Карпатський національний університет імені Василя Стефаника
Факультет природничих наук
кафедра хімічного середовища та хімічної освіти

ДИПЛОМНА РОБОТА

на здобуття другого (магістерського) рівня вищої освіти

на тему:

«ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО -ДОСЛІДНИЦЬКА РОБОТА З БІОЛОГІЇ»

Виконала: студентка,
групи СО Пр.н.(з.в) 2м
спеціальності 014.15СО природничі науки
Приймак А.
Керівник: к.б.н., доцент Волчовська-Козак О.Є.

Рецензент: к.б.н., доц.Мельниченко Г.М..

м. Івано-Франківськ – 2025 рік

ЗМІСТ

ВСТУП…… 4

РОЗДІЛ І. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У БІОЛОГІЇ…… 7

1.1. Сутність та значення експериментального методу в біологічних дослідженнях ……. 7

1.2. Класифікація та типологія біологічних експериментів: лабораторні, польові та природні ……. 9

1.3. Сучасні інструментальні методи та технології в експериментальній біології …… 11

РОЗДІЛ ІІ. ОРГАНІЗАЦІЯ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ БІОЛОГІЧНИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ НА УРОКАХ У ШКОЛІ……...… 14

2.1. Психолого-педагогічні основи використання експериментальної діяльності в шкільному курсі біології……... 14

2.2. Методичні підходи до організації біологічних експериментів у школі…… 17

2.3. Практичні аспекти проведення біологічних експериментів у різних класах……... 20

2.4. Матеріально-технічне забезпечення біологічних експериментів при науково-дослідній роботі 22

РОЗДІЛ ІІІ. ОРГАНІЗАЦІЯ ТА ВТІЛЕННЯ АВТОРСЬКОГО ПІДХОДУ ЩОДО ЕКСПЕРИМЕНТІВ У НАУКОВО-ДОСЛІДНІЙ РОБОТІ УЧНІВ 25

3.1. Пропозиції авторського підходу до організації навчання через експериментальну роботу..... 25
3.2. Оцінка ефективності інтерактивних технологій для формування дослідницької компетентності учнів…..…….. 30
РОЗДІЛ IV. РЕЗУЛЬТАТИ ПЕДАГОГІЧНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ З БІОЛОГІЇ……... 35
4.1. Впровадження експериментальних досліджень у навчальний процес при вивченні біології у 7-9 класах……. 35
4.2. Особливості інтеграції цифрових технологій в експериментальні дослідження у шкільній освіті……... 39
4.3. Рекомендації до впровадження експериментальної методики у науково-дослідній роботі школярів……. 43
ВИСНОВКИ..... 48
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……. 50
ДОДАТКИ……. 54

ВСТУП

Актуальність роботи. Виклики сучасного суспільства вимагають від освітньої системи підготовки учнів, здатних до критичного аналізу, самостійного дослідження та інноваційного мислення. Традиційні методи навчання біології, що базуються переважно на репродуктивному засвоєнні теоретичного матеріалу, не повною мірою відповідають цим вимогам. Впровадження науково-дослідної роботи з біології через проведення експериментів сприяє формуванню дослідницьких умінь, розвитку критичного мислення, екологічної свідомості та стійкого інтересу до природничих наук.

Інтеграція цифрових технологій в експериментальну діяльність відкриває нові можливості для підвищення точності досліджень, розвитку цифрової грамотності та формування міждисциплінарних зв'язків. Водночас залишається актуальною проблема розробки ефективних методичних підходів до організації експериментальної діяльності, що забезпечували б максимальний педагогічний ефект.

Актуальність теми зумовлена необхідністю наукового обґрунтування та практичної реалізації ефективних педагогічних підходів до інтеграції експериментальної діяльності в освітній процес, а також потребою у формуванні в учнів внутрішньої мотивації до самостійного пізнання природи та науково-дослідної діяльності.

Об'єкт дослідження – процес організації науково-дослідної роботи учнів з біології у закладах загальної середньої освіти.

Предмет дослідження – методи та форми організації біологічних експериментів як засобу реалізації науково-дослідної роботи з біології у шкільному середовищі.

Мета дослідження: обґрунтувати педагогічні умови та розробити методичні рекомендації щодо ефективної організації науково-дослідної роботи з біології шляхом використання експериментальних методів.

Завдання дослідження:

1. Дослідити вплив експериментально-орієнтованої методики на навчальні досягнення, мотиваційну сферу та критичне мислення учнів.
2. Проаналізувати розвиток дослідницьких компетентностей учнів засобами біологічного експерименту.
3. Вивчити особливості інтеграції цифрових технологій у експериментальну діяльність з біології.
4. Розробити рекомендації до впровадження експериментальної методики у науково-дослідній роботі школярів.
5. **Методи дослідження:** 1) теоретичні: аналіз та узагальнення науково-педагогічної літератури, систематизація підходів до організації експериментальної діяльності; 2) емпіричні: педагогічний експеримент, спостереження, тестування, анкетування, інтерв'ювання; 3) статистичні: методи математичної статистики для обробки та інтерпретації отриманих даних.

Наукова новизна дослідження полягає в науковому обґрунтуванні педагогічних умов ефективної організації науково-дослідної роботи з біології за допомогою експериментів, розробці комплексної методики інтеграції традиційних та цифрових експериментальних підходів у науково-дослідну діяльність учнів, а також у визначенні критеріїв оцінювання ефективності експериментально-орієнтованої науково-дослідної роботи.

Практичне значення дослідження. Розроблені матеріали можуть бути використані вчителями біології для організації науково-дослідної діяльності учнів як на уроках, так і в позакласній роботі. Створена система біологічних експериментів може стати основою для реалізації науково-дослідних проєктів, підготовки до участі в конкурсах, олімпіадах та наукових конференціях учнів, а також сприятиме формуванню дослідницької компетентності школярів. Методичні рекомендації можуть бути впроваджені у систему підвищення

кваліфікації вчителів біології та підготовки майбутніх педагогів у закладах вищої освіти.

Структура роботи. Дослідження представлено на сторінках друкованого тексту і містить вступ, чотири розділи, висновки, перелік використаних джерел (37 найменувань) та додатки. Основна частина роботи ілюстрована 4 таблицями, 1 діаграмою, що наочно демонструють результати проведеного дослідження.

РОЗДІЛ І. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У БІОЛОГІЇ

1.1. Сутність та значення експериментального методу в науково-дослідній роботі при вивченні біології

Експериментальний метод займає центральне місце у системі шкільного навчання природничих дисциплін та становить важливий методологічний фундамент сучасної біологічної освіти [6; 19; 27]. На відміну від простого спостереження, експеримент передбачає активне залучення учнів до практичної діяльності з метою виявлення та спостереження за причинно-наслідковими зв’язками між природними явищами [22]. Суть експериментального методу полягає у створенні спеціальних умов, які дозволяють досліднику самостійно виокремити та спостерегти за окремими факторами, а також прослідкувати їхній вплив на досліджуваний об’єкт – це забезпечує наочне підтвердження теоретичних знань та наукових гіпотез [25; 33].

Основною характеристикою експериментального методу є його керованість [18; 35], що виражається у можливості свідомо моделювати та змінювати умови проведення досліду. Ця властивість експериментального підходу суттєво відрізняє його від спостереження, де учні залишаються пасивними свідками природних процесів [35]. Керованість експериментом дозволяє створювати безпечні та доступні для розуміння школярів умови дослідження, які демонструють важливі біологічні явища, процеси та закономірності. Такий освітній підхід суттєво розширює можливості засвоєння навчального матеріалу та розвиває дослідниці компетентності учнів.

Педагогічну цінність та навчальну ефективність експериментального методу забезпечує його відтворюваність, що є невід’ємною рисою науково-дослідної роботу у системі шкільної освіти [1; 17]. Можливість повторити експеримент у різних класах, різними групами учнів, з використанням шкільного обладнання є важливим аспектом формування наукового світогляду та дослідницьких здібностей школярів. Саме вимога відтворюваності

стимулювала розробку стандартизованих протоколів лабораторних і практичних робіт, які детально описують умови та порядок проведення шкільних експериментів – це стало підґрунтям формування єдиних методичних підходів та стандартів у біологічній освіті [19; 23].

Об’єктивність експериментального методу в науково-дослідній роботі досягається через розвиток в учнів навичок точного вимірювання, аналізу даних, а також закладає основу навичок статистичної обробки результатів [16]. Разом з тим, зниження суб’єктивності оцінки результатів експерименту є умовою для формування в школярів критичного мислення та наукового підходу до аналізу явищ природи [32]. Це особливо важливо у вивченні біології, де досліджувані живі об’єкти та біотичні системи часто характеризуються високою варіабельністю та індивідуальною мінливістю.

Валідність експериментального методу при науково-дослідній діяльності визначається відповідністю обраної методики навчальним цілям та віковим особливостям учнів [30; 36]. Правильний вибір методики, контрольних зразків, врахуванням можливих помилок та різних зовнішніх впливів – сукупність усіх цих факторів забезпечує педагогічна валідність при науково-дослідній

роботі [25]. Освітня валідність, характеризуючись можливістю застосування отриманих знань у повсякденному житті та подальшому навчанні, досягається через підбір доступних і зрозумілих для учнів експериментів, лабораторних та практичних робіт [33]. Невід’ємною складовою є також встановлення міжпредметних зв’язків.

Впровадження експериментальних методів у шкільну біологію історично відбувалося поступово. Перші експериментальні роботи були введені в шкільний курс фізіології та анатомії, пізніше експериментальний підхід поширився на вивчення інших біологічних напрямків – ботаніки, зоології та загальної біології [11; 28]. Розробки видатних педагогів у галузі методики викладання біології сприяли перетворенню шкільної біології з переважно описового предмета на дисципліну з розвиненим науково-

дослідницьким компонентом та експериментальним підходом до навчання [25].

У системі сучасної шкільної освіти експериментальний метод відіграє багатоаспектну роль, адже він є не лише способом ілюстрації теоретичного матеріалу, але й інструментом розвитку пізнавального інтересу, засобом формування дослідницьких компетенцій, а також джерелом мотивації до вивчення природничих наук [22; 32]. Значення експериментального методу особливо зростає в епоху STEM-освіти, коли виникає потреба в інтеграції та взаємодоповненні природничих і технічних дисциплін [30]. Експериментальні дослідження як складова науково-дослідної роботи становить важливе підгрунття для розвитку критичного та логічного мислення, навичок командної роботи та проєктної діяльності, а також творчого підходу [16] – усе це підкреслює не лише навчальне, але й виховне значення експериментального методу в науково-дослідній діяльності та у системі шкільної біологічній освіті в цілому.

1.2. Класифікація та типологія біологічних експериментів: лабораторні, польові та природні

Біологічні експерименти мають велику кількість форм і методів проведення, що вимагає їх належної систематизації та класифікації [1; 6]. Ключовим аспектом класифікації є умови та місце проведення дослідження, за якими виділяють лабораторні, польові та експерименти у природі [32]. Кожен із цих типів експериментів має свої специфічні риси, переваги та обмеження.

Лабораторні дослідження проводяться у спеціально підготовлених приміщеннях – лабораторіях, де умови ретельно контролюються. Вони дозволяють здійснювати точний моніторинг зовнішніх факторів, що впливають на результат, завдяки високій стандартизації проведення експерименту [6; 33]. Такі експерименти часто використовуються для детального вивчення певних явищ, ізоляції їх від впливу факторів навколишнього середовища. Однак, їх обмеженням є те, що отримані

результати можуть не завжди відображати реальні умови життя організмів та біотичних систем [33].

Сучасні лабораторні методи охоплюють різноманітні дослідження – від молекулярних механізмів до фізіологічних процесів на рівні цілісних організмів, та навіть дозволяють моделювати екосистемні процеси. Для цього активно використовуються модельні організми, такі як дрозофіла, миші чи мікроорганізми [1; 25]. Використання модельних об’єктів дозволяє вивчати базові біологічні процеси та екстраполювати їх на складніші системи, однак така екстраполяція потребує додаткової перевірки та верифікації, оскільки видоспецифічні характеристики можуть змінювати параметри результатів [11].

Польові експерименти є важливим напрямом науково-дослідної роботи, де експериментальне середовище максимально наближене до природного. Це дозволяє досліджувати організми чи інші об’єкти в умовах, що найбільше відповідають їх звичному існуванню, тим самим підвищуючи валідність результатів [37]. Такі експерименти є важливими в галузях екології, агробіології та популяційної генетики. Однак повний контроль над усіма змінними в таких дослідженнях неможливий, що вимагає спеціальних статистичних методів для аналізу результатів [25].

Натурні експерименти, на відміну від інших, не передбачають активного втручання дослідника і полягають у вивченні процесів, що відбуваються без його безпосереднього впливу [1;18]. Ці дослідження дозволяють спостерігати природні зміни, наприклад, після природних чи антропогенних катастроф або кліматичних змін. Важливість такого різновиду експериментів полягає в тому, що вони дозволяють вивчати явища в їх природному стані, хоча інтерпретація результатів може бути складною через відсутність можливості контролювати весь комплекс екологічних факторів [1; 34].

Крім того, біологічні експерименти класифікуються за іншими критеріями: мета дослідження, тривалість та структура експерименту [1]. За цією ознакою можна виділити короткочасні, довготривалі та миттєві

експерименти. За метою вони можуть бути пошуковими, підтверджуючими чи критичними – залежно від того, чи спрямовані вони на відкриття нових явищ, перевірку наукових припущень та гіпотез або обгрунтування теорій [30]. Також існують однофакторні, багатофакторні та комплексні дослідження, що дозволяють оцінювати вплив одного або кількох факторів на досліджувані об’єкти чи процеси [18].

Існує також поділ за рівнем організації об’єкта дослідження. Можна класифікувати на молекулярні, клітинні, тканинні, організмові, популяційні та екосистемні дослідження, кожен із яких вимагає специфічних методів та інструментів. Важливою частиною науково-дослідної роботи у сучасній біології є інтеграція різних типів експериментів на різних рівнях організації об’єкта дослідження, що дозволяє отримати комплексне уявлення про досліджуване явище [7; 13]. До прикладу, лабораторні дослідження можуть виявляти механізми на молекулярному рівні, а польові експерименти підтверджують їх важливість на рівні популяцій чи екосистем. Такий багаторівневий підхід є важливим для повного розуміння складних біологічних процесів.

1.3. Сучасні інструментальні методи та технології в експериментальній біології

Експериментальна складова науково-дослідної роботи з біології в шкільній освіті відіграє ключову роль у формуванні дослідницьких навичок у учнів, сприяючи розвитку їх здатності до аналізу, критичного мислення та самостійної роботи [8; 17; 31]. У сучасних умовах біологічні дослідження набули нових можливостей завдяки розвитку технологій, які стали доступними навіть у шкільних лабораторіях [8; 34]. Ці технології дозволяють учням виконувати експерименти та аналізувати дані на молекулярному, клітинному та організмовому рівнях, що суттєво розширює їх можливості для досліджень та поглибленого розуміння біологічних процесів.

Молекулярно-генетичні методи є важливою складовою частиною біологічних досліджень в школі [26]. Їх використання дозволяє учням працювати з ДНК, РНК та білками, що відкриває нові можливості для вивчення структури та функцій живих організмів на молекулярному рівні. Одним із основних методів є технологія секвенування нового покоління (NGS), яка дає змогу швидко і доступно визначити послідовності нуклеотидів у геномах різних організмів [26; 32]. Навіть у шкільних умовах можна демонструвати основи цього методу, використовувати спрощені інтерактивні моделі і забезпечувати учнів знаннями про генетичні процеси, що мають важливе значення для розвитку біотехнологій [30; 32]. Це дозволяє учням на практиці ознайомитися з революційними досягненнями в молекулярній біології.

Секвенування геномів і транскриптомів стало рутинним процесом у багатьох наукових лабораторіях, і навіть у шкільних дослідженнях можна вивчати основи генетичних аналізів, використовуючи спрощені технології [34]. Учні можуть працювати з доступними базами даних і використовувати модельні організми, такі як Drosophila melanogaster чи Arabidopsis, що дозволяє їм зрозуміти важливість генетичних досліджень і значення генетичної різноманітності [27]. Системи CRISPR-Cas9 стали одними з найбільших досягнень в молекулярній біології, відкриваючи можливості для точного редагування геному. Це не лише революціонізувало генетичну інженерію, але й дозволяє навчати учнів основам генної маніпуляції. У шкільних умовах можна показати за допомогою віртуальних інтерактивних інструментів, як ця технологія використовується для створення трансгенних організмів або для вивчення функцій генів, що є важливим для глибшого розуміння біотехнологій і генної інженерії [26].

Візуалізаційні технології, такі як конфокальна мікроскопія, дозволяють учням спостерігати за живими клітинами та тканинами з високою роздільною здатністю [30]. Це дозволяє досліджувати структуру клітин і їх компоненти, що є важливим елементом для розвитку навичок спостереження в біологічних

дослідженнях. Сучасні методи двопроменевої та багатопроменевої мікроскопії допомагають вивчати тканини в живих організмах, зменшуючи фототоксичність і покращуючи точність візуалізації [19; 34]. Флуоресцентна і біолюмінесцентна візуалізація дозволяє проводити дослідження без порушення цілісності організму, що дуже важливо для шкільних експериментів [17]. Ці методи дозволяють спостерігати за біологічними процесами в реальному часі, що є корисним для розвитку навичок аналізу у учнів. Існування віртуальних інтерактивних лабораторій дозволяє проводити такі спостереження та експерименти без наявності відповідного обладнання в школі.

Важливим також є доступ до інформаційних технологій, оскільки біоінформатичні методи допомагають обробляти великі обсяги даних, що генеруються під час досліджень [2; 34]. Учні можуть використовувати програмне забезпечення для аналізу послідовностей ДНК, філогенетичного аналізу, а також для моделювання структури білків – це дозволяє зрозуміти, як сучасна наука використовує комп’ютери для розв’язання складних біологічних проблем [2].

Штучний інтелект та методи машинного навчання стають важливими інструментами для науково-дослідної роботи, експериментів та аналізу біологічних даних [2]. Використання нейронних мереж і алгоритмів глибокого навчання у науково-дослідній роботі дозволяє знаходити приховані закономірності в біологічних даних, що є важливим для розвитку навичок аналізу та розуміння функціонування складних біологічних систем [4; 13].

Інтеграція всіх цих технологій у шкільний процес дозволяє створити комплексний підхід до вивчення біології, який охоплює молекулярний, клітинний, біохімічний та інформаційно-аналітичний рівні. Така міждисциплінарність сприяє розвитку у школярів більш глибокого розуміння біологічних явищ, а також допомагає їм сформувати навички наукового дослідження, що є важливими для їх подальшого розвитку в галузі науки.

РОЗДІЛ ІІ. ОРГАНІЗАЦІЯ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ БІОЛОГІЧНИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ НА УРОКАХ У ШКОЛІ

2.1. Психолого-педагогічні основи використання експериментальної діяльності в науково-дослідній роботі у школі

Експериментальна діяльність у шкільному курсі біології становить важливий інструмент пізнання, який активізує когнітивні процеси учнів та формує глибоке розуміння природних явищ і процесів [19]. Ефективність використання експериментів у навчальному процесі значною мірою зумовлюється врахуванням психолого-педагогічних особливостей сприйняття та засвоєння інформації школярами різних вікових категорій [10]. Психологічні дослідження Виготського Л.С., Піаже Ж., Ельконіна Д.Б. та інших науковців-педагогів доводять, що експериментальна діяльність активізує всі канали сприйняття інформації – візуальний, аудіальний та кінестетичний. Це значно підвищує ефективність засвоєння навчального матеріалу та сприяє формуванню стійких знань і практичних навичок.

Відповідно до вікових особливостей сприйняття, учні молодшого шкільного віку (5-7 класи) характеризуються переважанням наочно-образного мислення, високою пізнавальною активністю та допитливістю [11; 32]. Для школярів цієї вікової категорії особливо ефективними та пізнавальними є експерименти, що демонструють яскраві, динамічні процеси з чітко видимим та зрозумілим результатом. У цьому віці доцільно організовувати короткотривалі експерименти з чіткою та простою інструкцією, експерименти повинні здійснюватися під безпосереднім керівництвом вчителя [23]. Варто зауважити, що школярі цієї вікової категорії часто демонструють підвищену емоційність та вразливість, тому особливо важливо формувати навички безпечного проведення експериментальних досліджень та відповідального ставлення до живих об’єктів [32].

У старшому шкільному віці (8-9 класи) відбувається поступовий перехід до абстрактно-логічного мислення, формується здатність до самостійного аналізу та синтезу інформації [29]. На цьому етапі експериментальна науково-

дослідна діяльність може набувати більш складного характеру, включати елементи самостійного планування та проведення експерименту [1; 34]. Психологічно важливим є підтримка успішного результату експериментальної діяльності, оскільки саме в цьому віці формується самооцінка учня, його впевненість у власних силах та здібностях [11]. Негативний досвід може призвести до формування психологічних бар'єрів та негативних установок щодо експериментального пізнання у науково-дослідній діяльності в майбутньому.

Для учнів старшої школи (10-11 класи) характерним є сформоване абстрактно-логічне мислення, здатність до критичного аналізу та осмислення причинно-наслідкових зв'язків [27; 29]. Експериментальна діяльність на цьому етапі може мати дослідницький характер, включати елементи моделювання біологічних процесів, а також статистичну обробку результатів, формулювання та перевірку наукових гіпотез [27]. Психологічно важливим аспектом є створення сприятливих умов для реалізації творчого потенціалу школярів із врахуванням їх професійних інтересів, нахилів та здібностей [9].

З точки зору педагогічної психології, експериментальна діяльність у шкільному курсі біології дозволяє ефективно реалізувати принцип єдності теорії та практики, забезпечуючи перехід від абстрактних знань до їх конкретного втілення та спостереження [15]. Дослідження Павлова І.П., Сєченова І.М. щодо рефлекторної діяльності мозку підтверджують те, що активна практична діяльність сприяє формуванню стійких нейронних зв'язків – це забезпечує довготривале запам'ятовування матеріалу та здатність до його творчого осмислення та практичного застосування [15].

Експериментальна діяльність також відіграє ключову роль у формуванні пізнавальної мотивації учнів. Відповідно до теорії самодетермінації Дісі Е. і Райана Р., внутрішня мотивація до навчання формується за умови задоволення базових психологічних потреб особистості [22]. Експериментальна діяльність, особливо за умови надання учням певної свободи вибору об'єктів та методів дослідження, ефективно задовольняє ці потреби, сприяючи внутрішній

мотивації до вивчення біології, інших природничих дисциплін та до науково-дослідницької діяльності в цілому.

Варто підкреслити, що експериментальна діяльність є потужним засобом формування метакогнітивних навичок – здатності аналізувати власні когнітивні процеси, планувати діяльність, контролювати її виконання та оцінювати результат [22; 25]. Дослідження Флейвелла Дж. (John Flavell) та Брауна Р. (Richard Brown) підтверджують, що розвиток метакогнітивних навичок сприяє підвищенню ефективності навчання та формуванню здатності до

самонавчання [13]. У контексті експериментальної науково-дослідної діяльності з біології школярі навчаються планувати експеримент, прогнозувати його результати, контролювати хід виконання, аналізувати отримані дані та оцінювати їх відповідність запропонованим гіпотезам [25].

З позицій теорії множинного інтелекту Говарда Гарднера (Howard Gardner, "Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences" 1983), експериментальна діяльність у шкільному курсі біології дозволяє задіяти різні типи інтелекту учнів – натуралістичний (при роботі з природними об’єктами), логіко-математичний (при плануванні експерименту та обробці результатів), просторовий (при моделюванні біологічних структур), кінестетичний (при виконанні практичних дій), вербально-лінгвістичний (при формулюванні висновків та їх презентації), міжособистісний (при груповій роботі) та внутрішньоособистісний (при рефлексії власної діяльності) [11].

Отже, основи психолого-педагогічного підходу до використання експериментальної складової науково-дослідної діяльності у шкільному курсі біології ґрунтуються на врахуванні вікових особливостей учнів, закономірностей розвитку мотивації, метакогнітивних навичок і теорії множинного інтелекту. Для ефективної організації експериментальної діяльності важливо створити психологічно комфортне середовище, застосовувати диференційований підхід та забезпечити позитивний емоційний

клімат, що сприятиме активізації пізнавальних процесів і розвитку сталого інтересу до біології.

2.2. Методичні підходи до організації біологічних експериментів у школі

Проведення біологічних експериментів як складової науково-дослідної діяльності у школах потребує системності, яка враховує особливості навчального предмета, вікові характеристики учнів, технічні ресурси навчальних закладів і вимоги чинних освітніх стандартів [6; 11]. На сьогодні можна виокремити низку методичних підходів до організації експериментальної діяльності, кожен із яких має власні переваги та специфічні особливості.

Дидактичний принцип класифікації шкільних біологічних експериментів допомагає структурувати навчально-експериментальну діяльність відповідно до освітніх цілей [13]. За цим підходом експерименти поділяються на ілюстративні, дослідницькі та проблемні [25]. Ілюстративні експерименти використовуються для підтвердження та демонстрацію раніше засвоєних теоретичних знань, формують базу емпіричних фактів та сприяють більш якісному засвоєнню навчального матеріалу. Дослідницькі експерименти передбачають активну участь учнів у відкритті нових знань, формують практичні навички та розвивають уміння застосовувати теоретичні знання у тих чи інших практичних ситуаціях. Проблемні експерименти створюють спеціальні пізнавальні труднощі та дилеми, що заохочують учнів до критичного мислення, аналізу та пошуку шляхів розв’язання протиріч, їх агрументацію та пояснення [25; 33].

Організаційно-методичний підхід визначає наступні форми реалізації експериментальної діяльності: демонстрації, лабораторні й практичні роботи, домашні експерименти та експериментальні задачі [26]. Демонстраційні експерименти проводить учитель, щоб ознайомити учнів з методами науково-дослідної роботи. Такі експерименти потребують ретельної підготовки, чіткого планування і організації спостережень, забезпечення видимості та безпечності [28; 3026].

Лабораторні роботи проводяться учнями індивідуально або групами під наглядом педагога, вони сприяють набуттю учнями практичних навичок роботи з лабораторним обладнанням, формують спостережливість, здатність до аналізу та інтерпретації результатів [15]. Важливо, щоб були надані зрозумілі покрокові інструкції, доступність матеріалів, а також контроль безпеки.

Практичні роботи є складнішими та більш тривалими за лабораторні. Вони включають не лише виконання експерименту, а й глибокий аналіз результатів та підготовку аргументованих висновків. Організація такого роду робіт вимагає попередньої теоретичної підготовки учнів, методичної підтримки та консультацій педагога на кожному етапі [23].

Іншим видом науково-дослідного пізнання є домашні експерименти. Саме домашні експерименти дозволяють розширити дослідницьку діяльність за межі школи, формуючи у школярів самостійність, відповідальність та ініціативність [5]. Методично необхідно забезпечити доступність завдань, їх безпечність, зрозумілість критеріїв оцінювання.

Ще одним видом експериментальної науково-дослідної роботи є експериментальні задачі. Експериментальні задачі передбачають практичне вирішення певних питань і стимулюють розвиток творчості, здатності до практичного застосування теоретичних знань, аналізу і правильного трактування експериментальних даних [9; 25].

При реалізації експериментальної складової освітнього процесу ключовими є інтеграційний, технологічний, особистісно орієнтований та компетентнісний підходи. Інтеграційний підхід наголошує на здійсненні міжпредметної інтеграції, що дозволяє учням вивчати біологічні явища з різних наукових точок зору [19]. Такі інтегровані експерименти охоплюють знання з біології, фізики, хімії, екології, математики тощо, формуючи системний погляд на природу та комплексні підходи до вирішення наукових завдань [3; 7].

Технологічний підхід передбачає активне застосування сучасних освітніх технологій, зокрема інформаційних, ігрових, проектних тощо. Використання цифрових лабораторій, комп'ютерних моделей, віртуальних лабораторних комплексів значно розширює можливості проведення експериментів, візуалізує складні процеси, автоматизує збір даних і їх обробку [7; 25]. Реалізація таких експериментів потребує належного технічного забезпечення та відповідної підготовки педагогів і учнів [25].

Особистісно орієнтований підхід враховує індивідуальні особливості школярів, їхні інтереси та потреби [7; 22]. Такий персоналізований підхід передбачає диференціацію завдань за складністю, вибір тематики і методів учнями, створення умов для успішного виконання завдань кожним школярем [6]. Важливе створення позитивного психологічного середовища, що підтримує творчість, активність, самостійність і відповідальність учнів.

Компетентнісний підхід спрямований на формування ключових та предметних компетентностей, умов для практичного застосування знань, критичного та аналітичного мислення, розвитку навичок науково-дослідної діяльності, а також комунікації [22]. В організації таких експериментів важливе застосування активних та інтерактивних методик навчання, створення навчальних ситуацій, що стимулюють як самостійну роботу, так і командну роботу та ініціативу [25].

Виховний аспект акцентує увагу на формуванні екологічної освіченості та культури, установок, відповідального ставлення до живих організмів, навколишнього середовища та власного здоров'я [33]. Експерименти що стосуються дослідження екологічних проблем, факторів впливу на організми та екосистеми, сприяють формуванню ціннісних орієнтацій та екологічної свідомості [5; 22]. Методично важливо забезпечити психоемоційне сприйняття матеріалу, умови для рефлексії та самооцінювання [17].

Таким чином, методичні підходи до організації біологічних експериментів як складової науково-дослідної роботи характеризуються різноманітністю та взаємодоповнюваністю. Вибір конкретного підходу

зумовлюється метою та завданнями навчання, специфікою навчального матеріалу, віковими особливостями учнів, матеріально-технічними можливостями навчального закладу. Ефективна організація експериментальної діяльності потребує комплексного підходу, що інтегрує різні методичні підходи відповідно до конкретних освітніх цілей та науково-дослідних завдань.

2.3. Практичні аспекти проведення біологічних експериментів у різних класах

Організація та проведення біологічних експериментів на різних етапах шкільної освіти має певні особливості, які визначаються змістом навчальної програми, віковими характеристиками учнів та рівнем розвитку їхніх навичок проведення експериментів. Розглянемо детальніше практичні аспекти експериментальної роботи на кожному етапі навчання.

У 6 класі, де основна увага приділяється ботаніці, експерименти орієнтовані на вивчення структури, функціонування та екології рослин [10; 13; 23]. Ці експерименти мають бути простими для виконання, наочними і такими, що швидко дають результати, відповідно до когнітивних можливостей учнів цього віку [7]. Велике значення мають експерименти з вирощування рослин за різних умов, що дозволяє чітко демонструвати вплив середовища на ріст і розвиток рослин [11; 25]. Наприклад, пророщування насіння квасолі у темряві та на світлі ілюструє процес етіоляції та роль світла у фотосинтезі, а також допомагає зрозуміти ростові рухи рослин. Щоб такі експерименти були успішними, важливо враховувати сезонні особливості і тривалість періоду розвитку рослин. Бажано завчасно розпочинати подібні експерименти, щоб до моменту вивчення теми учні могли спостерігати усі стадії розвитку рослинного організму [25]. Також необхідно враховувати можливість отримання несподіваних результатів (наприклад, непроростання насіння або загибель проростків) та мати запасні демонстраційні матеріали.

Проведення мікроскопічних досліджень у 6 класі вимагає особливої уваги до формування навичок роботи з мікроскопом і виготовлення

мікропрепаратів [10; 30]. Починати бажано з найпростіших об’єктів, таких як готові мікропрепарати або клітини епідермісу листка, поступово переходячи до складніших завдань. Кожному учню потрібно забезпечити чітку інструкцію з описом етапів роботи та техніки безпеки, а також критеріїв оцінювання.

У 7 класі, під час вивчення зоології, експериментальна робота має певні обмеження, пов’язані з етичними нормами щодо використання тварин [7]. Однак це компенсується можливістю проводити спостереження за поведінкою тварин, вивчати їхні сліди життєдіяльності, аналізувати пристосування до середовища [10]. Наприклад, вивчення реакцій дощових черв’яків на світло, вологість та різні типи ґрунтів дозволяє безпечно дослідити їх поведінку і адаптації. Особливе значення мають експерименти щодо ролі тварин у природних екосистемах, наприклад, впливу ґрунтових організмів на структуру ґрунту чи розкладання органічних решток [16]. Такі завдання формують розуміння взаємозв’язків у природі та екологічну свідомість учнів.

У 8 класі, де акцент робиться на вивченні людського організму, експериментальна діяльність має особливу важливість, оскільки вона дозволяє учням глибше зрозуміти функції власного тіла і формує здоров’язберігаючі навички [11; 16]. Особливо корисні експерименти щодо фізіологічних процесів: вимірювання пульсу, артеріального тиску, вплив фізичних навантажень на частоту дихання, визначення життєвої ємності легень, дослідження сенсорних функцій (смак, слух, зір). Проводячи такі досліди, потрібно враховувати індивідуальні особливості учнів, зокрема хронічні захворювання або алергії, і забезпечувати конфіденційність отриманих результатів [16]. Особливу увагу варто приділити експериментам з моделювання впливу шкідливих факторів (алкоголю, нікотину, наркотиків, забрудненого повітря) на організм за допомогою моделей та інтерактивного навчання [25].

У 9 класі, при вивченні загальної біології, експерименти спрямовані на формування розуміння різноманітності життя, механізмів спадковості і мінливості, еволюційних процесів [11]. Велике значення мають експерименти

зі схрещування рослин, дослідження модифікаційної мінливості, моделювання природного добору. Важливо враховувати тривалість таких експериментів та можливість непередбачуваних результатів, а також забезпечити альтернативні варіанти демонстрації, наприклад, з використанням інтерактивних моделей [16; 25].

У старших класах (10-11), де біологія вивчається поглиблено, експериментальна робота набуває дослідницького характеру. Учні вже самостійно планують дослідження, формулюють гіпотези, обирають методи і аналізують результати [11; 32]. Особливо цінними є комплексні дослідження екологічного стану довкілля, моніторинг біорізноманіття, вплив антропогенних факторів [34]. Забезпечення необхідними матеріалами, обладнанням та консультаціями вчителя стає важливим елементом організації таких досліджень.

Загалом важливим аспектом проведення біологічних експериментів є забезпечення послідовності формування навичок експериментування: кожен етап навчання повинен розвивати вже набуті навички та поступово розширювати спектр методів і самостійність учнів [7; 11; 19]. Особливу увагу слід приділити культурі експериментування, що базується на безпеці, акуратності, точності і етичності, формуючи відповідні навички та цінності у школярів.

Таким чином, враховуючи особливості змісту навчальної програми, вікові особливості учнів та рівень їхніх когнітивних та експериментальних навичок, можна ефективно організувати науково-дослідну діяльність, що сприятиме розвитку дослідницьких умінь, критичного мислення та екологічної свідомості.

2.4. Матеріально-технічне забезпечення біологічних експериментів при науково-дослідній роботі

Ефективна реалізації науково-дослідної роботи та проведення біологічних експериментів у закладах загальної середньої освіти суттєво

залежить від стану матеріально-технічної бази, до якої входять спеціалізовані приміщення, необхідне обладнання, реактиви, біологічні матеріали, а також навчально-методичні ресурси [23; 25]. Системний підхід до організації цієї бази створює оптимальні умови для розвитку дослідницьких компетентностей школярів та забезпечує високу якість освітнього процесу.

Ключову роль у матеріально-технічному забезпеченні відіграє біологічний кабінет, який має відповідати сучасним вимогам освітньої інфраструктури [17; 20]. Відповідно до нормативних документів, кабінет біології має включати лабораторну зону, що забезпечує проведення практичних та лабораторних занять, а також учнівських досліджень [21]. Організація простору кабінету повинна дозволяти різні форми роботи: фронтальну, групову та індивідуальну. Кабінет необхідно обладнати робочими місцями з доступом до води та електроенергії, місцями зберігання реактивів та обладнання, а також стендами для демонстраційних матеріалів [21; 23].

Основне обладнання біологічного кабінету включає мікроскопи, лупи, гербарії, моделі, колекції, лабораторний посуд, вимірювальні пристрої та реактиви [7; 36]. Для проведення більш складних досліджень потрібне спеціалізоване лабораторне устаткування, таке як цифрові лабораторії, центрифуги, стерилізатори, термостати, інкубатори та інші сучасні пристрої, що дозволяють проводити експерименти на більш науковому рівні [27].

Розвиток експериментальної діяльності у шкільній біології є важливим аспектом сучасної педагогіки [3; 20]. Педагогічні та психологічні дослідження підтверджують, що активна участь учнів у практичних експериментах забезпечує краще засвоєння знань, розвиток дослідницьких навичок та посилення пізнавального інтересу [11; 19]. Л.С. Виготський наголошував на значущості предметно-практичної діяльності для розвитку інтелекту та когнітивних навичок школярів, в той час як Ж. Піаже сформулював принципи конструктивізму, згідно з якими знання формуються через активну взаємодію з навколишнім середовищем [19].

Забезпечення якісного освітнього процесу потребує відповідного матеріально-технічного оснащення, яке відповідає сучасним вимогам педагогічної науки та нормативам Міністерства освіти і науки України [20; 23]. Проблема посилюється суперечністю між зростаючими міжнародними та національними стандартами якості біологічної освіти та реальним рівнем оснащення шкільних кабінетів біології [21]. Особливо актуальним це питання стає в умовах реформування освіти та впровадження Концепції Нової української школи, яка акцентує на важливості дослідницької компоненти навчального процесу [19].

Нормативно-правовою основою цього процесу є такі документи, як Положення про навчальні кабінети загальноосвітніх навчальних закладів (Наказ МОН України № 601 від 20.07.2004 р.), Типовий перелік засобів навчання та обладнання (Наказ МОН України №704 від 22.06.2016 р.) [12; 21; 24]. Аналіз цих документів дозволяє визначити мінімальний набір обладнання, необхідного для проведення експериментальної роботи відповідно до навчальних програм.

Моніторинг стану шкільних кабінетів біології у 2021-2022 роках показав недостатній рівень оснащення: лише 23,5% педагогів оцінили його як високий, тоді як 33,7% зазначили низький рівень [6]. Основними недоліками є застарілість обладнання, відсутність сучасних цифрових пристроїв та обмежений доступ до цифрових ресурсів – такі результати підтверджують необхідність модернізації матеріально-технічної бази [24].

Інноваційні технології, такі як цифровізація експериментів та використання віртуальних лабораторій, суттєво розширюють освітні можливості [4]. Цифрові датчики і програмні засоби для обробки даних дозволяють автоматизувати процеси вимірювання та значно підвищити точність досліджень. Віртуальні лабораторії є ефективним рішенням для оптимізації витрат та ресурсів в умовах фінансових обмежень [21; 24].

Отриманий аналіз інформаційних джерел вказує на необхідність впровадження державних програм фінансування сучасного обладнання, а

також міжшкільної кооперації для ефективного використання дорогих ресурсів. Оновлення нормативно-правової бази та створення національної бази цифрових ресурсів стане ключовим кроком для підвищення якості біологічної освіти та формування дослідницьких компетентностей учнів в ході науково-дослідної роботи з біології.

РОЗДІЛ ІІІ. ОРГАНІЗАЦІЯ ТА ВТІЛЕННЯ АВТОРСЬКОГО ПІДХОДУ ЩОДО ЕКСПЕРИМЕНТІВ У НАУКОВО-ДОСЛІДНІЙ РОБОТІ УЧНІВ

3.1. Пропозиції авторського підходу до організації навчання через експериментальну роботу

Практична реалізація авторського підходу до організації експериментальної діяльності учнів передбачає розробку конкретних методичних рішень, адаптованих до вікових особливостей та рівня підготовки школярів. Запропонована система експериментів охоплює різні біологічні процеси та явища, поступово ускладнюючись від простих спостережень у 6 класі до комплексних міждисциплінарних досліджень у старшій школі. Кожен експеримент розроблено з урахуванням специфічних навчальних цілей та завдань розвитку дослідницьких компетентностей відповідної вікової групи. Конспекти уроків для подано у додатки.

Експеримент для науково-дослідної роботи учнів 7 класу з дослідження впливу різних умов поливу на ріст рослин становить основу для формування первинних дослідницьких навичок. Методологічна цінність даного експерименту полягає не лише у вивченні конкретних біологічних закономірностей, але також у систематичному розвитку навичок наукового спостереження – це є особливо важливим для подальшого успішного засвоєння природничих дисциплін. Учні 7 класу відзначаються високою допитливістю та готовністю до активної діяльності, водночас їм ще бракує системності у підході до вивчення світу живого та явищ природи. Саме тому експеримент з вивчення процесів росту у рослин підходить для формування основ наукової методології через знайомі та доступні об’єкти дослідження. Конспект уроку подано у додатку А.

Педагогічною особливістю організації цього експерименту є створення умов для максимальної самостійності учнів при збереженні необхідного педагогічного супроводу. Учні самостійно обирають насіння бобових культур, готують однакові ємності для посадки та встановлюють режими поливу відповідно до експериментального плану. Використання трьох різних об’ємів

води (50 мл, 100 мл і 150 мл) для поливу дозволяє учням зрозуміти принцип контрольованого експерименту. Пропонується також ведення щоденника спостережень, що стає не лише формальною вимогою, але необхідним інструментом для фіксації змін та подальшого аналізу результатів.

Методична особливість представленого уроку полягає у поєднанні кількісних та якісних методів спостереження. Учні не лише вимірюють висоту рослин та підраховують кількість листків, а й описують колір, форму, загальний стан рослин, що розвиває спостережливість щодо біологічних явищ. Такий підхід сприяє формуванню цілісного уявлення про рослину як живий організм, що реагує на зміни умов існування. Важливим педагогічним прийомом є організація періодичних обговорень результатів, під час яких учні обмінюютсья результатами, порівнюють свої спостереження, висувають припущення щодо причин відмінностей у рості рослин у різних учнів та корегують свої гіпотези відповідно до отриманих даних.

Для учнів 8 класу розроблено експеримент з вивчення процесів дихання в дихальній системі людини, який становить ключовий етап у формуванні розуміння механізмів життєдіяльності організму. Восьмикласники мають достатню теоретичну базу щодо будови дихальної системи, властивостей легеневих альвеол та основних життєвих процесів, що дозволяє перейти до безпосереднього дослідження дихальних процесів у людському організмі. Методологічна особливість експерименту полягає у поєднанні практичних вимірювань дихальних показників із розумінням анатомо-фізіологічних особливостей дихання, що формує цілісне уявлення про взаємозв'язок структури і функції дихальної системи людини. Конспект експериментального уроку подано у додатку В.

Педагогічна особливість організації полягає у поєднанні індивідуальної роботи з дихальним обладнанням та колективного обговорення результатів. Учні самостійно проводять вимірювання дихальних показників, фіксують дані про частоту та глибину дихання, але регулярно обмінюються результатами та порівнюють свої показники з однокласниками.

Особлива увага приділяється формуванню навичок наукового дослідження та опису фізіологічних процесів. Восьмикласники навчаються розрізняти нормальний ритм дихання, зміни при фізичному навантаженні та у стані спокою, а також етапи відновлення дихання після навантаження. Учні ведуть детальні записи спостережень, виконують графіки дихальних показників з позначенням фаз вдиху та видиху і описують зміни у роботі діафрагми, міжреберних м'язів та об'ємі грудної клітки.

Методологічно важливим є навчання учнів пояснювати спостережувані явища на основі знань про газообмін та властивості дихальних шляхів. Перед проведенням експерименту учні висувають гіпотези про очікувані зміни дихальних показників при різних умовах, а після завершення досліджень аналізують відповідність результатів своїм прогнозам. Це формує навички наукового прогнозування та критичного аналізу експериментальних даних. До того ж, експеримент демонструє важливі міждисциплінарні зв'язки, залучаючи знання з фізики (тиск, об'єм газів, дифузія) та хімії (склад повітря, кисень, вуглекислий газ). Учні навчаються пояснювати дихальні процеси з точки зору фізико-хімічних закономірностей, що формує наукове світорозуміння та розуміння єдності природничих наук.

Учні навчаються дотримуватися правил роботи з вимірювальним обладнанням, проводити точні виміри дихальних об'ємів та документувати результати досліджень у вигляді графіків та таблиць. Особлива увага приділяється точності у визначенні часових інтервалів дихальних циклів та кількісної оцінки дихальних показників. Аналіз факторів, які можуть впливати на швидкість та характер дихання (фізичне навантаження, емоційний стан, температура навколишнього середовища), формує розуміння складності фізіологічних процесів та необхідності контролю експериментальних умов. Це підготовляє учнів до проведення більш складних фізіологічних та медичних досліджень у старших класах.

Для учнів 9 класу запропоновано два взаємопов’язані експерименти, що відображають складніші екологічні процеси та вимагають інтеграції знань з

інших предметів. Один із експериментів присвячений визначенню pH води та його впливу на водні організми, має виражений міждисциплінарний характер, поєднуючи знання з біології, хімії та екології. Дев'ятикласники вже володіють достатніми знаннями про хімічні процеси та екологічні взаємозв'язки – це дозволяє організувати більш складні дослідження з елементами аналітичної хімії та екологічного моніторингу.

Методологічна особливість цього експерименту полягає у комплексному підході до вивчення водного середовища як екосистеми. Учні не лише визначають pH різних водних зразків (дистильована вода, водопровідна вода, вода з природних водойм, зразки із різним рівнем кислотності), але також досліджують яким чином ці хімічні параметри впливають на життєдіяльність організмів. Використання різних методів вимірювання pH (індикаторний папір та pH-метр) дозволяє учням порівняти точність різних методів та зрозуміти важливість вибору відповідного способу вимірювання рівня кислотності для конкретного дослідження.

Авторська методика передбачає створення штучних водних екосистем з контрольованими параметрами pH та спостереження за поведінкою водних організмів (зокрема дафній, інфузорій) у цих умовах. Учні навчаються встановлювати кореляційні зв'язки між хімічними параметрами середовища та біологічними показниками, що формує розуміння складності екологічних взаємодій. Особливо цінним є аналіз реальних екологічних проблем, коли учні досліджують вплив кислотних дощів на водні екосистеми або наслідки забруднення водойм промисловими стоками.

Другий експеримент для 9 класу спрямований на вивчення впливу температури на активність тварин, розвиває розуміння фізіологічних адаптацій та терморегуляційних механізмів. Даний експеримент особливо важливий для формування уявлень про взаємозв'язок між структурою і функцією живих організмів, а також про механізми адаптації до змін навколишнього середовища. Методологічна цінність цього підходу полягає у поєднанні фізіологічних та поведінкових аспектів дослідження, що дозволяє

учням зрозуміти реакції живих організмів на температурний режим. Конспект експериментального уроку подано у додатку С.

Авторська методика передбачає використання безхребетних тварин (комах та ракоподібних), які піддаються впливу різних температурних режимів у контрольованих умовах. Учні спостерігають за змінами у швидкості пересування, реакції на подразники та інших поведінкових проявах активності. Важливим прийомом є використання кількісних показників для оцінки експерименту, зокрема активності (кількість рухів за хвилину, швидкість пересування, час реакції на подразник), що дозволяє створювати математичні моделі залежності активності від температури.

У цьому кейсі експеримент подається як послідовність температурних тестів, під час яких тварини поступово акліматизуються до нових умов. При цьому учні фіксують зміни у фізіологічних функціях та процесах, а також поведінці. Підхід передбачає обов’язкове дотримання етичних принципів роботи з тваринами, включаючи забезпечення відповідних умов утримання, а також повернення тварин у природу після завершення експерименту. Таким чином учні навчаються поєднувати наукові цілі з відповідальним ставленням до живих організмів.

Особливою методичною властивістю усіх запропонованих навчальних експериментів є використання технології портфоліо для документування процесу та результатів дослідження. Учні створюють портфоліо у паперовому або електронному вигляді. Ці портфоліо включають дані спостережень та експерименту, фотографії етапів дослідження, графіки, діаграми та інші наочні дані, записи та роздуми про власний дослідницький досвід. Портфоліо стає не лише інструментом оцінювання, а й засобом розвитку самоаналізу та критичного мислення.

Методична система оцінювання результатів експериментальної діяльності базується на критеріальному підході, що враховує не лише правильність отриманих результатів, а й якість процесу експериментального дослідження. Основними критеріями є: правильність планування

експерименту, точність виконання експерименту, систематичність спостережень, точність аналізу результатів, обґрунтованість висновків та якість презентації результатів. Окрема увага приділяється оцінюванню творчого підходу до дослідження, здатності учнів модифікувати експериментальні процедури та пропонувати альтернативні підходи до розв’язання дослідницьких завдань.

3.2. Оцінка ефективності інтерактивних технологій для формування дослідницької компетентності учнів

Сучасна біологічна освіта характеризується інтеграцією інтерактивних методів навчання. Ці підходи виступають ключовим фактором у становленні наукової компетентності учнів, охоплюючи як теоретичну підготовку, так і практичне оволодіння методами наукового пізнання [9; 10; 22]. Впровадження подібних методичних інструментів забезпечує цілісний розвиток пізнавальної, практичної, стимулюючої, аналітичної та комунікативної компонентів наукової грамотності школярів [22].

Першочергового значення набувають цифрові лабораторні середовища та імітаційні програми, що створюють можливості для вивчення біологічних феноменів і закономірностей в умовах, що максимально відтворюють природні процеси, залишаючись водночас контрольованими і доступними [3]. Використовуючи ці засоби, учні отримують змогу варіювати експериментальні умови, зокрема досліджувати роль освітлення у процесі фотосинтезу або з’ясовувати особливості клітинних поділів [1]. Такі освітні платформи сприяють поглибленому осмисленню комплексних біологічних явищ, формують компетенції планування та інтерпретації досліджень, одночасно стимулюючи аналітичне мислення [15; 22].

Для становлення вмінь результативної колективної діяльності та міжособистісного спілкування широко залучаються веб-платформи колективного навчання. Використання таких сервісів, як Google Workspace чи Microsoft Teams, надає учням можливість спільно розробляти дослідницькі

ініціативи, генерувати концепції, аналізувати отримані дані та створювати доповіді чи презентації [23]. Це дозволяє не лише удосконалити комунікативні здібності школярів, але й посилити рівень взаємодії та спільної відповідальності, що становить фундаментальні елементи сучасної шкільної освіти.

З метою підтримання та активізації пізнавального інтересу школярів широко впроваджуються інтерактивні опитувальні системи, тестові завдання та навчальні ігрові формати [14]. Ресурси типу Kahoot! або Mentimeter дають змогу трансформувати освітній процес у захоплюючу активність, де учні можуть апробувати набуті знання, оперативно акумулювати інформацію для проектів та презентувати досягнення у конкурентному або кооперативному режимі. Ігрова складова формує сприятливий емоційний клімат, що підсилює захопленість науковою діяльністю.

Для удосконалення навичок систематизованої роботи з даними та демонстрації результатів освітнє середовище збагачується можливостями розробки мультимедійних розробок і наукових колекцій робіт. Використання програмного забезпечення для створення презентацій та відеоматеріалів, таких як PowerPoint, Prezi, Canva, дає учням змогу упорядковувати власні дослідження, оформлювати їх у доступній для розуміння формі та підготовуватися до презентації проектів [6; 13]. Ведення особистих колекцій дозволяє моніторити індивідуальний прогрес і сприяє усвідомленню власних успіхів та напрямків для покращення.

Практичний компонент навчання значно підсилюється через застосування мобільних програм для накопичення, опрацювання та дослідження інформації, щj забезпечують учням можливість здійснювати польові дослідження, фіксувати спостереження за допомогою фото- та відеоматеріалів, а також використовувати аналітичні засоби безпосередньо під час проведення експерименту [13]. Подібні технології розширюють горизонти дослідницької активності поза межами навчального приміщення, стимулюючи формування практичних компетенцій.

Істотну функцію у розвитку цілісного мислення виконують освітні ігрові моделі та симуляції, що ілюструють взаємозалежності між біологічними процесами та характеристиками природних систем [19]. Через інтерактивні сюжети учні здобувають досвід дослідження каузальних взаємозв'язків, що сприяє більш глибокому розумінню дисципліни та становленню критичного аналізу [22].

Сучасні напрямки охоплюють використання технічно-програмних рішень базованих на Arduino та Raspberry Pi, які надають учням можливість конструювати персональні дослідницькі інструменти, автоматизувати процеси збору інформації та здійснювати експерименти з залученням інноваційних технологій [13; 19]. Цей міждисциплінарний метод не лише розширює практичні можливості, але й активізує творчий потенціал, об'єднуючи природознавчі дисципліни з інформатикою та технічними науками.

Таким чином, системне застосування інтерактивних інструментів у біологічній освіті забезпечує різносторонній розвиток наукової компетентності учнів. Такий підхід формує умови для активної участі школярів у науковій роботі, становлення автономності, мотивації, а також здібностей до рефлексії та спілкування [7; 19]. Результативність впровадження інтерактивних засобів визначається їх пристосуванням до індивідуальних особливостей учнів, комбінуванням різноманітних технологічних рішень та педагогічним керівництвом, що дозволяє максимально розкрити можливості кожного учня в процесі навчання.

Відмінною рисою запропонованого підходу є створена система кількісної оцінки поведінкової активності біологічних об'єктів через застосування спеціалізованої градаційної шкали, що забезпечує об'єктивність результатів спостережень.

Втілення авторської концепції передбачає застосування специфічних педагогічних технік, що гарантують ефективність освітнього процесу. Зокрема, організація експериментальної роботи поетапно: початковий (визначення гіпотези, розробка плану експерименту), центральний (реалізація

експерименту, накопичення даних) та фінальний (інтерпретація результатів, створення висновків) [7; 11]. Такий підхід формує в учнів комплексне розуміння наукового дослідження як єдиного процесу.

Додатковим елементом є індивідуалізація завдань відповідно до рівня підготовленості та знань школярів – це дозволяє реалізувати персональний підхід та створити умови для досягнення успіху кожним учнем. Важливо також поєднувати теоретичні основи і практичні вміння через попереднє розгляд теоретичних засад експерименту та наступне узагальнення одержаних даних [19]. Необхідним є використання компонентів навчання через формулювання дослідницьких запитань чи проблемних ситуацій, що активізують пізнавальну діяльність учнів. Результативним педагогічним засобом є реалізація колективної форми роботи з визначенням функцій та обов'язків між членами групи, оскільки це сприяє формуванню комунікативних здібностей та вміння функціонувати в команді [13]. В умовах посилення цифровізації обов'язковим є застосування сучасних засобів документування та опрацювання даних, що підвищує достовірність результатів та формує навички роботи з інформаційними масивами [8; 14]. Таким способом учні опановують створення таблиць, графіків, діаграм для візуального представлення отриманих даних.

Реалізація розробленої авторської концепції проведення біологічних експериментів у науково-дослідній діяльності учнів має забезпечити наступні досягнення:

- підвищення якості засвоєння знань через їх практичну реалізацію та експериментальну верифікацію;
- становлення дослідницьких здібностей учнів, що охоплюють можливість до спостереження, вимірювання, аналізу та формулювання висновків на підставі експериментальних відомостей;
- розвиток критичного мислення та наукового світосприйняття, що виявляється у здатності аналізувати факти, визначати причинно-наслідкові зв'язки, формулювати та тестувати гіпотези;

- формування зацікавленості у вивченні біології та інших природознавчих предметів через задоволення природної цікавості учнів;
- розвиток автономності та відповідальності учнів за наслідки власної роботи, що є значущою складовою особистісного зростання.

Таким чином, створена авторська концепція проведення біологічних експериментів є дієвим засобом формування науково-дослідної компетентності школярів та може бути запропонована для впровадження в освітній процес установ загальної середньої освіти.

РОЗДІЛ IV. РЕЗУЛЬТАТИ ПЕДАГОГІЧНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ З БІОЛОГІЇ

4.1. Впровадження експериментальних досліджень у навчальний процес при вивченні біології у 7-9 класах

У рамках дослідження було здійснено серію педагогічних спостережень, спрямованих на вивчення впливу експериментальної діяльності на ефективність засвоєння навчального матеріалу з біології в учнів 7–9 класів закладів загальної середньої освіти. Застосування експериментально-орієнтованої методики сприяло суттєвому підвищенню рівня навчальних досягнень учнів, зростанню їхньої пізнавальної мотивації, а також формуванню ключових дослідницьких компетентностей.

Інтеграція системи біологічних експериментів у навчальний процес забезпечила значуще покращення когнітивних показників учнів експериментальних груп порівняно з їхніми однолітками з контрольних груп, де використовувалися традиційні підходи до навчання. Порівняльні результати впровадження експериментальної методики, отримані за результатами підсумкового тестування учнів 7–9 класів, наведено в Таблиці 4.1.

Таблиця 4.1.

Результати навчальних досягнень учнів 7-9 класів

Показники	Експериментальні групи	Контрольні групи
Середній бал	10,4 з 12	7,8 з 12
Повнота розуміння процесів що вивчаються	93%	62%
Здатність пояснити практичні аспекти експериментів	96%	57%
Вміння аналізувати фактори впливу на досліджуваний процес	91%	59%

Аналіз отриманих результатів свідчить про суттєве зростання рівня навчальних досягнень учнів після впровадження експериментальної діяльності. Зокрема, учні експериментальної групи продемонстрували на 31% вищий рівень розуміння біологічних процесів і на 39% кращу здатність інтерпретувати практичну значущість теоретичних знань порівняно з учнями контрольної групи, які навчалися за традиційними методами без залучення до експериментальної роботи. Одним із найбільш показових результатів стало суттєве покращення рівня довготривалого збереження знань. Повторне тестування, проведене через три місяці після завершення тем, виявило, що учні експериментальної групи зберегли 92% засвоєного матеріалу, тоді як у контрольній групі цей показник становив лише 58%.

Систематичне використання біологічних експериментів у навчальному процесі позитивно вплинуло на формування дослідницьких компетентностей учнів. Динаміка розвитку дослідницьких компетентностей відстежувалася за допомогою спеціально розробленої системи оцінювання, результати якої подано в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2.

Розвиток дослідницьких компетентностей учнів
(за 5-бальною шкалою, де 1 - низький рівень, 5 - високий рівень)

Дослідницькі компетентності	До експериментальної діяльності	Після експериментальної діяльності
Формулювання гіпотези	2,2	4,7
Планування експерименту	1,9	4,5
Збір та фіксація даних	2,4	4,8
Аналіз результатів	2,0	4,3
Формулювання висновків	2,1	4,6

Найбільш показовим став проект дослідження впливу різних умов поливу на ріст рослин, проведений у 7 класі. Учні не лише засвоїли теоретичний матеріал щодо екологічних факторів та їх впливу на ріст рослин,

але й розвинули вміння систематичного спостереження, документування результатів та виявлення причинно-наслідкових зв’язків.

Впровадження цифрових технологій для документування результатів експериментів (фотофіксація, створення часових рядів, побудова графіків) підвищило цифрову грамотність учнів на 47% та покращило міждисциплінарні зв’язки з математикою та інформатикою.

Одним із найважливіших результатів дослідження стало суттєве підвищення мотивації учнів до вивчення біології. Анкетування учнів до та після впровадження експериментальної методики показало значні зміни в їхньому ставленні до предмету (Рис. 4.1). За результатами опитування після експериментів 78% учнів вважають біологію цікавим предметом (до експерименту – 47%), 23% учнів планують пов’язати майбутню професію з біологією (до експерименту – 12%), 87 % учнів розуміють практичне значення біологічних знань (до експерименту – 38%), 42% учнів займаються самостійним вивченням біологічних тем (до експерименту – 15%).

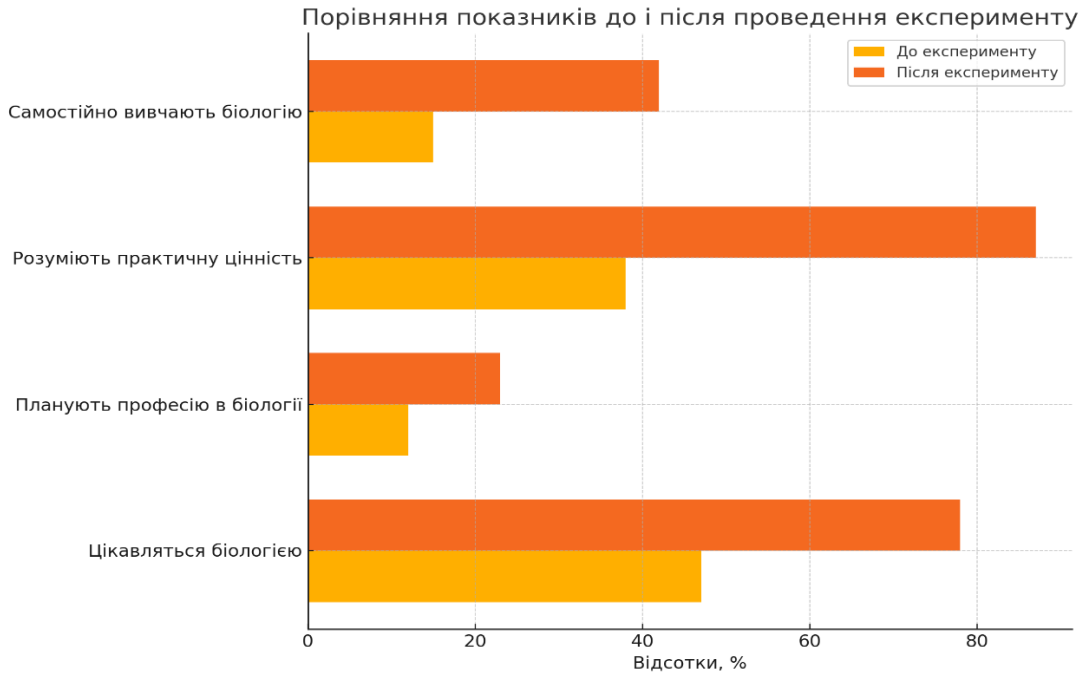


Рис. 4.1. Ефективність біологічних експериментів у формуванні навчальних компетентностей учнів

Особливий вплив на мотивацію учнів мали експерименти з визначення pH води та його вплив на водні організми. Практична спрямованість цих досліджень та їх зв’язок з екологічними проблемами сучасності викликали в учнів глибокий інтерес до предмета. Використання експериментальної методики сприяло розвитку критичного мислення учнів, що оцінювалось за допомогою спеціально розроблених завдань. Результати порівняння експериментальної та контрольної груп учнів 9 класів представлено в Таблиці 4.3.

Таблиця 4.3.

Рівень розвитку компонентів критичного мислення учнів 9 класів (% учнів з високим рівнем розвитку відповідного компонента)

Компоненти критичного мислення	Експериментальна група	Контрольна група
Аналіз інформації	72%	43%
Оцінка аргументів	68%	37%
Формулювання висновків	75%	41%
Прийняття рішень	65%	39%
Розв’язання проблем	70%	45%

Найбільший вплив на розвиток критичного мислення учнів мало проведення експерименту, присвяченого дослідженню процесів дихання в організмі людини. У ході дослідницької роботи учні не лише вивчали будову та функціонування органів дихальної системи, але й аналізували зміни показників газообміну за різних фізіологічних умов — під час фізичного навантаження, у стані спокою та при впливі зовнішніх факторів (наприклад, забруднення повітря).

Особливу увагу було приділено спостереженню за зміною частоти дихальних рухів, рівня насичення крові киснем та концентрації вуглекислого газу. Учні навчалися інтерпретувати ці дані, встановлювати причинно-наслідкові зв’язки між змінами параметрів дихання та станом організму, а

також формулювати гіпотези щодо адаптивних механізмів у різних умовах середовища.

Експеримент сприяв глибшому розумінню фізіологічної основи дихальних процесів, зокрема ролі гемоглобіну, ферментів та механізмів регуляції кислотно-лужного балансу. Завдяки цьому учні формували здатність оцінювати вплив екологічних та соціальних чинників (куріння, урбанізація, глобальне потепління) на ефективність дихання та здоров'я людини загалом.

Впровадження системи експериментів на уроках біології значно посилило розуміння учнями зв'язку теоретичного матеріалу з реальним життям. Учителі відзначили, що учні експериментальних класів частіше наводили приклади застосування біологічних знань у побуті, медицині, сільському господарстві та екології.

Результати оцінки успішності учнів з біології за підсумками навчального року також продемонстрували значний прогрес у групах, де застосовувалось навчання із експериментами. Середній бал цих учнів зріс з 7,4 до 10,2 (за 12-бальною шкалою), тоді як у контрольній групі цей показник змінився незначно – з 7,5 до 7,9 балів. За результатами анкетування батьків, 94% відзначили підвищення інтересу дітей до природничих наук, а 78% повідомили про самостійні біологічні спостереження і проекти, які діти ініціювали вдома.

Це переконливо свідчить про те, що впровадження експериментальної методики у науково-дослідній роботі при викладанні біології створює оптимальні умови для формування ключових компетентностей учнів, сприяє підвищенню мотивації до навчання та забезпечує глибше й триваліше засвоєння навчального матеріалу.

4.2. Особливості інтеграції цифрових технологій в експериментальні дослідження у шкільній освіті

Сучасна шкільна освіта переживає трансформацію завдяки цифровим технологіям, що особливо відчутно у природничо-науковій освіті, де

експериментальна діяльність є основою [19]. Інтеграція цифрових інновацій розширює можливості навчання, формує цифрову компетентність та підвищує якість освітніх результатів.

Одним із ключових напрямків є впровадження цифрових вимірювальних комплексів та сенсорів. Ці доступні пристрої дозволяють учням точно вимірювати різноманітні фізичні, хімічні та біологічні параметри, як-от температура, вологість, pH [30]. Наприклад, у дослідженні впливу поливу на ріст рослин використовуються датчики вологості ґрунту та освітленості, а для вивчення дихання людини – датчики CO_2 та O_2. При аналізі впливу pH та температури на тварин незамінними є датчики pH та температури для контролю водного середовища. Автоматичний збір та обробка даних звільняє учнів від рутини, дозволяючи зосередитись на аналізі результатів та висновках.

Розвиток віртуальних та дистанційних лабораторій надає можливість проводити експерименти у цифровому середовищі [21]. Віртуальні лабораторії симулюють реальні умови, дозволяючи досліджувати складні або небезпечні явища – це корисно для моделювання росту рослин за різних умов поливу або імітації фізіологічних процесів дихання без ризиків [25; 27]. У вивченні впливу pH та температури на тварин віртуальні середовища дозволяють безпечно експериментувати з екстремальними параметрами. Дистанційні лабораторії забезпечують віддалений доступ до реального, часто дорогого, обладнання.

Технології доповненої (AR) та віртуальної реальності (VR) кардинально змінюють експериментальні дослідження, дозволяючи візуалізувати мікро- та макропроцеси, які неможливо спостерігати безпосередньо [25]. При вивченні впливу поливу на ріст рослин AR може показати ріст кореневої системи або зміни клітин. Для дослідження дихання людини VR дозволяє "зануритися" в дихальну систему на молекулярному рівні. У контексті впливу pH та температури на тварин ці технології можуть візуалізувати внутрішньоклітинні зміни під впливом екстремальних умов. Ці інструменти створюють імерсивне

навчальне середовище, що підвищує залученість та розвиває просторове мислення.

Інтеграція мобільних пристроїв (смартфонів, планшетів) є доступним способом цифровізації [27]. Завдяки вбудованим сенсорам (акселерометр, датчик освітленості) та спеціальним додаткам, мобільні пристрої використовуються для різноманітних експериментів. При вивченні поливу рослин смартфони записують таймлапси росту; для дослідження дихання фіксують частоту дихання; у вивченні впливу pH та температури виступають як цифрові вимірювачі. Підхід "Принеси свій власний пристрій" знижує фінансові бар’єри.

Важливим є також впровадження інструментів для аналізу та візуалізації експериментальних даних [37]. Програмні засоби перетворюють "сирі" дані на інформативні графіки та діаграми, розвиваючи аналітичні навички. Це дозволяє учням будувати графіки залежності росту рослин від поливу, візуалізувати зміни показників дихання, або аналізувати вплив pH на життєдіяльність тварин. Такі інструменти інтегрують елементи наукометрії та статистичного аналізу, наближаючи шкільні дослідження до реальної наукової практики.

Цифрові технології відкривають нові можливості для колаборативних досліджень та громадянської науки. Онлайн-платформи дозволяють учням з різних шкіл спільно працювати над проєктами [24]. Залучення до проєктів громадянської науки, де школярі збирають та аналізують дані (наприклад, моніторинг якості води для вивчення впливу pH та температури на тварин), підвищує мотивацію та демонструє соціальну значущість науки.

Новим перспективним напрямком є інтеграція штучного інтелекту (ШІ) та машинного навчання (МН). Ці технології мають значний потенціал для трансформації дослідницької діяльності учнів, дозволяючи інтелектуальний аналіз даних, прогнозування результатів та автоматизовану класифікацію. Наприклад, ШІ може аналізувати великі обсяги даних про ріст рослин та

умови поливу, а також допомагати прогнозувати реакцію організму на зміну концентрації газів у дослідженні дихання.

Підсумовуючи, інтеграція цифрових технологій в експериментальні дослідження у школі є багатовимірним процесом, що формує нову екосистему навчання. Це відповідає викликам цифрового суспільства та сприяє формуванню ключових компетентностей 21 століття. Ефективна інтеграція вимагає системного підходу: технічного оснащення, підготовки вчителів та розробки методичних матеріалів, збалансовуючи цифрові та традиційні методи для збагачення безпосереднього практичного досвіду учнів.

4.3. Рекомендації до впровадження експериментальної методики у науково-дослідній роботі школярів

Експериментальна методика навчання є одним із найефективніших підходів у викладанні біології та, зокрема у науково-дослідній роботі учнів, оскільки сприяє формуванню практичних навичок, розвитку наукового мислення та здатності до самостійного дослідження природних явищ. Її впровадження в освітній процес відповідає вимогам сучасної педагогіки, орієнтованої на діяльнісний підхід та компетентнісний розвиток особистості учня [22]. Для успішної реалізації експериментальної методики на уроках біології необхідно враховувати низку педагогічних та організаційних аспектів.

Насамперед варто подбати про комплексну підготовку учнів до роботи з експериментальними завданнями. Це передбачає не лише ознайомлення з нормами безпеки при використанні біологічних матеріалів, реагентів та лабораторного обладнання, а й формування розуміння основних принципів наукового дослідження. Учням важливо засвоїти логіку проведення експерименту – від висунення гіпотез до детального аналізу отриманих результатів. Такий підхід сприяє формуванню навичок дослідницької діяльності, що є базою для розвитку екологічної свідомості та відповідального ставлення до природи.

Особливу увагу слід звернути на підбір експериментів, які мають бути адекватними за змістом навчальної програми, враховувати вікові особливості учнів і технічні можливості школи [8; 14]. Найкраще обирати ті досліди, що є безпечними, зрозумілими для сприйняття та забезпечують чіткі, однозначні результати. Це можуть бути класичні біологічні явища — наприклад, процес фотосинтезу, дихання або ріст рослин — або ж експерименти із застосуванням сучасних цифрових технологій, таких як сенсори, цифрові мікроскопи або спеціалізовані програмні комплекси для аналізу даних.

Впровадження експериментальної роботи має бути тісно пов’язане з іншими предметними галузями. Біологічні дослідження часто вимагають застосування математичних методів для опрацювання результатів, знань з хімії, фізики та географії, а також вміння працювати з цифровими пристроями. Такий міжпредметний підхід допомагає учням краще розуміти природні процеси в їхній цілісності, розвивати критичне мислення та здатність ефективно співпрацювати з іншими.

Роль вчителя у такому навчальному процесі набуває рис наставника і фасилітатора, який не тільки передає знання, а й створює умови для самостійного пізнання [20]. Вчитель підтримує ініціативність учнів, заохочує їх до формулювання власних гіпотез, планування і проведення дослідів, а також творчого пошуку рішень навчальних завдань. Такий стиль педагогіки сприяє формуванню у дітей внутрішньої мотивації і відповідальності за результат.

Одним із дієвих інструментів застосування експериментального підходу є проєктна діяльність, що надає учням можливість самостійно організовувати невеликі дослідження, збирати й аналізувати дані, представляти результати та робити власні висновки [3]. Проєкти можуть виконуватися як індивідуально, так і в команді, що сприяє розвитку комунікації, вмінню працювати разом і знаходити практичні рішення складних завдань. Такий формат допомагає не тільки глибше засвоїти навчальний матеріал, а й отримати цінний досвід наукової роботи.

Оцінювання результатів експериментальної діяльності повинно охоплювати не лише кінцевий результат, а й весь процес – від постановки проблеми до формулювання висновків. Важливо враховувати точність і акуратність виконання завдань, дотримання методичних вказівок, правильність обробки даних та рівень рефлексії учня. У такий спосіб формується критичне мислення, здатність до самоаналізу та об'єктивного оцінювання власної роботи.

Успішність застосування експериментальної методики значною мірою залежить від матеріально-технічного забезпечення [13]. Наявність обладнаних кабінетів біології, лабораторного інвентарю, реактивів, мікроскопів, засобів візуалізації результатів дозволяє урізноманітнити уроки, зробити їх більш динамічними, наочними, цікавими. За відсутності необхідних умов можуть використовуватися віртуальні лабораторії, інтерактивні симуляції та інші цифрові інструменти, що частково компенсують брак матеріальних ресурсів [18; 34].

Під час дослідження було виявлено ряд типових труднощів, з якими стикаються вчителі при впровадженні експериментальної методики, та розроблено рекомендації щодо їх подолання.

Таблиця 4.6.

Типові труднощі та шляхи їх подолання при науково-дослідній роботі із експериментами

Труднощі	**Причини**	**Рекомендації щодо подолання**
Нестача часу на проведення експериментів	Перевантаженість навчальної програми	Інтеграція експериментів у структуру уроку, використання міні-експериментів тривалістю 5-7 хвилин, використання технології "перевернутого класу"
Недостатнє матеріально-технічне забезпечення	Обмежене фінансування шкіл	Використання альтернативних матеріалів, віртуальних лабораторій, створення саморобного обладнання, залучення спонсорської допомоги
Низький рівень готовності учнів до	Відсутність досвіду	Поетапне формування навичок, використання детальних

експериментальної роботи	самостійної дослідницької діяльності	інструкцій, система підготовчих вправ
Складність об’єктивного оцінювання роботи учнів	Відсутність чітких критеріїв оцінювання експериментальної діяльності	Розробка рубрикаторів оцінювання, використання чек-листів, впровадження елементів формувального оцінювання
Складність організації роботи з великою кількістю учнів	Велика наповнюваність класів	Групова форма роботи, система ротації станцій, використання елементів взаємонавчання

Завершальним компонентом експериментального уроку має бути рефлексія та обговорення результатів. Обговорення, аналіз труднощів, які виникли в процесі дослідження, та пошук шляхів їх подолання сприяють глибшому розумінню вивченого матеріалу та розвитку здатності до адаптації в нових навчальних і життєвих ситуаціях [7]. У такий спосіб експериментальна методика перетворюється на ефективний інструмент розвитку особистості учня, здатної мислити критично, діяти самостійно та відповідально приймати рішення в умовах неповної інформації.

Впровадження експериментальної методики на уроках біології потребує цілісного, методично обґрунтованого підходу, що поєднує педагогічну майстерність учителя, активну пізнавальну діяльність учнів та відповідне матеріально-технічне забезпечення [19]. Такий підхід дозволяє не лише підвищити якість біологічної освіти, а й сприяє всебічному розвитку учнів, формуванню в них наукового світогляду та стійкої мотивації до вивчення природничих наук.

У межах реалізованого дослідницького проєкту було розроблено модель поетапної інтеграції експериментальної методики в освітній процес із біології в закладах загальної середньої освіти. Запропонована модель охоплює чотири логічно послідовні етапи: підготовчий, адаптаційний, основний та творчий. Кожен з етапів визначається конкретними цілями, педагогічними завданнями

та методичними компонентами, що у своїй сукупності сприяють поступовому формуванню в учнів умінь і навичок дослідницької діяльності.

Перший етап – підготовчий (тривалість приблизно 1–2 місяці) – передбачає формування організаційних і методичних основ для впровадження експериментального навчання. У цей період проводиться детальний аналіз навчальної програми з біології з метою визначення найбільш доцільних тем для включення експериментальних складових. Паралельно здійснюється аудит наявної матеріально-технічної бази: лабораторного обладнання, реактивів, приладів тощо. Важливим компонентом є розробка методичних матеріалів — інструкцій, покрокових алгоритмів, технічних карток та форм для звітності. Крім того, на цьому етапі проводиться початкова діагностика рівня дослідницьких компетенцій учнів, що допомагає виявити індивідуальні освітні потреби.

Другий – адаптаційний – етап (тривалість 2–3 місяці) спрямований на поступове ознайомлення учнів із експериментальним процесом через виконання простих демонстраційних дослідів. Учнівська діяльність супроводжується детальними інструкціями та педагогічною підтримкою. Особлива увага приділяється дотриманню техніки безпеки, засвоєнню базових навичок роботи з лабораторним обладнанням, а також веденню спостережень та фіксації результатів. У цей період впроваджується система оцінювання, що включає об’єктивні критерії, а також елементи самооцінки та взаємної оцінки.

Третій, основний етап, розрахований на весь навчальний рік, відзначається широким застосуванням експериментальних методів у навчальному процесі. Учні виконують як короткі лабораторні роботи, так і комплексні дослідницькі проєкти. Рівень самостійності поступово зростає: школярі формулюють гіпотези, обирають методики досліджень, аналізують отримані дані. Важливою складовою є диференціація завдань відповідно до рівня підготовки учнів. Значна увага приділяється проєктній та довготривалій дослідницькій діяльності. Проводиться проміжний моніторинг, що дозволяє

оцінити розвиток експериментальних навичок, навчальні досягнення та активність учнів.

Четвертий – творчий – етап, що реалізується наступного навчального року, орієнтований на розкриття дослідницького потенціалу учнів. Метою є розвиток навичок самостійного проведення наукових досліджень: вибір тематики, формулювання проблемних питань, визначення методів, критичний аналіз результатів. Заохочується створення міждисциплінарних проєктів, що поєднують біологію з іншими науками, наприклад, хімією, фізикою чи інформатикою. Важливою складовою є публічне представлення результатів через презентації, наукові звіти або постери. Учні беруть участь у конкурсах науково-дослідних робіт, що підвищує їх мотивацію і стимулює активність. Етап завершується підсумковим моніторингом, результати якого використовуються для вдосконалення методичних підходів.

Таким чином, запропонована поетапна модель впровадження експериментальних методик сприяє поступовому зануренню школярів у дослідницьку діяльність, розвитку практичних навичок, формуванню критичного мислення та підвищенню пізнавальної активності, що відповідає сучасним стандартам якості біологічної освіти.

ВИСНОВКИ

Результати педагогічного дослідження переконливо свідчать про високу ефективність використання експериментальної методики на уроках біології. Авторська методика проведення біологічних експериментів дозволяє учням не лише краще засвоювати теоретичні знання, а й розвивати ключові компетентності, зокрема дослідницькі. Аналіз отриманих результатів дозволяє зробити наступні висновки:

1. Впровадження експериментально-орієнтованої методики сприяло покращення навчальних досягнень учнів. Середній бал учнів у групах, де проводилось навчання із експериментальною складовою становив 10,4 з 12 балів порівняно з 7,8 балами в контрольних групах, що свідчить про значну перевагу представленої методики. Водночас повнота розуміння біологічних процесів зросла на 31% та досягла 93% порівняно з 62% у контрольних групах, а здатність пояснити практичні аспекти експериментів підвищилася на 39% та становила 96% проти 57% у традиційних класах. Дослідження продемонструвало, що експериментальна діяльність сприяє формуванню стійких знань та довготривалої пам’яті. Учні, що проводили експерименти, зберегли 92% засвоєного матеріалу через три місяці після завершення вивчення тем, тоді як у контрольній групі цей показник становив лише 58%.

2. Систематичне використання біологічних експериментів суттєво вплинуло на розвиток дослідницьких компетентностей учнів. Всі компоненти дослідницьких умінь зросли більш ніж удвічі. Також значно зросли навички формулювання гіпотез – з 2,2 до 4,7 балів та планування експериментів з 1,9 до 4,5 балів, що свідчить про формування цілісної системи дослідницьких компетентностей.

3. Експериментальна методика кардинально змінила мотиваційну сферу учнів та їхнє ставлення до вивчення біології. Частка учнів, які вважають біологію цікавим предметом, зросла з 47% до 78%, а кількість тих, хто планує пов’язати майбутню професію з природничими дисциплінами, збільшилася з 12% до 23%. Слід зауважити що розуміння практичного значення біологічних

знань покращилося з 38% до 87%, а самостійне вивчення біологічних тем зросло з 15% до 42% – це демонструє формування внутрішньої мотивації до навчання. Здатність до аналізу інформації підвищилася на 29% та становила 72% проти 43% у контрольній групі, оцінка аргументів покращилася на 31% до 68% проти 37%, а формулювання висновків зросло на 34% до 75% проти 41%. Ці результати свідчать про те, що експериментальна діяльність є ефективним засобом розвитку аналітичних здібностей учнів.

4. Інтеграція цифрових технологій у експериментальну діяльність показала надзвичайно високу результативність та відкрила нові можливості для навчання. Цифрова грамотність учнів підвищилася на 47%, точність експериментів зросла на 35-40%, а час на їх проведення скоротився на 25-30%. Водночас мотивація учнів до навчання підвищилася на 42%, що підтверджує синергетичний ефект поєднання традиційних експериментальних методів з сучасними цифровими технологіями. До того ж, експериментальна діяльність сприяла посиленню міждисциплінарних зв’язків та формуванню цілісного розуміння природничо-наукової картини світу.

Таким чином, проведене дослідження переконливо доводить, що впровадження експериментальної методики у навчання біології створює оптимальні умови для формування ключових компетентностей учнів, підвищення мотивації до навчання та наукової діяльності, забезпечення глибшого й тривалішого засвоєння навчального матеріалу, розвитку критичного та аналітичного мислення, а також формування дослідницьких навичок та наукового світогляду. Отримані результати обґрунтовують доцільність широкого впровадження експериментально-орієнтованого підходу в систему біологічної освіти та створення сприятливих умов для інтеграції цифрових технологій у навчальний процес, що відповідає сучасним тенденціям розвитку освіти та потребам цифрового суспільства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Важинський С. Є., Щербак Т. І. Методика та організація наукових досліджень: Навчальний посібник. Суми: СумДПУ ім. А. С. Макаренка, 2016. URL: https://pedagogy.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2017/03/vajinskii-posibnyk.pdf

2. Васильєва О. В., Козловський С. В. Цифрові технології в освіті: сучасний досвід, проблеми та перспективи. Суми: Сумський державний університет, 2021. URL: https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/89990/1/Vasylieva_education.pdf

3. Вірста С. Є. Інноваційне навчання: метод проектів // Нові технології. — К., 2007. — Вип. 50. — С. 52–58.

4. Гнатюк В. В., Упатова І. П., Дехтярьова О. О., Куруц Н. В. Віртуальні лабораторії в біологічній освіті: моделювання експериментальних досліджень // Академічні візії. — 2023. — № 21. DOI: http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.8199004

5. Гнатюк В. В., Щербакова Н. М., Різак Г. В. Екологічна освіта та формування екологічної свідомості: шлях до гармонії з природою // Перспективи та інновації науки. — 2024. — Т. 5, № 39. — С. 143–154. DOI: https://doi.org/10.52058/2786-4952-2024-5(39)-143-154

6. Грицай Н. Б. Аналіз сучасних методів навчання у процесі викладання біології в умовах війни: деякі аспекти цифрової трансформації освітнього процесу // Академічні візії. — 2020. — № 17.

7. Грицай Н. Б. Методика навчання біології: навчальний посібник. Львів: Новий Світ-2000, 2020.

8. Гулай В. В., Кабак Я. І., Герасимчук В. В. Засоби та технології цифрового навчання. Луцьк: Луцький нац. техн. ун-т, 2022.

9. Гуруц Н. В., Карбованець О. І. Методика викладання біології: контрольні завдання. Ужгород: Видавництво УжНУ «Говерла», 2014.

10. Ковальчук Л. Моделювання науково-педагогічних досліджень: Посібник. Львів: Видавництво ЛНУ ім. І. Франка, 2020. URL:

https://pedagogy.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2020/09/Koval-chuk-L.-Modeliuvannia-naukovo-pedahohichnykh-doslidzhen-.-Posibnyk.pdf

11. Комарова О. В. Методика викладання біології у профільній школі. Кривий Ріг: КДПУ, 2018.

12. Концепція реалізації державної політики у сфері реформування загальної середньої освіти "Нова українська школа": Розпорядження Кабінету Міністрів України від 14.12.2016 р. № 988-р. (2016). URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/988-2016-%D1%80

13. Левашова В. М. Сутність сучасної методики навчання біології: закономірності, принципи, технології навчання. Харків: ХНПУ, 2017.

14. Литвинова С., Демещанкан Н. Distance learning in primary school during the COVID-19 pandemic: Results of the "SMART KIDS" experiment. arXiv, 2022. URL: https://arxiv.org/abs/2204.03472

15. Матяш Н. Ю., Коршевнюк Т. В., Рибалко Л. М., Козленко О. Г. Навчання біології учнів основної школи: методичний посібник. Київ: КОНВІ ПРІНТ, 2019.

16. Основи наукових досліджень та проєктної діяльності. URL: https://elar.kpnu.edu.ua/xmlui/bitstream/handle/123456789/7814/Osnovy-naukovykh-doslidzhen-ta-proiektnoi-diialnosti.pdf?isAllowed=y&sequence=1

17. Парасова С. М., Космачова А. М., Міхеєва Г. М. Методика навчання біології: навчальний посібник. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2018.

18. Перерва В. В. Віртуальна біологічна лабораторія як перспективний напрям фахової підготовки майбутнього вчителя // Науковий вісник Льотної академії. Серія: Педагогічні науки. — 2019. — № 5. — С. 401–406. DOI: https://doi.org/10.33251/2522-1477-2019-5-401-406

19. Пеца М. Я. Інноваційні підходи до викладання біології // Naurok.com.ua, 2020. URL: https://naurok.com.ua/stattya-innovaciyni-pidhodi-do-vikladannya-biologi-81255.html

20. Підготовка майбутніх учителів фізики, хімії, біології та природничих наук у контексті вимог Нової української школи: Матеріали IV

Міжнародної науково-практичної конференції (26-27 травня 2022 р., м. Тернопіль). Тернопіль, 2022.

21. Положення про навчальні кабінети загальноосвітніх навчальних закладів: Наказ МОН України № 601 від 20.07.2004 р. (2004). URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1121-04

22. Пометун О. І. Компетентнісний підхід – найважливіший орієнтир розвитку сучасної освіти // Рідна школа. — 2005. — № 1. — С. 65–69.

23. Профільна середня біологічна освіта. Освіта XXI століття: теорія, практика, перспективи: матеріали Першої міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції (18 квітня 2019 р., Київ). Київ, 2019. — С. 98–100.

24. Типовий перелік засобів навчання та обладнання навчального і загального призначення для кабінетів природничо-математичних предметів: Наказ МОН України № 704 від 22.06.2016 р. (2016). URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1050-16

25. Шейко В. М., Кушнаренко Н. М. Організація та методика науково-дослідницької діяльності: підручник. К.: Знання, 2006. — 307 с.

26. Alberts B., Johnson A., Lewis J., Morgan D., Raff M., Roberts K., Walter P. Molecular Biology of the Cell. 6th ed. New York: Garland Science, 2014.

27. Anderson R. D. Reforming science teaching: What research says about inquiry // Journal of Science Teacher Education. — 2002. — Vol. 13, no. 1. — P. 1–12.

28. Brownell S. E., Price J. V., Steinman L. Science communication to the general public: Why we need to teach undergraduate and graduate students this skill as part of their formal scientific training // Journal of Undergraduate Neuroscience Education. — 2013. — Vol. 12, no. 1. — P. E6–E10.

29. Campbell N. A., Reece J. B., Urry L. A., Cain M. L., Wasserman S. A., Minorsky P. V., Jackson R. B. Campbell Biology. 11th ed. Boston: Pearson, 2017.

30. Domin D. S. A review of laboratory instruction styles // Journal of Chemical Education. — 1999. — Vol. 76, no. 4. — P. 543–547.

31. Freeman S., Quillin K., Allison L., Black M., Podgorski G., Taylor E., Carmichael J. Biological Science. 6th ed. Boston: Pearson, 2019.

32. Hofstein A., Lunetta V. N. The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century // Science Education. — 2004. — Vol. 88, no. 1. — P. 28–54.

33. Johnstone A. H., Al-Shuaili A. H. Learning in the laboratory; Some thoughts from the literature // University Chemistry Education. — 2001. — Vol. 5, no. 2. — P. 42–51.

34. Lestari D. P., Supahar, Paidi, Suwarjo, Herianto. Effect of science virtual laboratory combination with demonstration methods on lower-secondary school students' scientific literacy ability in a science course // Education and Information Technologies. — 2023. — Vol. 1. — P. 1–23. DOI: https://doi.org/10.1007/s10639-023-11857-8

35. Quinn G. P., Keough M. J. Experimental Design and Data Analysis for Biologists. Cambridge: Cambridge University Press, 2002.

36. Ruxton G. D., Colegrave N. Experimental Design for the Life Sciences. 4th ed. Oxford: Oxford University Press, 2017.

37. Sokal R. R., Rohlf F. J. Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research. 4th ed. New York: W.H. Freeman, 2012.