

 <https://doi.org/10.31651/2524-2660-2026-3-196-200> <https://orcid.org/0000-0002-5047-6694>**КОЧУБЕЙ Олена**

докторка філософії з освітніх, педагогічних наук,
старша викладачка катедри хіміко-біологічної освіти та здоров'я людини,
Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького

 snclena@gmail.com

УДК 37.091.3:372.854:004.8:159.955.4(045)

ФОРМУВАННЯ КРИТИЧНОГО МИСЛЕННЯ УЧНІВ ПІД ЧАС ВИВЧЕННЯ НЕОРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ ЗАСОБАМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Проаналізовано сучасний стан наукового розроблення проблеми критичного мислення учнів у навчанні хімії та застосування штучного інтелекту в освітньому процесі закладів загальної середньої освіти.

Встановлено, що некритичне використання учнями згенерованих ШІ відповідей підвищує ризик закріплення хибних уявлень про хімічні закономірності, оскільки помилки ШІ-систем у розрахункових і класифікаційних задачах є задокументованим явищем, а методичні розробки щодо формування критичного мислення учнів засобами ШІ на матеріалі неорганічної хімії залишаються недостатніми.

Визначено структурні компоненти критичного мислення учнів у процесі вивчення неорганічної хімії: аналіз хімічної інформації, оцінювання доказів, аргументацію та рефлексію власних пізнавальних дій.

Виокремлено чотири методичні прийоми розвитку критичного мислення засобами ШІ: верифікацію відповіді ШІ, опонування ШІ, порівняння джерел і генерацію альтернативних гіпотез, кожен з яких перекладає взаємодію учня з ШІ з режиму пасивного споживання інформації в режим активного критичного діалогу.

Розроблено алгоритм взаємодії учня з відповіддю ШІ, що охоплює шість послідовних етапів – від формулювання вчителем завдання з навмисним елементом ускладнення до колективної рефлексії результатів верифікації в класі, а також приклади навчальних завдань з неорганічної хімії (класи сполук, періодичний закон, окисно-відновні реакції, індикатори), що ілюструють практичне застосування кожного з визначених прийомів.

Узагальнено, що системне включення розроблених завдань сприятиме формуванню в учнів усіх виокремлених компонентів критичного мислення, а також підвищенню їхньої медіа- та ШІ-грамотності як складової сучасної природничої освіти.

Рекомендовано подальшу експериментальну перевірку розробленої методики на базі закладів загальної середньої освіти.

Ключові слова: критичне мислення; неорганічна хімія; учні; штучний інтелект; методика навчання хімії.

Постановка проблеми. Стрімкий розвиток технологій штучного інтелекту (ШІ) кардинально змінює освітнє середовище закладів загальної середньої освіти, відкриваючи водночас нові можливості й породжуючи нові ризики для якості навчання

природничих дисциплін. Застосування генеративних мовних моделей у навчанні хімії дедалі частіше супроводжується пасивним, некритичним сприйняттям учнями згенерованої інформації, що суперечить меті сучасної освіти – формуванню самостійної, здатної до аргументованого судження особистості (Kasnezi et al., 2023).

Особливої гостроти ця проблема набуває саме у вивченні неорганічної хімії, де понятійний апарат (класифікація сполук, будова речовини, хімічні властивості елементів) вимагає точних логічних побудов, а помилки ШІ-систем у розрахункових і класифікаційних задачах є задокументованим явищем (Clark et al., 2023). Некритичне використання учнями відповідей ШІ без перевірки й осмислення підвищує ризик закріплення хибних уявлень про хімічні закономірності.

Водночас дослідники фіксують тенденцію до «кліпового мислення» сучасних учнів, що додатково ускладнює формування в них навичок глибокого аналізу навчального матеріалу з хімії (Макеев, Котюк, 2024). Держава декларує курс на впровадження ШІ в освітній процес (Концепція розвитку ШІ, 2020; Рекомендації щодо використання ШІ, 2025), проте методичні рекомендації здебільшого стосуються закладів вищої освіти й підготовки вчителів (Бабенко, Вольченко, 2023; Кочубей та ін., 2025), тоді як питання цілеспрямованого формування критичного мислення учнів засобами ШІ саме на матеріалі неорганічної хімії залишається недостатньо розробленим на методичному рівні.

Отже, склалося протиріччя між об'єктивною необхідністю інтеграції інструментів ШІ в навчання неорганічної хімії та відсутністю обґрунтованої методики, яка б одночасно розвивала предметні компетентності учнів і їхнє критичне мислення, забезпечуючи від некритичного сприйняття згенерованого контенту.

Мета статті: теоретично обґрунтувати й розкрити методичні можливості засобів штучного інтелекту у формуванні критичного мислення учнів у процесі вивчення неорганічної хімії.

Огляд результатів, дотичних до теми статті. Проблема розвитку критичного мислення в хімічній освіті активно досліджується. S.M. Danczak, C.D. Thompson та T.L. Overton (Danczak et al., 2017) визначили його ключовими ознаками вміння аналізувати докази, розпізнавати припущення та обґрунтовувати висновки на основі хімічних закономірностей. Згодом автори розробили й валідизували інструмент для діагностики критичного мислення студентів-хіміків (Danczak et al., 2020). N.S. Stephenson та N.P. Sadler-McKnight (2016) довели, що використання наукового письма в хімічному практикумі сприяє формуванню аргументованих пояснень результатів експериментів.

Окрему увагу дослідники приділяють використанню генеративного ШІ. Автори публікації «ChatGPT for good?» зазначають, що великі мовні моделі можуть як стимулювати критичне мислення, так і послаблювати його за умови пасивного використання готових відповідей (Kasneci et al., 2023). Дослідження T.M. Clark et al. (2023) засвідчило наявність помилок у відповідях ChatGPT на хімічні задачі, що підкреслює необхідність їх критичної перевірки. R.P. Dos Santos (2023) також показав, що ефективність використання чат-ботів у навчанні хімії залежить від якості запитів і готовності учнів перевіряти відповіді. С. Morbidoni et al. (2026) встановили, що ChatGPT підвищує залученість учнів, однак позитивно впливає на розуміння матеріалу переважно за умови педагогічного супроводу та виконання завдань на пояснення й обґрунтування.

В українських дослідженнях проблема критичного мислення в хімічній освіті розглядається здебільшого в контексті підготовки майбутніх учителів. Зокрема, О.М. Бабенко та Я.О. Вольченко (2023) наголошують на ефективності проблемного навчання й дискусійних методів. Водночас розвиток критичного мислення учнів засобами ШІ на матеріалі неорганічної хімії залишається недостатньо дослідженим, що зумовлює актуальність теми статті.

Теоретичний аспект (методологія) дослідження. Методологічну основу дослідження становить поєднання аналітичного, порівняльного та системного підходів до вивчення проблеми формування критичного мислення учнів засобами ШІ. Нормативним підґрунтям слугують державні стратегічні документи: Концепція розвитку штучного інтелекту в Україні (Концепція розвитку ШІ, 2020) визначає впровадження ШІ в освітній процес як один із пріоритетних напрямів цифрової трансформації, а спільні рекомендації Міністерства освіти і науки України та Міністерства цифрової трансформації України (Рекомендації щодо використання ШІ,

2025) окреслюють етичні й дидактичні орієнтири використання ШІ учасниками освітнього процесу, зокрема наголошуючи на необхідності формування в здобувачів освіти навичок критичної оцінки згенерованого контенту. На міжнародному рівні орієнтиром слугують рамкові документи ЮНЕСКО: «Керівництво щодо генеративного ШІ в освіті та науці» (Miao, Holmes, 2023) формулює принцип людиноцентричного підходу, за якого ШІ виступає інструментом підтримки мислення, а не його заміною, тоді як «Рамка компетентностей у сфері ШІ для учнів» (Miao, Shiohira, Lao, 2024) виокремлює критичне мислення як наскрізну компетентність поряд із розумінням етичних і технічних аспектів ШІ-систем.

Спираючись на структуру критичного мислення, обґрунтовану S.M. Danczak, C.D. Thompson та T.L. Overton (2020), у дослідженні критичне мислення учнів у процесі вивчення неорганічної хімії розглядається як інтегративна здатність, що охоплює такі компоненти: аналіз хімічної інформації (розпізнавання достовірних і хибних тверджень про властивості речовин та перебіг реакцій); оцінювання доказів (перевірка узгодженості згенерованої ШІ відповіді з фактичним матеріалом – законом збереження маси, періодичним законом, правилами номенклатури); аргументація (здатність обґрунтувати згоду чи незгоду з отриманою відповіддю посиланням на хімічні закономірності); рефлексія (усвідомлення власних когнітивних дій під час перевірки інформації).

На основі узагальнення методичних прийомів, описаних у розглянутих джерелах (Kasneci et al., 2023; Morbidoni et al., 2026; dos Santos, 2023; Stephenson, Sadler-McKnight, 2016), для розвитку критичного мислення учнів засобами ШІ під час вивчення неорганічної хімії пропонується використовувати чотири групи прийомів, узагальнені на рисунку 1.

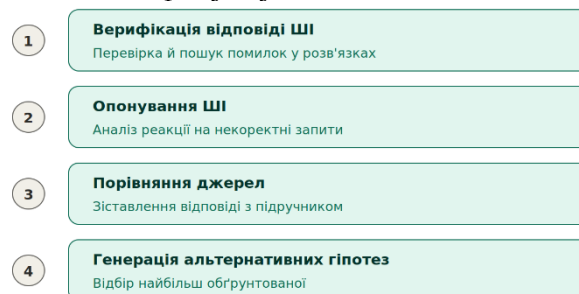


Рис. 1. Методичні прийоми розвитку критичного мислення учнів засобами штучного інтелекту у вивченні неорганічної хімії (Джерело: розроблено автором)

Прийом «верифікація відповіді ШІ» передбачає, що учні отримують згенеровану ШІ відповідь на хімічну задачу (наприклад, розставляння коефіцієнтів у рівнянні

реакції, визначення класу неорганічної сполуки) і мають перевірити її на відповідність відомим закономірностям, знайти й обґрунтувати можливі помилки. Прийом «опонування ІІІ» полягає у формулюванні учнями запиту до ІІІ з навмисно суперечливим або неповним формулюванням умови й аналізі того, як система реагує на некоректні дані, що розвиває навички критичної оцінки постановки задачі. Прийом «порівняння джерел» передбачає зіставлення відповіді ІІІ з підручником, довідником або лабораторними даними для виявлення розбіжностей і формулювання власного обґрунтованого висновку. Прийом «генерація альтернативних гіпотез» полягає у використанні ІІІ для швидкого отримання кількох можливих пояснень хімічного явища (наприклад, причин зміни кольору індикатора) з подальшим

експериментальним або логічним відбором найбільш обґрунтованої гіпотези учнями.

Такий методичний інструментарій дає змогу перевести взаємодію учня з ІІІ з режиму пасивного споживання інформації в режим активного критичного діалогу, що й покладено в основу подальшого опису результатів дослідження.

Результати дослідження. Спираючись на розроблену систему методичних прийомів (див. підрозділ «Теоретичний аспект»), а також на попередній досвід застосування ІІІ в методичній підготовці до вивчення хімії (Кочубей та ін., 2025), для навчання неорганічної хімії розроблено комплекс завдань, які апробують кожен із чотирьох прийомів на конкретному предметному матеріалі. Приклади завдань узагальнено в таблиці 1.

Таблиця 1

Приклади навчальних завдань
з неорганічної хімії за прийомами розвитку
критичного мислення учнів засобами ІІІ

Прийом	Тема курсу	Приклад завдання	Компонент критичного мислення
Верифікація відповіді ІІІ	Класи неорганічних сполук	Учні пропонують ІІІ визначити клас сполуки $Al(OH)_3$ і перевіряють, чи враховано її амфотерні властивості	Аналіз інформації, оцінювання доказів
Опонування ІІІ	Періодичний закон	Учні формулюють запит із хибною передумовою (напр. «чому Сульфур завжди двовалентний») і аналізують реакцію ІІІ	Оцінювання доказів, аргументація
Порівняння джерел	Окисно-відновні реакції	Зіставлення розставлених ІІІ коефіцієнтів методом електронного балансу з підручковим розв'язком	Аналіз, аргументація
Генерація альтернативних гіпотез	Індикатори, кислотно-основні властивості	Генерування ІІІ кількох гіпотез щодо зміни забарвлення індикатора з подальшою експериментальною перевіркою	Рефлексія, аргументація

Практичне впровадження зазначених прийомів потребує чіткого алгоритму взаємодії учня з ІІІ, оскільки без структурованої послідовності дій робота з відповіддю системи ризикує звестися до її пасивного копіювання. На рисунку 2 представлено розроблений алгоритм: від формулювання вчителем завдання з навмисним елементом ускладнення (помилковою передумовою, неповними даними або провокативним формулюванням) до колективної рефлексії результатів верифікації в класі.

Висновки і перспективи подальших досліджень.

Проведене дослідження дало змогу теоретично обґрунтувати методичні можливості штучного інтелекту у формуванні критичного мислення учнів під час вивчення неорганічної хімії. Уточнено структуру критич-

ного мислення учнів (аналіз хімічної інформації, оцінювання доказів, аргументація, рефлексія) та виокремлено чотири методичні прийоми роботи з ІІІ – верифікацію відповіді, опонування, порівняння джерел і генерацію альтернативних гіпотез, – які переводять взаємодію учня з ІІІ з пасивного споживання інформації в режим активного критичного діалогу. Розроблено алгоритм цієї взаємодії та приклади завдань з неорганічної хімії, що ілюструють застосування кожного прийому.

Перспективи подальших досліджень убачаємо в експериментальній перевірці ефективності розробленої методики на базі закладів загальної середньої освіти, а також у розширенні запропонованого інструментарію на інші розділи шкільного курсу хімії.



Рис. 2. Алгоритм роботи учня з відповіддю штучного інтелекту у процесі вивчення неорганічної хімії (Джерело: розроблено автором)

Список бібліографічних посилань

- Бабенко, Вольченко, 2023 – Бабенко, О.М., Вольченко, Я.О. (2023). Методична система формування критичного мислення майбутніх учителів хімії. *Педагогічні науки: Збірник наукових праць*, 104, 50–54. <https://doi.org/10.32999/ksu2413-1865/2023-104-8>.
- Концепція розвитку ШІ, 2020 – Концепція розвитку штучного інтелекту в Україні: схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 2 грудня 2020 р. № 1556-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-2020-%D1%80>.
- Кочубей та ін., 2025 – Кочубей, О., Совгіра, С., Душечкіна, Н. (2025). Використання штучного інтелекту в методичній підготовці майбутніх учителів хімії. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методи навчання в підготовці фахівців: Методологія, теорія, досвід, проблеми*, 78, 257–266. <https://doi.org/10.31652/2412-1142-2025-78-257-266>.
- Макеєв, Котюк, 2024 – Макеєв, С.Ю., Котюк, Т.В. (2024). Розвиток критичного мислення в учнів з «каліповим мисленням» на уроках хімії. *Харківський природничий форум: VII Міжнародна конференція молодих учених: збірник наукових праць* (с. 59–60). URL: <https://dspace.hnpu.edu.ua/handle/123456789/15807>.
- Рекомендації щодо використання ШІ, 2025 – Рекомендації щодо відповідального впровадження та використання технологій штучного інтелекту в закладах вищої освіти. 56 с. URL: <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/news/2025/04/24/shi-v-zakladakh-vyshchoi-osvity-24-04-2025.pdf>
- Плахотнік, Мурашкінцев, 2025 – Плахотнік, О., Мурашкінцев, А. (2025). STEM-освіта як механізм подолання ризиків впливу штучного інтелекту на освітній процес. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія «Педагогіка»*, 2(22), 61–66. <https://doi.org/10.17721/2415-3699.2025.22.11>.
- Clark et al., 2023 – Clark, T.M., Anderson, E., Dickson-Karn, N.M., Soltanirad, C., Tafini, N. (2023). Comparing the performance of college chemistry students with ChatGPT for calculations involving acids and bases. *Journal of Chemical Education*, 100(10), 3934–3944. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00500>.
- Danczak et al., 2017 – Danczak, S.M., Thompson, C.D., & Overton, T.L. (2017). “What does the term critical thinking mean to you?” A qualitative analysis of chemistry undergraduate, teaching staff and employers’ views of critical thinking. *Chemistry Education Research and Practice*, 18(3), 420–434. <https://doi.org/10.1039/C6RP00249H>.
- Danczak et al., 2020 – Danczak, S.M., Thompson, C.D., Overton, T.L. (2020). Development and validation of an instrument to measure undergraduate chemistry students’ critical thinking skills. *Chemistry Education Research and Practice*, 21(1), 62–78. <https://doi.org/10.1039/C8RP00130H>.
- dos Santos, 2023 – dos Santos, R.P. (2023). Enhancing chemistry learning with ChatGPT, Bing Chat, Bard, and Claude as agents-to-think-with: A comparative case study [Preprint]. arXiv. <https://arxiv.org/abs/2311.00709>.
- Kasneci et al., 2023 – Kasneci, E., Sessler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., Gasser, U., Groh, G., Günemann, S., Hüllermeier, E., Krusche, S., Kutyniok, G., Michaeli, T., Nerdel, C., Pfeffer, J., Poquet, O., Sailer, M., Schmidt, A., Seidel, T., Stadler, M., Weller, J., Kuhn, J., & Kasneci, G. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and Individual Differences*, 103, 102274. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274>.
- Miao, Holmes, 2023 – Miao, F., Holmes, W. (2023). Guidance for generative AI in education and research. UNESCO. 44 p. <https://doi.org/10.54675/EWZM9535>.
- Miao, Shiohira, Lao, 2024 – Miao, F., Shiohira, K., Lao, N. (2024). AI competency framework for students. UNESCO. 80 p. <https://doi.org/10.54675/JKJB9835>.
- Morbidoni et al., 2026 – Morbidoni, C., Mascitti, A., Sarra, A., Tonucci, L., Coccia, F. (2026). Exploring the potential of using ChatGPT in chemistry education. *Journal of Chemical Education*, 103(1), 286–297. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5c00854>.
- Stephenson, Sadler-McKnight, 2016 – Stephenson, N.S., Sadler-McKnight, N.P. (2016). Developing critical thinking skills using the Science Writing Heuristic in the chemistry laboratory. *Chemistry Education Research and Practice*, 17, 72–79. <https://doi.org/10.1039/C5RP00102A>.

References

- Babenko, O.M., Volchenko, Ya.O. (2023). Methodological system for forming critical thinking of future chemistry teachers. *Pedagogical sciences: Collection of scientific papers*, 104, 50–54. <https://doi.org/10.32999/ksu2413-1865/2023-104-8> [in Ukr.].
- Concept for the Development of Artificial Intelligence in Ukraine: approved by the Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated December 2, 2020 No. 1556-p. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-2020-%D1%80> [in Ukr.].
- Kochubey, O., Sovhira, S., Dushechkina, N. (2025). The use of artificial intelligence in the methodological training of future chemistry teachers. *Modern information technologies and innovative teaching methods in the training of specialists: Methodology, theory, experience, problems*, 78, 257–266. <https://doi.org/10.31652/2412-1142-2025-78-257-266> [in Ukr.].
- Makeev, S.Yu., Kotyuk, T.V. (2024). Development of critical thinking in students with “clip thinking” in chemistry lessons. *Kharkiv Natural Science Forum: VII International Conference of Young Scientists: Collection of Scientific Papers* (Pp. 59–60). URL: <https://dspace.hnpu.edu.ua/handle/123456789/15807> [in Ukr.].
- Recommendations for the responsible implementation and use of artificial intelligence technologies in higher education institutions. 56 p. URL: <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/news/2025/04/24/shi-v-zakladakh-vyshchoi-osvity-24-04-2025.pdf> [in Ukr.].
- Plahotnik, O., Murashkintsev, A. (2025). STEM education as a mechanism for overcoming the risks of the impact of artificial intelligence on the educational process. *Bulletin of the Taras Shevchenko National University of Kyiv. Series "Pedagogy"*, 2(22), 61–66. <https://doi.org/10.17721/2415-3699.2025.22.11> [in Ukr.].

- Clark, T.M., Anderson, E., Dickson-Karn, N.M., Soltanirad, C., Tafini, N. (2023). Comparing the performance of college chemistry students with ChatGPT for calculations involving acids and bases. *Journal of Chemical Education*, 100(10), 3934–3944. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00500>.
- Danczak, S.M., Thompson, C.D., & Overton, T.L. (2017). "What does the term critical thinking mean to you?" A qualitative analysis of chemistry undergraduate, teaching staff and employers' views of critical thinking. *Chemistry Education Research and Practice*, 18(3), 420–434. <https://doi.org/10.1039/C6RP00249H>.
- Danczak, S.M., Thompson, C.D., Overton, T.L. (2020). Development and validation of an instrument to measure undergraduate chemistry students' critical thinking skills. *Chemistry Education Research and Practice*, 21(1), 62–78. <https://doi.org/10.1039/C8RP00130H>.
- dos Santos, R.P. (2023). Enhancing chemistry learning with ChatGPT, Bing Chat, Bard, and Claude as agents-to-think-with: A comparative case study [Preprint]. arXiv. <https://arxiv.org/abs/2311.00709>.
- Kasneci, E., Sessler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., Gasser, U., Groh, G., Gönemann, S., Hüllermeier, E., Krusche, S., Kutyniok, G., Michaeli, T., Nerdel, C., Pfeffer, J., Poquet, O., Sailer, M., Schmidt, A., Seidel, T., Stadler, M., Weller, J., Kuhn, J., & Kasneci, G. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and Individual Differences*, 103, 102274. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274>.
- Miao, F., Holmes, W. (2023). Guidance for generative AI in education and research. UNESCO. 44 p. <https://doi.org/10.54675/EWZM9535>.
- Miao, F., Shiohira, K., Lao, N. (2024). AI competency framework for students. UNESCO. 80 p. <https://doi.org/10.54675/JKJB9835>.
- Morbidoni, C., Mascitti, A., Sarra, A., Tonucci, L., Coccia, F. (2026). Exploring the potential of using ChatGPT in chemistry education. *Journal of Chemical Education*, 103(1), 286–297. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5c00854>.
- Stephenson, N.S., Sadler-McKnight, N.P. (2016). Developing critical thinking skills using the Science Writing Heuristic in the chemistry laboratory. *Chemistry Education Research and Practice*, 17, 72–79. <https://doi.org/10.1039/C5RP00102A>.

KOCHUBEI Olena

Ph.D in Pedagogy, Senior Lecturer at the Department of Chemical-Biological Education and Human Health,
Bohdan Khmelnytskyi Melitopol State Pedagogical University

FORMATION OF CRITICAL THINKING WHILE STUDYING INORGANIC CHEMISTRY BY MEANS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Summary. Introduction. The rapid development of artificial intelligence (AI) technologies is transforming the educational environment of secondary schools, creating new opportunities alongside new risks for the quality of natural science education. Uncritical use of AI-generated responses by students in studying inorganic chemistry increases the risk of reinforcing false ideas about chemical patterns, since documented errors of AI systems in calculation and classification tasks are a recognized phenomenon, while methodological guidance for purposefully developing students' critical thinking through AI specifically in inorganic chemistry remains insufficiently developed.

Purpose. The purpose of the article is to theoretically substantiate and reveal the methodological potential of artificial intelligence tools in forming students' critical thinking in the process of studying inorganic chemistry.

Methods. Analytical, comparative and systemic approaches were combined to study the problem, drawing on Ukrainian state AI-education policy documents, UNESCO frameworks on generative AI in education, and the critical-thinking structure validated in chemistry education research.

Results. The structural components of students' critical thinking in studying inorganic chemistry are clarified: analysis of chemical information, evaluation of evidence,

argumentation, and reflection. Four methodological techniques of developing critical thinking by means of AI are identified: verifying an AI response, challenging AI with flawed premises, comparing sources, and generating alternative hypotheses. A six-stage algorithm of student-AI interaction is developed, together with examples of learning tasks in inorganic chemistry illustrating each technique.

Originality. For the first time, methodological techniques and an interaction algorithm for developing critical thinking specifically through AI use in teaching inorganic chemistry are proposed and systematized.

Conclusion. Systematic incorporation of the developed tasks into inorganic chemistry instruction is expected to foster all identified components of students' critical thinking and enhance their media and AI literacy. Further research should experimentally verify the methodology's effectiveness in secondary schools.

Keywords: critical thinking; inorganic chemistry; students; artificial intelligence; chemistry teaching methodology.

Одержано редакцією 06.08.2026
Прийнято до публікації 21.08.2026

 <https://doi.org/10.31651/2524-2660-2026-3-200-206>

 <https://orcid.org/0000-0003-0852-686X>

БРАСЛАВСЬКА Оксана

докторка педагогічних наук, професорка катедри географії та туризму,
Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького;
Закарпатський угорський університет імені Ференца Ракоці II

 braslaoksa@gmail.com

УДК 372.891:911.3:004(045)

ЦИФРОВА ДИДАКТИЧНА ЕКОСИСТЕМА НАВЧАННЯ ПОЛІТИЧНОЇ, ЕКОНОМІЧНОЇ ТА СОЦІАЛЬНОЇ ГЕОГРАФІЇ У ШКОЛІ

Обґрунтовано авторську модель цифрової дидактичної екосистеми навчання політичної, економічної та соціальної географії у закладах загальної середньої освіти та визначено методичні умови її практичної реалізації.

Проаналізовано підходи до цифровізації шкільної географічної освіти та встановлено, що цифровізацію доцільно розглядати не як перелік окремих платформ і сервісів, а як цілісний, внутрішньо узгоджений цикл пізнавальної