

Теорія та методика професійної освіти

УДК 378.147.091.33-027.22:577.1:664
DOI: 10.31652/2786-5754-2026-10-141-150

Гулай О.І.

доктор педагогічних наук, професор,
професор кафедри цифрових освітніх технологій
Луцький національний технічний університет
ORCID ID 0000-0002-1120-6165
e-mail: o.hulai@lntu.edu.ua

Мороз І.А.

кандидат хімічних наук, доцент
доцент кафедри харчових технологій та хімії
Луцький національний технічний університет
ORCID ID 0000-0001-9167-4876
e-mail: moroz.iryana1@gmail.com

Шемет В.Я.

кандидат хімічних наук, доцент,
доцент кафедри харчових технологій та хімії
Луцький національний технічний університет
ORCID ID 0000-0001-8952-5097
e-mail: v.shemet@lntu.edu.ua

РОЗВИТОК ДОСЛІДНИЦЬКОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ СТУДЕНТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ НАВЧАННЯ НА ОСНОВІ ЗАПИТІВ

Стаття присвячена комплексному аналізу практичного досвіду та оцінці результативності впровадження моделі навчання на основі запитів (Inquiry-Based Learning, IBL) в освітній процес закладу вищої освіти. Основна увага зосереджена на апробації цієї інноваційної методики під час лабораторного заняття з дисципліни «Біохімія» для студентів першого (бакалаврського) рівня спеціальності 181 «Харчові технології» у Луцькому національному технічному університеті. Автори ставлять за мету дослідити, як перехід від репродуктивного виконання регламентованих інструкцій до самостійного наукового пошуку впливає на формування фахових компетенцій, мотивацію здобувачів та інтеграцію міждисциплінарних знань.

В основу дослідження покладено нелінійну п'ятифазну модель IBL (спрямування, формування концепції, дослідження, результат, обговорення), адаптовану для умов хімічної лабораторії. У роботі вперше деталізовано та апробовано галузеву специфіку застосування IBL-технології для підготовки майбутніх харчових технологів через призму інтеграції п'яти фундаментальних хімічних дисциплін. Аналіз зворотного зв'язку від студентів, залучених до участі в проєкті упродовж 2022–2024 років, дав змогу оцінити спроможність імплементації IBL-моделі в освітній процес. Результати апробації підтвердили високу ефективність методики IBL у стимулюванні пізнавального інтересу та розвитку критичного мислення студентів, проте виявили наявність адаптаційного бар'єра при переході від алгоритмізованого навчання до самостійного наукового пошуку. Виокремлено умови впровадження IBL-моделі в освітній процес вищої школи. Успішна імплементація цього підходу потребує високої методичної підготовки педагога та розробки спеціалізованого інструментарію для об'єктивного оцінювання результатів дослідницької діяльності в умовах цифровізації освіти.

Ключові слова: Навчання на основі запитів, лабораторний практикум, дослідницька компетентність, методи навчання, біохімія.

Hulai O.I.

Doctor of Pedagogical Sciences, Professor,
Professor of the Department of Digital Educational Technologies
Lutsk National Technical University
ORCID ID 0000-0002-1120-6165
e-mail: o.hulai@lntu.edu.ua

Moroz I.A.

Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor
Associate Professor of the Food Technology and Chemistry Department
Lutsk National Technical University
ORCID ID 0000-0001-9167-4876
e-mail: moroz.iryana1@gmail.com

Shemet V.Ya.

Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Food Technology and Chemistry Department
Lutsk National Technical University
ORCID ID 0000-0001-8952-5097
e-mail: v.shemet@lntu.edu.ua

DEVELOPMENT OF STUDENTS' RESEARCH COMPETENCE THROUGH INQUIRY-BASED LEARNING

The article is devoted to a comprehensive analysis of practical experience and evaluation of the effectiveness of implementing the Inquiry-Based Learning (IBL) model into the educational process of a higher education institution. The main focus is on the testing of this innovative methodology during laboratory classes in the discipline "Biochemistry" for first-year (Bachelor's) level students of specialty 181 "Food Technologies" at Lutsk National Technical University. The authors aim to investigate how the transition from reproductive execution of regulated instructions to independent scientific inquiry affects the formation of professional competencies, student motivation, and the integration of interdisciplinary knowledge.

The study is based on a non-linear five-phase IBL model (orientation, conceptualization, investigation, conclusion, and discussion) adapted for chemical laboratory conditions. The paper details and tests for the first time the industry-specific application of IBL technology for the training of future food technologists through the prism of integrating five fundamental chemical disciplines. Analysis of feedback from students involved in the project between 2022 and 2024 made it possible to assess the feasibility of implementing the IBL model in the educational process. The results of the approbation confirmed the high efficiency of the IBL methodology in stimulating cognitive interest and developing students' critical thinking; however, they revealed an adaptive barrier during the transition from algorithmized learning to independent scientific search. The conditions for implementing the IBL model in the higher education process are highlighted. Successful implementation of this approach requires high methodological training of the teacher and the development of specialized tools for objective assessment of research activity results in the context of digital transformation in education.

Key words: *Inquiry-Based Learning, laboratory practice, research competence, teaching methods, biochemistry*

Постановка проблеми у загальному вигляді. Традиційно лабораторні та практичні заняття є невід'ємною частиною та ключовими елементами у вивченні природничих наук та дозволяють засвоювати теорію через практику. Такі заняття передбачають безпосередню взаємодію студентів з обладнанням і матеріалами індивідуально або у складі невеликих груп. Класичний формат проведення лабораторних і практичних занять ґрунтується на виконанні студентами регламентованих маніпуляцій та спостережень, що чітко обмежені рамками типових інструкцій та алгоритмів. Проте сьогодні такий підхід, заснований на механічному

відтворенні дій, дедалі частіше поступається місцем більш гнучким та дослідницьким форматам, які стимулюють студентів до самостійного пошуку рішень.

Ця трансформація знаходить своє теоретичне підтвердження у наукових висновках [23], які констатують, що сучасна концепція лабораторного чи практичного заняття має охоплювати три фундаментальні ідеї. Згідно з їхнім баченням, таке заняття повинно одночасно виступати інтегратором безпосереднього маніпулювання матеріалами у практичній діяльності, забезпечувати розвиток компетенцій, пов'язаних із науковими процесами для глибшого розуміння природи науки, а також мобілізувати наукові знання студентів відповідно до підходу, спрямованого на усвідомлення та рефлексію власних дій.

Саме такий комплексний підхід корелює з трендами сучасної педагогіки, що визначаються переходом до нових стратегій навчання з акцентом на використання мультимедійних ресурсів та цифрових екосистем [1]. Останні стають базовою платформою для вдосконалення освітнього процесу, забезпечуючи не лише технічну підтримку комунікації, а й створюючи умови для впровадження інноваційних методик, які дозволяють реалізувати потенціал практичного навчання в умовах цифровізації [3; 7; 10].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Сучасна освіта стикається з численними викликами, серед яких особливе місце займає необхідність адаптації навчальних методик до нових соціально-економічних умов та технологічних змін. В умовах глобалізації та швидкого розвитку інформаційних технологій, традиційні методи навчання вже не забезпечують належного рівня залучення студентів і не відповідають вимогам сучасного ринку праці. У цьому контексті важливим стає впровадження інноваційних стратегій, зокрема навчання на основі запитів (Inquiry-Based Learning, IBL), яке сприяє активному залученню студентів у процес навчання. Навчання, що базується на дослідженні (Inquiry-based learning, IBL), є освітньою стратегією, яка орієнтована на активне залучення студентів у процес створення нового знання за допомогою методів і підходів, подібних до тих, які використовують професійні науковці [14]. Цей підхід можна охарактеризувати як процес встановлення нових причинно-наслідкових зв'язків, коли учні або студенти формулюють гіпотези й перевіряють їх через проведення експериментів або виконання спостережень [20; 23], що підкреслює його емпіричну і дослідницьку спрямованість.

Особливістю методу IBL є його чітка зосередженість на учневі: хоча створене в процесі навчання знання може не бути новим для широкої наукової спільноти, воно є інноваційним і особисто значущим для самого учня. Водночас професійні дослідники можуть ефективно адаптувати цей підхід для отримання оригінальних наукових результатів [21].

Методика IBL довела свою ефективність у викладанні численних дисциплін. Зокрема, її активно використовують у навчанні математики [4], біології [1; 2; 13], природничих наук та хімії [3; 15; 16; 18]. Крім того, ефективність підходу демонструється в опануванні іноземних мов [11], електронних технологій [9], а також у спеціалізованих галузях, таких як юридична [6] та медична освіта [5]. Це свідчить про його універсальність та адаптивність до потреб різних освітніх контекстів.

IBL є потужним інструментом, що дозволяє студентам формулювати запитання, проводити дослідження та робити висновки на основі отриманих даних. Це не лише підвищує мотивацію до навчання, але й розвиває критичне мислення та навички вирішення проблем. Згідно з дослідженням N. I. Maharani [12], IBL ефективно покращує критичне мислення студентів, що є важливим аспектом їхньої підготовки до професійної діяльності.

Метод навчання через запити створює для здобувачів освіти стимулююче інтелектуальне середовище [27]. Такий підхід стимулює пізнавальний інтерес і базується на принципах свідомого, інтенсивного та змістовного засвоєння матеріалу через розв'язання актуальних для учнів завдань.

Міжнародний педагогічний досвід засвідчує, що стратегії, побудовані на запитах, позитивно впливають на психологічний добробут та сприяють зростанню емоційного

інтелекту учнів [24]. Зокрема, у працях [12] підкреслено роль інструментарію даної методики у розвитку аналітичного апарату та критичного сприйняття інформації. Водночас результати досліджень, отримані під час викладання біологічних дисциплін, демонструють високу результативність цього підходу для стимулювання креативності та формування навичок автономної навчальної діяльності [19].

Важливим аспектом впровадження навчання через запити є також підготовка викладачів. Дослідження [14] пропонує оновлену модель IBL, яка виходить за межі простого проведення експериментів, фокусуючись на етапах планування, аргументації та побудови пояснень, що є критичним для формування наукової грамотності у студентів. Це свідчить про те, що для успішної реалізації IBL необхідно не лише змінити підходи до навчання, але й забезпечити відповідну підготовку педагогів.

Останнім часом впровадження інновацій спрямоване на подолання обмежень класичного навчання за допомогою мобільних технологій та генеративного ШІ, які забезпечують індивідуалізацію дослідницької діяльності студентів [22; 26].

Згідно з науковими джерелами [25], виділяють чотири ключові підходи до реалізації навчання через запити, що відрізняються за рівнем автономії учнів:

1. Підтверджувальний запит. У цій моделі педагог заздалегідь окреслює проблему, надає готовий алгоритм дій та очікуваний результат. Основний акцент робиться на опануванні самою методологією дослідження та тренуванні аналітичних здібностей через практичне відтворення відомих процесів.

2. Структурований пошук. Викладач формулює відкрите проблемне питання та пропонує конкретну методику для його розв'язання. Завдання студентів – на основі запропонованого методу самостійно сформулювати аргументовані висновки, спираючись на отримані докази.

3. Кероване дослідження. На цьому етапі викладач лише задає вектор пошуку у формі відкритого запитання. Колективно або в групах студенти самотужки проєктують стратегію дослідження, обирають інструментарій та проходять шлях до фінального результату.

4. Відкритий запит. Це найвищий рівень самостійності, де за менторської підтримки викладача студенти самі генерують оригінальні ідеї, розробляють власні дослідницькі протоколи та презентують підсумки для подальшої наукової дискусії чи апробації.

Інтеграція методу IBL в освітню практику може значно підвищити якість навчання, сприяти розвитку важливих навичок у студентів та підготувати їх до викликів сучасного світу. Дослідження та впровадження навчання через запити стає необхідністю для забезпечення ефективної та сучасної освіти.

Виділення невіршених раніше частин загальної проблеми. Попри значний потенціал, концепція навчання на основі запитів, не надто популярна у вітчизняному освітньому середовищі, стикається з певними бар'єрами під час практичної імплементації. Зокрема, у разі безсистемного або надміру масового впровадження існує ризик деградації методу до рівня формального виконання процедур, що позбавляє його глибинного змісту [27]. Ключова проблема полягає в когнітивній готовності аудиторії: студенти, які раніше не практикували складні мисленнєві стратегії у повсякденній навчальній діяльності, не здатні миттєво адаптуватися до вимог навчання через запити. Відсутність базових навичок самостійного аналізу стає серйозною перешкодою для ефективного переходу до запитової моделі. Саме цей фактор, на наше переконання, робить університетське середовище найбільш сприятливим майданчиком для реалізації даної технології, оскільки вища школа передбачає вищий рівень академічної зрілості та готовності до інтелектуальних викликів

Мета статті – аналіз практичного досвіду та результативності впровадження моделі навчання на основі запитів у навчальний процес Луцького національного технічного університету. Дослідження фокусується на апробації цієї методики під час лабораторного практикуму з біохімії для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 181 Харчові технології.

Методи дослідження. Спираючись на результати огляду наукової літератури, нами інтегровано в освітню практику запропоновану в дослідженнях [20] модель дослідницького навчання (IBL), яку було успішно апробовано [8] у практиці викладання дисциплін хімічного спрямування у Луцькому національному технічному університеті. Дана модель характеризується нелінійністю та охоплює п'ять базових фаз: спрямування, формування концепції, власне дослідження, результат і обговорення (див. рис.1.).

Модель навчання через запити демонструє три варіативні сценарії реалізації навчального пошуку.

Проблемно-орієнтований шлях: від вступного спрямування через запитання до безпосереднього дослідження та тлумачення результатів із можливістю циклічного уточнення запитів перед фінальним висновком.

Гіпотетико-дедуктивний шлях: передбачає висування припущень та їх перевірку під час експерименту з подальшою інтерпретацією (цикл дозволяє повернутися до етапу генерації нових гіпотез).

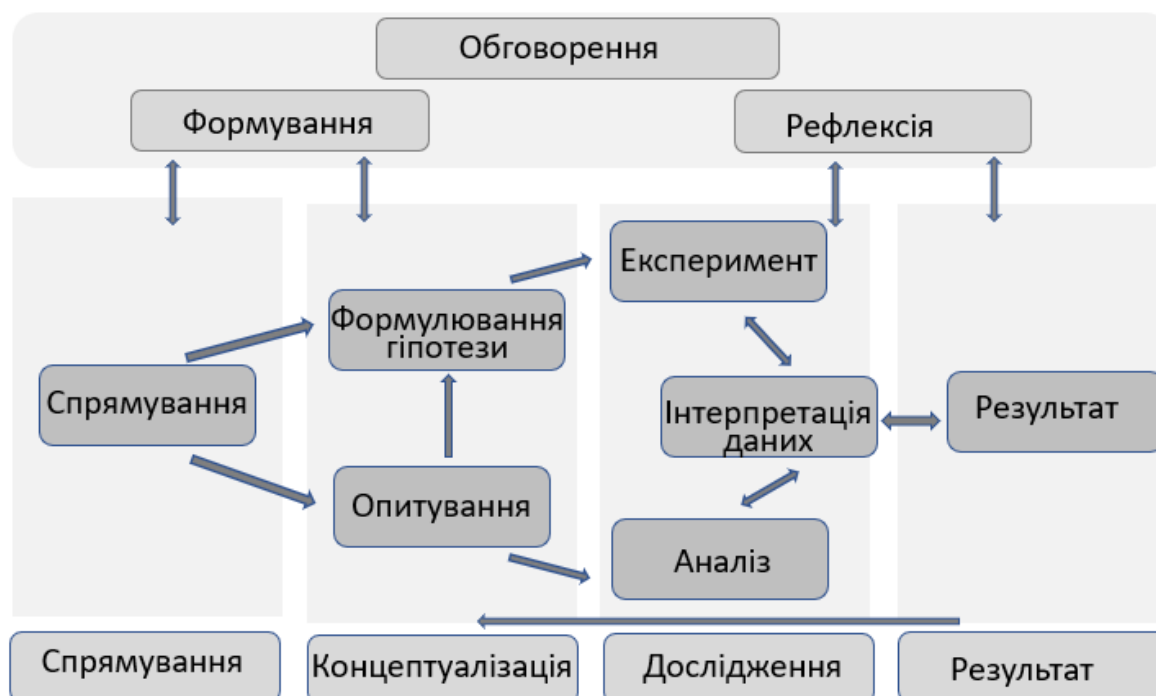


Рис. 1. Модель навчання на основі запитів (на основі [20])

Комбінований шлях: найбільш повна ітерація, що поєднує постановку питань, формулювання гіпотез та експериментальну частину.

Наскрізним елементом, що об'єднує усі траєкторії навчального пошуку є комунікація у форматі «педагог-студент» або «рівний-рівному».

Вищезгадана теоретична модель стала фундаментом для створення методики навчання на основі запитів, яка була апробована під час низки лабораторних занять із біохімії. Дослідницька робота проводилася за участю здобувачів освіти спеціальності 181 Харчові технології у Луцькому національному технічному університеті.

Виклад основного матеріалу. Підготовка фахівців за спеціальністю 181 Харчові технології передбачає опанування комплексу з п'яти взаємозалежних хімічних дисциплін, що формують професійний профіль майбутнього харчового технолога. Вивчення біохімії завершує цю підготовку, інтегруючи теоретичні напрацювання попередніх дисциплін. Зокрема, лабораторний практикум з біохімії є майданчиком для поглиблення практичних

навичок, закладених під час вивчення аналітичної, фізичної та колоїдної хімії [7]. Впровадження дослідницького підходу (IBL) виявилось максимально ефективним під час аналізу біохімічного складу конкретних продуктів харчування на завершальному етапі навчання.

У межах навчальної дисципліни Біохімія для майбутніх харчових технологів модель IBL реалізується через комплексний проект «Молоко». Ця ініціатива спрямована на систематизацію та поглиблення міждисциплінарних зв'язків, дозволяючи студентам актуалізувати та розширити фахові компетенції, що базуються на фундаментальній хімічній підготовці. Практична складова проекту базується на формуванні системного уявлення про біохімічну цінність молока та обґрунтуванні критеріїв, за якими здійснюється оцінка його якості.

1 етап. Спрямування. Унікальність молока як біологічної рідини визначається його багатокомпонентним складом, що налічує понад 200 хімічних інгредієнтів. Продукт містить повний спектр нутрієнтів, життєво необхідних людині: протеїни, ліпіди, цукри, мінеральні комплекси та вітаміни. Завдяки оптимальному біологічному балансу ці сполуки дуже добре засвоюються організмом. З фізико-хімічної точки зору молоко є складною полідисперсною системою. У ній співіснують речовини в різних фазових станах: молекулярно-йонному (мінеральні солі, лактоза), колоїдному (білкові фракції, кальцій фосфат) та емульсійному/грубодисперсному (молочний жир).

2 етап. Формування концепції. Розуміння неоднорідності складу молока різних виробників спонукає студентів до порівняльного дослідження. Об'єктами аналізу зазвичай виступають зразки з роздрібних мереж, фермерських господарств та приватного сектору. Студенти формують невеликі дослідницькі групи і визначають напрямки роботи: експертиза свіжості, енергетична цінність або пошук фальсифікатів. Важливим кроком на цьому етапі є когнітивна діяльність – виокремлення релевантних показників із літературних та інтернет-джерел для подальшого зіставлення з експериментальними даними.

3 етап. Дослідження. Кожна дослідницька група здійснює добір методик, адаптованих до технічних можливостей лабораторії, розробляє алгоритм експерименту та проводить підготовку реактивів і калібрування обладнання. Викладач на цьому етапі здійснює консультативну підтримку. У межах проекту з метою інтеграції знань із фізичної та неорганічної хімії передбачено визначення фізико-хімічних параметрів молока.

Визначення наявності доданої води в молоці здійснюють переважно фізико-хімічними методами, що базуються на зміні його фізичних характеристик. Найбільш точним і нормативно визнаним є криоскопічний метод, який полягає у визначенні температури замерзання молока: для натурального продукту вона є стабільною і становить $-0,54...-0,57$ °C, тоді як додавання води призводить до її підвищення. Як допоміжний метод застосовують ареометричне визначення густини, оскільки розбавлення молока водою зумовлює зниження цього показника, однак на результати можуть впливати вміст жиру та температурні умови, тому метод доцільно використовувати для попереднього контролю.

Вимірювання густини здійснюється з використанням ареометра, що дає змогу верифікувати відповідність показника нормативним значенням ($1,026-1,032$ г/см³). Оскільки густина знежиреного молока є вищою та може досягати $1,038$ г/см³, цей параметр використовується як індикатор фальсифікації продукту: зокрема, розбавлення молока водою на 10 % зумовлює зниження густини приблизно на $0,003$ г/см³. Температура замерзання молока характеризується високою стабільністю й становить $-0,54...-0,57$ °C. Для її визначення застосовується термометр Бекмана, використання якого дозволяє виявляти наявність сторонньої води, оскільки додавання кожних 1,8 % домішок спричиняє зміщення точки замерзання на $0,01$ °C.

Аналіз молока як складної колоїдної системи, де жирові глобули, казеїнові міцели та сироваткові протеїни дисперговані у водному середовищі, сприяє фундаментальному

розумінню природи колоїдів. Оскільки колоїдно-хімічні характеристики сировини визначають специфіку виробництва йогуртів та сирів, студенти детально вивчають процеси дестабілізації цієї системи. Зокрема, у межах проєкту досліджується коагуляція білків під впливом оцтової кислоти та ацетону. Здатність білків до згортання під дією ацетону корелює з рівнем кислотності, що дозволяє ідентифікувати несвіжий продукт.

Ключовий акцент у межах цього проєкту зміщено на вдосконалення аналітичних компетенцій майбутніх фахівців. Метою дисципліни є не лише засвоєння теорії хімічного аналізу, а й розвиток здатності застосовувати інструментарій якісного та кількісного аналізу у професійному середовищі. Пріоритетним завданням для студентів є експертиза безпечності сировини, що передбачає тестування молока на наявність неорганічних стабілізаторів. Зокрема, виконується ідентифікація таких сторонніх домішок, як пероксиду водню, хлору та гідрокарбонату натрію. Методика виявлення хлору та пероксиду водню ґрунтується на їхніх окисних властивостях у реакції з йодидом калію в кислому середовищі. Вивільнений у процесі взаємодії вільний йод утворює з крохмальним індикатором характерний синій комплекс. Виконання цього завдання сприяє консолідації знань з аналітичної та неорганічної хімії, оскільки вимагає від студентів не лише практичних навичок, а й теоретичного обґрунтування: написання рівнянь окисно-відновних реакцій та підбір коефіцієнтів методом електронного балансу.

Це дає змогу об'єктивно оцінити придатність сировини до подальшої технологічної переробки. Кислотність молока є важливим показником його якості та свіжості й відображає сумарний вміст органічних кислот, кислих солей і білкових компонентів. У лабораторній практиці найчастіше визначають титровану кислотність методом нейтралізації з використанням розчину лугу та індикатора фенолфталеїну; для свіжого коров'ячого молока вона зазвичай становить 16–18 °Т. Підвищення кислотності свідчить про розвиток мікрофлори та початок ферментативних процесів, тоді як її зниження може вказувати на розбавлення молока водою, що робить цей показник інформативним як для оцінювання технологічної придатності сировини, так і для виявлення можливих ознак фальсифікації.

4 етап. Результат. Після виконання практичного блоку студенти зосереджуються на аналізі отриманих результатів, здійснюють їх інтерпретацію та порівнюють з припущеннями, висунутими на початковому етапі дослідження. Завершальний етап передбачає оформлення розгорнутого звіту про виконану роботу, а також підготовку презентаційних матеріалів для наочного представлення й обговорення результатів дослідження.

5 етап. Обговорення. Структура заняття передбачає безперервну комунікацію: від стартового діалогу на етапі спрямування до групових консультацій та аналізу критичних ситуацій у процесі роботи. З огляду на те, що кожна команда реалізувала унікальний дослідницький сценарій, підсумкова дискусія набуває особливого значення. Здобувачі презентують отримані результати, обґрунтовують вибір інструментарію та зіставляють ефективність різних аналітичних методів.

Завершується навчальний цикл рефлексією у формі анкети на платформі Moodle, що дозволяє студентам оцінити власний прогрес та результативність заняття.

Аналіз зворотного зв'язку від студентів, залучених до участі в проєкті, дав змогу оцінити ефективність імплементації IBL-моделі в освітній процес. Упродовж 2022–2024 років у проєкті взяли участь 54 студенти другого курсу спеціальності 181 «Харчові технології». За результатами анкетування, високий рівень зацікавленості освітнім процесом підтвердили 50 студентів, що становить 92,6 % від загальної кількості учасників.

Важливою методичною перевагою було визначено міжпредметний зв'язок: 45 студентів (83,3 %) зазначили необхідність актуалізації знань із раніше вивчених дисциплін, тоді як 28 респондентів (51,9 %) відзначили розширення фахового кругозору завдяки ознайомленню з новими методами аналізу. Високу оцінку отримала динамічність занять – 45 студентів (83,3 %), а також переваги кооперації в групах, на які вказали 39 опитаних (72,2 %). Можливість

автономного вибору траєкторії дослідження позитивно оцінили 35 студентів (64,8 %).

Водночас 16 респондентів (29,6 %) зазначили, що запропонований формат лабораторних занять є складнішим порівняно з традиційним виконанням робіт за готовими інструкціями, що свідчить про наявність певного адаптаційного бар'єра під час переходу до самостійної науково-дослідної діяльності.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Впровадження методики IBL під час лабораторних занять із біохімії отримало позитивний відгук та високий рівень зацікавленості від обох сторін освітнього процесу. Ми поділяємо погляди науковців [27] щодо того, що інтеграція елементів наукового пошуку та активізація когнітивної діяльності суттєво покращують засвоєння фундаментальних понять, порівняно з традиційними формами репродуктивного навчання.

Реалізація IBL-підходу висуває високі вимоги до методичної підготовки педагога та передбачає наявність у студентів базового досвіду наукової роботи. З огляду на це, доцільно використовувати такий формат на підсумкових етапах вивчення предметів або в межах міждисциплінарних курсів. Водночас практичне застосування цієї моделі виявило певні труднощі, зокрема у площині контролю знань. Розробка адекватного інструментарію та об'єктивних параметрів оцінювання результатів навчання за методикою IBL є пріоритетним напрямом для подальших досліджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Innovative strategies to strengthen teaching-researching skills in chemistry and biology education: A systematic literature review / M. C. L. Alberto et al. *Frontiers in Education*. 2024. Vol. 9. P. 1363132. DOI: <https://doi.org/10.3389/educ.2024.1363132>
2. Asian students' cultural orientation and computer self-efficacy significantly related to online inquiry-based learning outcomes on the Go-Lab platform / H. C. Chen et al. *Journal of Science Education and Technology*. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10956-023-10058-9>
3. Chen Z. Innovative methods and applications of chemical education based on modern science and technology. *Frontiers in Educational Research*. 2023. Vol. 6, № 25. P. 136–141. DOI: <https://doi.org/10.25236/FER.2023.062523>
4. Merging inquiry and math teachers' circles: The Math Circles of Inquiry project / J. Cushman et al. *Notices of the American Mathematical Society*. 2023. Vol. 70, № 6. P. 963–966. DOI: <https://doi.org/10.1090/noti2723>
5. Finn J. B. L. vSim® gerontology and inquiry-based learning enhancing clinical reasoning and preparation for practice. *Teaching and Learning in Nursing*. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.teln.2023.05.002>
6. Greenfield S., Niemczyk E. Adopting a soft transdisciplinary approach via inquiry/project based learning: A focus on legal education. *Space and Culture, India*. 2023. Vol. 11, № 1. P. 27–40. DOI: <https://doi.org/10.20896/saci.v11i1.1350>
7. Гулай О., Мороз І., Шемет В. Концепція викладання хімічних дисциплін для майбутніх харчових технологів. Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського. Серія: Теорія та методика навчання природничих наук. 2023. № 4. С. 117–124. DOI: <https://doi.org/10.31652/2786-5754-2023-4-117-124>
8. Hulai O., Moroz I., Shemet V. Inquiry-based learning in the study of chemical disciplines by food technologies students. *Proceedings of the 4th International Conference on History, Theory and Methodology of Learning (ICHTML 2024)*. 2024. P. 107–113.
9. Effect of an inquiry-based blended learning module on electronics technology students' academic achievement / M. A. M. Hussain et al. *Journal of Technical Education and Training*. 2023. Vol. 15, № 2. P. 21–32.
10. The use of augmented reality in chemistry lessons in the study of "Oxygen-containing organic compounds" using the mobile application Blippar / D. A. Karnishyna et al. *Journal of Physics: Conference Series*. 2022. Vol. 2288. P. 012018. DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2288/1/012018>
11. Lee H. Y. Inquiry-based teaching in second and foreign language pedagogy. *Journal of Language Teaching and Research*. 2014. Vol. 5, № 6. P. 1236–1244. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/158318935.pdf>
12. Maharani N. I., Dasna I. W., Utama C. The effectiveness of inquiry-based learning instrument to enhance student's critical thinking skills. *Madrasah: Jurnal Pendidikan and Pembelajaran Dasar*. 2023. Vol. 15, № 2. P. 66–77. DOI: <https://doi.org/10.18860/mad.v15i2.18682>
13. Majidova M. P. Enhancing biology education: Effective methods for utilizing laboratory classes. *Journal of Pedagogical Inventions and Practices*. 2023. Vol. 21. P. 10–14. URL: <https://zienjournals.com/index.php/jpip/article/view/4070>
14. Morris D. L. Rethinking science education practices: Shifting from investigation-centric to comprehensive

- inquiry-based instruction. *Education Sciences*. 2025. Vol. 15, № 1. P. 73. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci15010073>
15. Nzomo C. M., Rugano P., Njoroge J. M. Relationship between inquiry-based learning and students' attitudes towards chemistry. *International Journal of Evaluation and Research in Education*. 2023. Vol. 12, № 2. P. 991–997. DOI: <https://doi.org/10.11591/ijere.v12i2.24165>
16. Connecting active artwork to chemistry: Leading students in inquiry-based learning of density and viscosity / A. M. Ochs et al. *Journal of Chemical Education*. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00277>
17. Oliveira H., Bonito J. Practical work in science education: A systematic literature review. *Frontiers in Education*. 2023. Vol. 8. P. 1151641. DOI: <https://doi.org/10.3389/educ.2023.1151641>
18. Innovative technologies and methods for teaching chemistry within the STEM / A. Orazbai et al. *Scientific Collection «InterConf+»*. 2024. № 61. P. 137–154. DOI: <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.09.2025.012>
19. Paidi P., Anazifa R. D., Pratama A. T. The effectiveness of free inquiry-based learning integrated with deep source usage on students' critical, creative thinking and self-directed learning skills. *AIP Conference Proceedings*. 2023. Vol. 2614, № 1. DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0126638>
20. Improving students' inquiry skills through reflection and self-regulation scaffolds / M. Pedaste et al. *Technology, Instruction, Cognition and Learning*. 2012. Vol. 9. P. 81–95.
21. Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle / M. Pedaste et al. *Educational Research Review*. 2015. Vol. 14. P. 47–61. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>
22. Penn M., Ramnarain U. Creating adaptive learning pathways for inquiry-based learning in school science using generative AI large language models. *International Journal of Science Education*. 2025. P. 1–25. DOI: <https://doi.org/10.1080/09500693.2025.2574519>
23. Sam R. Systematic review of inquiry-based learning: Assessing impact and best practices in education. *F1000Research*. 2024. Vol. 13. P. 1045. DOI: <https://doi.org/10.12688/f1000research.155367.1>
24. Sharma P. K., Kumar H. S., Verma M. The psychological influence of inquiry-based learning on students' emotional intelligence and well-being in education. *Journal for ReAttach Therapy and Developmental Diversities*. 2023. Vol. 6. P. 173–178. URL: <https://jrtd.com/index.php/journal/article/view/780>
25. What Is Inquiry-Based Learning: 7 Benefits & Strategies You Need to Know / Guido M. Prodigy Education. 2017. URL: <https://www.prodigygame.com/main-en/blog/inquiry-based-learning-definition-benefits-strategies/>
26. Widowati A., Tyas R. A. Mobile-based learning in science trends: A systematic review (2015–2023). *Cogent Education*. 2024. Vol. 11, № 1. DOI: <https://doi.org/10.1080/2331186X.2024.2303563>
27. Zohar A. It's Not All or Nothing: System-Wide Implementation of Inquiry-Based Teaching and Learning. *Scaling-up Higher Order Thinking*. Springer, Cham, 2023. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-15967-1_5

REFERENCES

1. Alberto, M. C. L., Viviana, B. V. C., Vladimir, B. E. C., & Fernanda, P. A. P. (2024). Innovative strategies to strengthen teaching-researching skills in chemistry and biology education: A systematic literature review. In *Frontiers in Education* (Vol. 9, p. 1363132). Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/educ.2024.1363132>
2. Chen, H. C., Gijlers, H., Sui, C. J., et al. (2023). Asian students' cultural orientation and computer self-efficacy significantly related to online inquiry-based learning outcomes on the Go-Lab platform. *Journal of Science Education and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s10956-023-10058-9>
3. Chen, Z. (2023). Innovative methods and applications of chemical education based on modern science and technology. *Frontiers in Educational Research*, 6(25), 136-141. <https://doi.org/10.25236/FER.2023.062523>
4. Cushman, J., Donaldson, B., Dow, K., Gantner, R., George, C. Y., & Jaco, W. (2023). Merging inquiry and math teachers' circles: The Math Circles of Inquiry project. *Notices of the American Mathematical Society*, 70(6), 963-966. <https://doi.org/10.1090/noti2723>
5. Finn, J. B. L. (2023). vSim® gerontology and inquiry-based learning enhancing clinical reasoning and preparation for practice. *Teaching and Learning in Nursing*. <https://doi.org/10.1016/j.teln.2023.05.002>
6. Greenfield, S., & Niemczyk, E. (2023). Adopting a soft transdisciplinary approach via inquiry/project based learning: A focus on legal education. *Space and Culture, India*, 11(1), 27–40. <https://doi.org/10.20896/saci.v11i1.1350>
7. Hulai, O., Moroz, I., & Shemet, V. (2023). The concept of teaching chemical disciplines for future food technologists. *Scientific Notes of Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University. Section: Theory and Methods of Teaching Natural Sciences*, (4), 117–124. <https://doi.org/10.31652/2786-5754-2023-4-117-124>
8. Hulai, O., Moroz, I., & Shemet, V. (2024). Inquiry-based learning in the study of chemical disciplines by food technologies students. *Proceedings of the 4th International Conference on History, Theory and Methodology of Learning (ICHTML 2024)*, 107-113.
9. Hussain, M. A. M., Zainuri, N. A., Zulkifli, R. M., & Rahman, A. A. (2023). Effect of an inquiry-based blended learning module on electronics technology students' academic achievement. *Journal of Technical Education and Training*, 15(2), 21-32.
10. Karnishyna, D. A., et al. (2022). The use of augmented reality in chemistry lessons in the study of "Oxygen-containing organic compounds" using the mobile application Blippar. *Journal of Physics: Conference Series*, 2288, 012018. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2288/1/012018>

11. Lee, H. Y. (2014). Inquiry-based teaching in second and foreign language pedagogy. *Journal of Language Teaching and Research*, 5(6), 1236-1244. <https://core.ac.uk/download/pdf/158318935.pdf>
12. Maharani, N. I., Dasna, I. W., & Utama, C. (2023). The effectiveness of inquiry-based learning instrument to enhance student's critical thinking skills. *Madrasah: Jurnal Pendidikan and Pembelajaran Dasar*, 15(2), 66-77. <https://doi.org/10.18860/mad.v15i2.18682>
13. Majidova, M. P. (2023). Enhancing biology education: Effective methods for utilizing laboratory classes. *Journal of Pedagogical Inventions and Practices*, 21, 10–14. <https://zienjournals.com/index.php/jpip/article/view/4070>
14. Morris, D. L. (2025). Rethinking science education practices: Shifting from investigation-centric to comprehensive inquiry-based instruction. *Education Sciences*, 15(1), 73. <https://doi.org/10.3390/educsci15010073>
15. Nzomo, C. M., Rugano, P., & Njoroge, J. M. (2023). Relationship between inquiry-based learning and students' attitudes towards chemistry. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, 12(2), 991-997. <http://doi.org/10.11591/ijere.v12i2.24165>
16. Ochs, A. M., Dee, J. M., Arnold, A. M., Barber, K. A., & Zovinka, E. P. (2023). Connecting active artwork to chemistry: Leading students in inquiry-based learning of density and viscosity. *Journal of Chemical Education*. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00277>
17. Oliveira, H., & Bonito, J. (2023). Practical work in science education: A systematic literature review. *Frontiers in Education*, 8, 1151641. <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1151641>
18. Orazbai, A., Zharimbetova, A., Rysbekova, A., Abisheva, S., & Saduakasova, Z. (2024). Innovative technologies and methods for teaching chemistry within the STEM. *Scientific Collection «InterConf+»*, (61), 137-154. <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.09.2025.012>
19. Paidi, P., Anazifa, R. D., & Pratama, A. T. (2023, June). The effectiveness of free inquiry-based learning integrated with deep source usage on students' critical, creative thinking and self-directed learning skills. *AIP Conference Proceedings*, 2614(1). <https://doi.org/10.1063/5.0126638>
20. Pedaste, M., Mäeots, M., Leijen, Ä., & Sarapuu, T. (2012). Improving students' inquiry skills through reflection and self-regulation scaffolds. *Technology, Instruction, Cognition and Learning*, 9, 81-95.
21. Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C., & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47-61. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>
22. Penn, M., & Ramnarain, U. (2025). Creating adaptive learning pathways for inquiry-based learning in school science using generative AI large language models. *International Journal of Science Education*, 1–25. <https://doi.org/10.1080/09500693.2025.2574519>
23. Sam, R. (2024). Systematic review of inquiry-based learning: Assessing impact and best practices in education. *F1000Research*, 13, 1045. <https://doi.org/10.12688/f1000research.155367.1>
24. Sharma, P. K., Kumar, H. S., & Verma, M. (2023). The psychological influence of inquiry-based learning on students' emotional intelligence and well-being in education. *Journal for ReAttach Therapy and Developmental Diversities*, 6, 173-178. <https://jrtd.com/index.php/journal/article/view/780>
25. What Is Inquiry-Based Learning: 7 Benefits & Strategies You Need to Know / Guido, M.. (2017). *Prodigy Education*. <https://www.prodigygame.com/main-en/blog/inquiry-based-learning-definition-benefits-strategies/>
26. Widowati, A., & Tyas, R. A. (2024). Mobile-based learning in science trends: A systematic review (2015–2023). *Cogent Education*, 11(1). <https://doi.org/10.1080/2331186X.2024.2303563>
27. Zohar, A. (2023). It's Not All or Nothing: System-Wide Implementation of Inquiry-Based Teaching and Learning. In: *Scaling-up Higher Order Thinking*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-15967-1_5

Статтю надіслано до редколегії 10.03.2026 р.
Статтю рекомендовано до друку 09.04.2026 р.