень.

Вирішення цих проблем вимагатиме співпраці між хіміками, комп'ютерниками та експертами зі ШІ, щоб подолати обмеження, покращити інтерпретацію та забезпечити безпеку та етику застосування ШІ у навчанні хімії.

Невирішені загальні питання використання ШІ, що напряму пов'язані з освітою.

Існує нове соціально-психологічне явище у вигляді формування певної залежності від ШІ, яке треба вивчати з погляду різних міжкультурних відмінностей особистості.

Зареєстрований прихований негативний вплив Chat GPT на когнітивне функціонування особистості учнів, студентів, дорослих.

У цьому плані нами було проведено наступне дослідження: групу студентів розділили на дві підгрупи, одній із яких дозволили вільно користуватися Chat GPT при відповідях на заняттях. Їх відповіді були більш розгорнутими та аргументованими. Однак при кінцевому тестуванні, проведеному у традиційному вигляді за допомогою тестових завдань різних типів та рівнів складності, студенти цієї підгрупи показали нижчий рівень знань та вмінь. Це ще раз наголошує на тому, що використання генеративного ШІ в освіті має невирішені проблеми та ризики соціального значення.

Залишаються невирішеними питання використання згенерованих ШІ текстів.

Оскільки вони вперше створені, то системи антиплагіату не фіксують їх як плагіат і в той же час цей текст не є продуктом розумової діяльності самого студента. Тому можлива заміна істинного процесу навчання штучним інтелектом, а не його використання як допоміжного інструменту. Також відомо, що ШІ може вигадувати не лише посилання, а й самі факти. Тобто існує ризик, що, використовуючи Chat GPT в якості репетитору, студенти можуть дізнатися щось, відмінне від істинних фактів, явищ і процесів або від того, що їм належить знати.

Залишаються відкритими питання інформаційної безпеки при використанні ШІ, так як Chat GPT спирається на весь масив інформації, що існує у світі, включаючи дані засобів масової інформації, що особливо небезпечно в період військової агресії по відношенню до України. Так, залежно від мови спілкування із ШІ суттєво змінюються відповіді, які дає ШІ, зокрема, що стосуються політики, військових дій, належності території тощо.

V Висновки

Проаналізовано значущість інтеграції ШІ в освіту та його основні ролі: двигун можливостей при генерації альтернативних способів вираження ідеї; опонент для розробки аргументу; тренер із співпраці груп студентів; планувальник навчальних занять; генератор тестів різних рівнів складності; персональний репетитор; динамічний оцінювач з наданням профілю кожного студента; дизайнер; ШІ надає інструменти для виявлення, вивчення та інтерпретації даних.

Показано, що ШІ може ефективно використовуватися як під час проведення навчальних занять з хімії, так і в наукових дослідженнях спільно зі студентами, наголошено на перевагах такого підходу. ШІ може швидко обробляти й аналізувати великі хімічні дані, дозволяючи виділяти приховані закономірності, зв'язки та тенденції зі складних наборів даних. Застосування ШІ у вивченні хімії відкриває двері для проривів, прискорює відкриття нових хімічних речовин і забезпечує глибше розуміння молекулярних властивостей. ШІ не тільки покращує процес навчання хімії, але також вносить серйозні зміни в те, як проводяться хімічні дослідження та розробки. Це надає можливості для подальших інновацій у галузі хімії та забезпечує міцну основу для майбутнього прогресу. Автори знайомлять із власним досвідом при використанні ШІ при проведенні наукових досліджень.

У перспективі буде актуальним вирішення виявлених проблеми, з якими стикаються під час впровадження технологій ШІ під час навчання хімії, а також невирішених загальних питань використання ШІ в освіті.

Бібліографічні посилання

1. Akbar J. S., Djakariah D. Application of artificial intelligence (AI) in learning chemistry. JESOC. 2024. № 1(2). PP. 41–45. URL: <https://jurnal.devitara.or.id/index.php/pendidikan> (accessed date 20.06.2025).
2. Ramsundar B., Liu B., Wu Z., Verras A., Tudor M., Sheridan R. P., Pande V. Is multitask deep learning practical for pharma? Jcim. 2017. № 57(8). PP. 2068–2076. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jcim.7b00146>
3. Chaudhry M. A., Cukurova M., Luckin R. A transparency index framework for AI in education. In: Rodrigo M. M., Matsuda N., Cristea A. I., Dimitrova V. (eds). Artificial intelligence in education: Posters and late breaking results, workshops and tutorials, industry and innovation tracks, practitioners' and doctoral consortium. AIED 2022. Lecture Notes in Computer Science. Cham: Springer, 2022. Vol. 13356. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-11647-6_33
4. Darvishi A., Khosravi H., Sadig S., Gasevic D., Siemens G. Impact of AI assistance on student agency. Computers & Education. 2024. № 210. Article 104967. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.10004967>
5. Akbar J. S., Dasna I. W., Wonorahardjo S. The effect of guided inquiry-based practicum learning and prior knowledge on learning outcomes and science process skills of high school students on solubility and solubility products. Jurnal Pendidikan Sains. 2019. № 7(3). PP. 80–84
6. Goh G. B., Siegel C., Vishnu A., Hodas N. O. Chemception: A deep neural network with minimal chemistry knowledge matches the performance of expert-developed QSAR/QSPR models. 2017. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1706.06689>
7. Segler M. H., Waller M. P. Neural-symbolic machine learning for retrosynthesis and reaction prediction. Chem. Eur. J. 2017. № 23(25). PP. 5966–5971. DOI: <https://doi.org/10.1002/chem.201605499>
8. Wu Z., Ramsundar B., Feinberg E. N., Gomes J., Geniesse C., Pappu A. S., Pande V. MoleculeNet: a benchmark for molecular machine learning. Chem. Sci. 2018. № 9(2). PP. 513–530. DOI: <https://doi.org/10.1039/c7sc02664a>
9. Gómez-Bombarelli R., Wei J. N., Duvenaud D., Hernández-Lobato J. M., Sánchez-Lengeling B., Sheberla D., Aspuru-Guzik A. Automatic chemical design using a data-driven continuous representation of molecules. ACS Central Science. 2016. № 4(2). PP. 268–276. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1610.02415>
10. Butler K. T., Davies D. W., Cartwright H., et al. Machine learning for molecular and materials science. Nature. 2018. № 559. PP. 547–555. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0337-2>
11. Андрощук А., Малюга О. Використання штучного інтелекту у вищій освіті: стан і тенденції. International Science Journal of Education & Linguistics. 2024. Т. 2. № 3. С. 27–35. DOI: <https://doi.org/10.46299/j.isjel.20240302.04>
12. Ситник Л. Г. Навчання основам штучного інтелекту. Імідж сучасного педагога. (2025). № 3(222). С. 12–16. DOI: [https://doi.org/10.33272/2522-9729-2025-3\(222\)-12-16](https://doi.org/10.33272/2522-9729-2025-3(222)-12-16)
13. Ілійчук Л. Штучний інтелект і якість освіти: можливості, виклики та загрози. Науково-педагогічні студії. 2024. № 8. С. 232–248. DOI: <https://doi.org/10.32405/2663-5739-2028-8-232-248>
14. Романенко Т. В., Ткаченко А. В., Власенко В. М. Засоби штучного інтелекту для інформаційно-комунікаційної взаємодії у ЗВО. Наукові записки. Серія: Педагогічні науки. 2024. № 212. С. 44–50. DOI: <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2024-1-212-44-50>
15. Коломієць А., Кушнір О. 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. 2024. № 70. С. 45–57. DOI: <https://doi.org/10.31652/2412-1142-2023-70-45-57>

16. Мар'єнко М., Коваленко В. Штучний інтелект та відкрита наука в освіті. Фізико-математична освіта. 2023. Т. 38. № 1. С. 48–53. DOI: <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2023-038-1-007>
17. Дуценко О. Огляд наукових підходів до використання технологій штучного інтелекту в освітньому процесі. Освітологічний дискурс. 2024. Т. 46. Вип. 3. С. 6–22. DOI: <https://doi.org/10.28925/2312-5829/2024.3.1>
18. Гриценчук О. Використання штучного інтелекту в освіті: тенденції та перспективи в Україні та за кордоном. Вісник Кафедри ЮНЕСКО Неперервна професійна освіта XXI століття. (2024). Т. 2. № 10. С. 152–161. DOI: [https://doi.org/10.35387/ucj.2\(10\).2024.0012](https://doi.org/10.35387/ucj.2(10).2024.0012)
19. Паламар С., Науменко М. Штучний інтелект в освіті: використання без порушення принципів академічної чесності». Освітологічний дискурс. 2024. Т. 1. Вип. 44. С. 68–83. DOI: <https://doi.org/10.28925/2312-5829.2024.15>
20. Kumar A. Artificial Intelligence in Education: Revolutionizing Teaching and Learning. Journal of Asian Primary Education. 2024. Vol. 1. No. 1. PP. 63–67. DOI: <https://doi.org/10.59966/joape.v1i1.1207>

References

1. Akbar, J. S., & Djakariah, D. (2024). Application of artificial intelligence (AI) in learning chemistry. JESOC, 1(2), 41–45. <https://jurnal.devitara.or.id/index.php/pendidikan>
2. Ramsundar, B., Liu, B., Wu, Z., Verras, A., Tudor, M., Sheridan, R. P., & Pande, V. (2017). Is multitask deep learning practical for pharma? JCIIM, 57(8), 2068–2076. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jcim.7b00146>
3. Chaudhry, M. A., Cukurova, M., & Luckin, R. (2022). A transparency index framework for AI in education. In M. M. Rodrigo, N. Matsuda, A. I. Cristea, & V. Dimitrova (Eds.), Artificial intelligence in education: Posters and late breaking results, workshops and tutorials, industry and innovation tracks, practitioners' and doctoral consortium. AIED 2022 (Lecture Notes in Computer Science, Vol. 13356). Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-11647-6_33
4. Darvishi, A., Khosravi, H., Sadig, S., Gasevic, D., & Siemens, G. (2024). Impact of AI assistance on student agency. Computers & Education, 210, 104967. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.10004967>
5. Akbar, J. S., Dasna, I. W., & Wonorahardjo, S. (2019). The effect of guided inquiry-based practicum learning and prior knowledge on learning outcomes and science process skills of high school students on solubility and solubility products. Jurnal Pendidikan Sains, 7(3), 80–84.
6. Goh, G. B., Siegel, C., Vishnu, A., & Hodas, N. O. (2017). Chemception: A deep neural network with minimal chemistry knowledge matches the performance of expert-developed QSAR/QSPR models. arXiv preprint arXiv:1706.06689. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1706.06689>
7. Segler, M. H., & Waller, M. P. (2017). Neural-symbolic machine learning for retrosynthesis and reaction prediction. Chemistry – A European Journal, 23(25), 5966–5971. DOI: <https://doi.org/10.1002/chem.201605499>
8. Wu, Z., Ramsundar, B., Feinberg, E. N., Gomes, J., Geniesse, C., Pappu, A. S., & Pande, V. (2018). MoleculeNet: A benchmark for molecular machine learning. Chemical Science, 9(2), 513–530. DOI: <https://doi.org/10.1039/c7sc02664a>
9. Gómez-Bombarelli, R., Wei, J. N., Duvenaud, D., Hernández-Lobato, J. M., Sánchez-Lengeling, B., Sheberla, D., & Aspuru-Guzik, A. (2016). Automatic chemical design using a data-driven continuous representation of molecules. ACS Central Science, 4(2), 268–276. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1610.02415>
10. Butler, K. T., Davies, D. W., Cartwright, H., Isayev, O., & Walsh, A. (2018). Machine learning for molecular and materials science. Nature, 559, 547–555. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0337-2>
11. Androshchuk, A., & Maluga, O. (2024). Use of artificial intelligence in higher education: state and trends. International Science Journal of Education & Linguistics, 3(2), 27–35. DOI: <https://doi.org/10.46299/j.isjel.20240302.04>
12. Sytnyk, L. (2025). Teaching the basics artificial intelligence. Image of the Modern Pedagogue, (3(222)), 12–16. DOI: [https://doi.org/10.33272/2522-9729-2025-3\(222\)-12-16](https://doi.org/10.33272/2522-9729-2025-3(222)-12-16)
13. Ilichuk, L. (2024). The Impact of Artificial Intelligence on the Quality of Education: Opportunities, Challenges and Threats. Research and Educational Studies, (8), 232-248. DOI: <https://doi.org/10.32405/2663-5739-2028-8-232-248>
14. Romanenko, T. V., Tkachenko, A. V., & Vlasenko, V. M. (2024). Artificial Intelligence Tools for Information and Communication Interaction in Institutions of Higher Education. Academic Notes. Series: Pedagogical Sciences, (212), 44-50. DOI: <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2024-1-212-44-50>
15. Kolomiets, A., & Kushnir, O. (2024). Use of Artificial Intelligence in Educational and Scientific Activities: Opportunities and Challenges. Modern Information Technologies and Innovation Methodologies of Education in Professional Training Methodology, Theory, Experience, Problems, 70, 45-57. DOI: <https://doi.org/10.31652/2412-1142-2023-70-45-57>
16. Marienko, M., & Kovalenko, V. (2023). Artificial Intelligence and Open Science in Education. Fiziko-matematična osvita, 38(1), 48–53. DOI: <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2023-038-1-007>
17. Dushchenko, O. (2024). Review of Scientific Approaches to the use of Artificial Intelligence Technologies in the Educational Process. Educological Discourse, 46(3), 6–22. DOI: <https://doi.org/10.28925/2312-5829/2024.3.1>
18. Hrytsenchuk O. (2024). The Use of Artificial Intelligence in Education: Trends and Prospects in Ukraine and Abroad. UNESCO Chair Journal Lifelong Professional Education in the XXI Century, 2(10), 152–161. DOI: [https://doi.org/10.35387/ucj.2\(10\).2024.0012](https://doi.org/10.35387/ucj.2(10).2024.0012)
19. Palamar, S., & Naumenko, M. (2024). Artificial Intelligence in Education: Use Without Violating the Principles of Academic Integrity. Educological Discourse, 1(44), 68–83. DOI: <https://doi.org/10.28925/2312-5829.2024.15>
20. Kumar, A. (2024). Artificial Intelligence in Education: Revolutionizing Teaching and Learning. Journal of Asian Primary Education, 1(1), 63–67. DOI: <https://doi.org/10.59966/joape.v1i1.1207>



Хоботова Еліна Борисівна.

Доктор хімічних наук, професор, професор кафедри хімії та хімічної технології,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
вул. Ярослава Мудрого, 25, Харків, Україна, 61002.
E-mail: elinahobotova@gmail.com

Khobotova Elina Borysivna.

Doctor of Chemical Sciences, Professor, Professor of the Department of Chemistry and Chemical
Technology, Kharkiv National Automobile and Highway University,
st. Yaroslava Mudrogo, 25, Kharkiv, Ukraine, 61002.
E-mail: elinahobotova@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6377-5186>

Scopus ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602901694>



Даценко Віта Василівна.

Кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри хімії та хімічної технології,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
вул. Ярослава Мудрого, 25, Харків, Україна, 61002.
E-mail: dacenkovita14@gmail.com

Datsenko Vita Vasylivna.

Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of
Chemistry and Chemical Technology, Kharkiv National Automobile and Highway University,
st. Yaroslava Mudrogo, 25, Kharkiv, Ukraine, 61002,
E-mail: dacenkovita14@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8331-8863>

Scopus ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7005278577>

Citation (APA):

Khobotova, E., Datsenko, V. (2025). Artificial Intelligence in The Study of Chemistry in Universities. Engineering and Educational Technologies, 13 (3), 42–50. doi: <https://doi.org/10.32782/2307-9770.2025.13.03.04>

Цитування (ДСТУ 8302:2015):

Хоботова Е. Б., Даценко В. В. Штучний інтелект при вивченні хімії у закладах вищої освіти / Інженерні та освітні технології. 2025. Т. 13. № 3. С. 42–50. doi: <https://doi.org/10.32782/2307-9770.2025.13.03.04>

Обсяг статті: сторінок – 9 ; умовних друк. аркушів – 1,304.