

*Дар'я Блага-Мініна,
ORCID iD 0009-0004-6617-8722
методист кафедри теорії й методики
природничо-математичної освіти
та інформаційних технологій
Миколаївський обласний інститут
післядипломної педагогічної освіти
daria.blaha-minina@moipro.mk.ua*

РЕАЛІЗАЦІЯ STEM-ПРОЄКТІВ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ З ХІМІЇ

У науково-методичній статті розглянуто теоретичні основи та практичні аспекти використання STEM-проектів в освітньому процесі з хімії. У процесі аналізу сутності STEM-підходу в навчанні визначено характеристики, на основі яких навчальний проект можна вважати STEM-проектом. Акцентовано на перевагах інтеграції, що надає можливість поєднувати хімію з іншими природничо-математичними науками, такими, як фізика, біологія, математика, інформатика. Автор аналізує ефективність застосування STEM-проектів в освітньому процесі з хімії, описує етапи підготовки до його реалізації. У статті представлено приклад такого проекту та окреслено міждисциплінарний підхід до вивчення хімії, що унаочнює можливість інтеграції знань із різних предметів. Удосконалено методiku використання штучного інтелекту в освітньому процесі з хімії, зокрема під час проектної роботи для аналізу вхідної інформації та прогнозування результатів експерименту.

***Ключові слова:** інтеграція навчання; ключові компетентності; наскрізні вміння; проектна діяльність; STEM-освіта.*

© Блага-Мініна Д. О., 2024

Вступ. Реформа Нової української школи передбачає значні зміни в організації освітнього процесу, зокрема посилення ролі практико-орієнтованого навчання та розвитку ключових компетентностей і наскрізних умінь учнів. STEM-освіта є одним із перспективних напрямів розвитку сучасної освіти з акцентом на практичній діяльності учнів. STEM-підхід інтегрує природничі науки, технології, інженерію та математику, створюючи міждисциплінарне середовище, що стимулює здобувачів освіти до активного пізнання та дослідження та сприяє розвитку критичного мислення, творчих здібностей і практичних навичок учнів. Однією з ключових переваг запровадження STEM-технологій на уроках хімії є можливість застосування теоретичних знань на практиці: проводити експерименти, аналізувати результати та робити висновки, що сприяє глибшому розумінню хіміч-

них процесів і явищ. Крім того, STEM-підхід позитивно впливає на розвиток навичок співпраці та комунікації. Робота в групах над спільними проектами дає змогу учням навчитися ефективно взаємодіяти, обмінюватися ідеями та розв'язувати проблеми. Зазначені навички є вимогою часу та відповідають сучасним викликам суспільства, що підтверджує актуальність запровадження STEM-підходу в освітній процес.

Аналіз наукових праць. Вітчизняні наукові дослідження охоплюють широкий спектр аспектів STEM-освіти в Україні, зокрема фахівці докладно вивчають загальні позиції впровадження STEM, вплив збройного конфлікту на освітній процес та рівень обізнаності педагогів. Водночас дослідники приділяють увагу теоретичним засадам та практичним сторонам запровадження, розробленню моделей та методик.

Зосереджуються на інтеграції фор-

мальної та неформальної освіти у сфері STEM, пропонують моделі, які можуть стати основою для трансформації освіти, такі дослідники, як: І. А. Сліпухіна, Н. І. Поліхун, Г. В. Онопченко (Поліхун Н. І., 2019). Можливості STEM-технологій для мотивації до науково-дослідницької діяльності, формування ключових компетентностей, розвитку критичного мислення висвітлюють у своїх роботах Ж. І. Білик, Є. В. Шаповалов (Шаповалов Є. В., 2021), Б. В. Шаповалов, Ю. Ю. Матвійчук (Матвійчук Ю. Ю., 2023) та інші. Питаннями впровадження STEM-освіти в контексті сталого розвитку займалися О. В. Бутурліна, С. А. Довгаль, С. Б. Григор'єв, Т. В. Лисоколенко та В. І. Палагута. Автори докладно розглянули основні аспекти та концептуальні засади використання STEM як інструменту для досягнення цілей сталого розвитку, акцентували на необхідності інноваційних підходів для відповіді на сучасні глобальні освітні виклики (Бутурліна О. В., 2021).

Аналізуює зарубіжний досвід упровадження STEM-освіти та зосереджується на підготовці вчителів STEM-дисциплін учений М. М. Мінтій (Мінтій М. М., 2023). Результати дослідження автора (Мінтій М. М., 2023) підтвердили, що професійна підготовка вчителів STEM-дисципліни та інтеграція інформаційних технологій є визначальними факторами успішної реалізації STEM-освіти. Вітчизняні й міжнародні підходи до впровадження STEM-освіти розглянуто в розвідці Г. С. Погромської, Н. А. Махровської, Е. К. Рогожинської (Релевантність математичної освіти в синергії складників STEM, 2022), окреслено потребу підвищення рівня значущості математики в STEM-освіті та запропоновані шляхи її розвитку в інтегрованому навчальному контексті. Докладно розглядає метод проектів як ефективний інструмент для впровадження STEM в освітній процес І. В. Мироненко, пропонуючи конкретні теми та планування для їхньої реалізації (Мироненко І. В., 2023).

STEM-освіта визнана одним із пріоритетних напрямів розвитку сучасної освіти (Концепція природничо-математич-

ної освіти, 2020), проте її впровадження в українських школах є актуальним завданням, для виконання якого необхідно подолати низку труднощів, серед яких брак: матеріально-технічного забезпечення, відповідних методичних розробок та підготовки вчителів.

Відповідно до Типової освітньої програми у 5–9 класах запроваджено викладання міжгалузевого інтегрованого курсу «STEM» (Типова освітня програма). Станом на вересень 2024 року 15 закладів освіти Миколаївської області, зокрема вчителі хімії, здебільшого реалізують STEM через організацію проектної діяльності, тому це питання є актуальним і потребує додаткового вивчення.

Метою статті є аналіз практичних аспектів реалізації STEM-проектів в освітньому процесі з хімії.

Для досягнення визначеної мети необхідно виконати такі завдання:

1. Визначити характеристики STEM-проекту як засобу інтеграції в навчання.
2. Розкрити етапи підготовки STEM-проектів.
3. Продемонструвати приклад реалізації STEM-проекту з хімії.

Виклад основного матеріалу. Сучасний світ потребує фахівців, які вміють критично мислити, розв'язувати складні проблеми та працювати в команді. Ефективним засобом досягнення зазначеного є STEM-освіта.

У концепції розвитку природничо-математичної освіти зазначено, що формування змісту STEM-освіти відбувається на основі трансдисциплінарного підходу, а одним зі структурних елементів є передача знань, яка забезпечує інтеграцію наукових досягнень в освітній процес (Концепція розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти), 2020).

Як основні аспекти створення середовища STEM-освіти визначають інтеграцію предметів для створення навчальних програм, спрямованих на формування ключових та предметних компетентностей; міждисциплінарність; практико-орієнтоване навчання, спрямоване на ви-

рішення реальних проблем; кооперативне навчання Н. І. Поліхун, К. Г. Постова (Н. І. Поліхун, К. Г. Постова, 2019). Як можливість міжпредметної та міжгалузевої реалізації, що забезпечує цілісність природничих знань, пропонує розглянути технології STEM-освіти Т. М. Засекіна (Засекіна Т. М., 2020). Усе вищевикладене дає підстави стверджувати, що характеристиками STEM-освіти є інтеграція предметів, трансдисциплінарний та міждисциплінарний підходи, практико-орієнтоване навчання.

Представлені характеристики STEM-освіти є основою для вибору методів і форм її реалізації. Учені Н. І. Поліхун, К. Г. Постова, І. А. Сліпухіна, Г. В. Онопченко, О. В. Онопченко визначають: STEM-навчання реалізовується через основні організаційні форми: урок, курс, квест, фестиваль, проєкт, хакатон (освітній захід, під час якого учасники працюють у командах над розв'язанням реальних проблем або створенням інноваційних проєктів в обмежений час), де діяльність вчителя та учнів належить здійснювати за визначеним порядком (Поліхун Н. І., Постова К. Г., Сліпухіна І. А., Онопченко Г. В., Онопченко О. В., 2019).

Кожна з цих форм має свої особливості та сприяє досягненню різних навчальних цілей. Одним із ефективних способів реалізації STEM-підходу є проведення бінарних уроків, що дає змогу інтегрувати знання з різних предметів, створюючи цілісне уявлення про явища і процеси. О. П. Мирончук, М. Б. Трофімук наводять приклад формування цілісного світогляду, розвитку пізнавального інтересу учнів через STEM-орієнтовані бінарні уроки (Мирончук О. П., 2019). Переконливі аргументи на користь використання STEM-підходу на уроках хімії та біології наводить І. І. Мацків, демонструючи його ефективність для розвитку компетентностей учнів через інтеграцію предметів (Мацків І. І., 2017). Погоджуємось із зазначеними вище аспектами, адже під час упровадження STEM-підходу змінюється традиційна форма викладання, де центральною фігурою уроку є вчитель; відтепер навколо практичного завдання чи

проблеми вибудовується освітній процес. Завдяки цьому в здобувачів освіти формуються навички критичного мислення та системні наукові знання.

Виходячи з умов проведення сучасних уроків (дистанційний або змішаний формат), технічних можливостей, уважаємо за доцільне звернути увагу на універсальність організації і реалізації STEM-проєктів.

STEM PBL (Project-Based Learning) – цілеспрямована діяльність, обмежена в часі, яка передбачає розв'язання реальної проблеми або створення продукту через застосування знань із природничих наук, технологій, інженерії та математики (Сміт К., 2022). У цьому підході застосовують здобуті знання для розв'язання реальних проблем, їхнього подальшого дослідження та встановлення зв'язків між різними предметами.

Оскільки сучасний світ потребує фахівців, які вміють критично мислити, розв'язувати складні проблеми та працювати в команді, розглянемо характеристики STEM-проєкту через призму інтегрованого навчання. Зазначений підхід створює умови для подолання цих викликів через ефективну методику формування у школярів ключових компетентностей та наскрізних умінь, сприяє глибшому розумінню взаємозв'язків між предметами та їхньому практичному застосуванню. У сучасній освіті проблеми інтеграції та механізми впровадження цього підходу в природничій освіті досліджували Т. М. Засекіна (Засекіна Т. М., 2020), Т. В. Коршевніюк (Коршевніюк Т. В., Ярошенко О. Г., 2022). Результати дослідження впровадження циклів інтегрованих уроків наводили Н. С. Величко та Л. В. Вишневська (Величко Н. С., Вишневська Н. С., 2023). Учені зазначають, що такий підхід позитивно впливає на підвищення пізнавальної активності, комплексне розуміння взаємозв'язків між хімічними процесами та явищами живої та неживої природи.

Інтегрований підхід у навчанні поєднує різні дисципліни, навички та методи для створення цілісного освітнього процесу. Аналіз наукових публікацій показав, що вчені виокремлюють такі складники

інтегрованого підходу, як концептуальність (побудова технології на певній науковій концепції), системність (взаємозв'язок між елементами освітнього процесу, цілісність навчальних цілей), ефективність (досягнення очікуваних результатів навчання), керованість (цілепокладання, планування освітнього процесу), відтворюваність (можливість використання технологій педагогічними працівниками різних закладів освіти), коригованість (пошук ефективних шляхів виконання завдань) (Засекіна Т. М., 2020).

Наведені складники технологій інтегрованого навчання взаємопов'язані та мають спільний характер, проте можуть варіюватися залежно від різних факторів, таких, як цілі та очікувані результати навчання, предметний зміст, завдання інтеграції, вікові особливості та рівень навчальних досягнень здобувачів освіти.

Одним з ефективних методів реалізації інтеграції навчання є STEM-проект. Для визначення характеристик STEM-проекту спиратимемося на дослідження Н. І. Поліхун, де окреслено принципи його впровадження, що забезпечують ефективність та результативність освітнього процесу (Поліхун Н. І., 2019):

- інтеграція, що передбачає поєднання знань із різних дисциплін та спонукає учнів до бачення цілісної картини світу, розуміння взаємозв'язків між різними явищами та процесами, а також ефективного розв'язання комплексних проблем;
- використання наукового методу (проведення дослідження, аналіз даних та обґрунтування висновку);
- пізнавальна активність та дослідницька спрямованість, яка реалізується через пошук інформації, планування та проведення експерименту;
- практичний вектор застосування набутих результатів проєктної діяльності;
- комунікативність (активна взаємодія між учасниками проєкту та

вчителем).

Результатом зазначеної інтеграції є комплексне бачення проблеми з погляду різних дисциплін, поглиблене розуміння теми в рамках реалізації проєктів, розвиток ключових компетентностей та наскрізних умінь, створення міждисциплінарних проєктів.

Ефективна реалізація STEM-проєктів потребує чіткого планування та послідовного виконання дій, передбачає формулювання проблеми, визначення мети та завдань, прогнозування основного результату в ході виконання завдань проєкту.

Для успішної реалізації STEM-проєкту необхідно визначити його форму за кількістю учасників (індивідуальний або груповий), за терміном виконання (короткостроковий, довгостроковий) та докладно спланувати кожен етап діяльності. Погоджуємося з поглядами дослідників (Н. І. Поліхун, К. Г. Постова, І. А. Сліпучіна, Г. В. Онопченко, О. В. Онопченко) щодо окреслення етапності реалізації STEM-проєктів і в рамках власної практичної роботи спираємося на таку послідовність етапів: підготовчий, планування, організаційно-дослідницький, визначення результатів, оцінювання та рефлексія.

Окрім вище зазначених принципів, особливої уваги потребує індивідуальний підхід та поступ у навчанні, що передбачає врахування особливостей кожного учня та динаміки розвитку навичок та вмінь здобувачів освіти.

Оцінюванням STEM-проєктів визначено не тільки контроль кінцевого результату, але й аналіз процесу його виконання. До ключових критеріїв оцінювання діяльності пропонуємо додати актуальність теми, добір методів дослідження, коректність оброблення даних, аргументованість висновків, а також якість презентації та командної роботи.

Наведемо приклад STEM-проєкту з хімії на тему «Дослідження доцільності використання методу вимочування овочів як один зі способів зниження рівня нітратів в овочах» для здобувачів освіти 8 класу (Таблиця 1).

Інтеграція змісту навчального матеріалу STEM-проєкту з хімії

<i>Предмет</i>	<i>Зміст навчального матеріалу</i>	<i>Клас</i>
Хімія	Уплив на довкілля і здоров'я людини. Фізичні властивості середніх солей. Хімічні властивості середніх солей	8
	Розчинність речовин, її залежність від різних чинників. Розчинення як фізико-хімічний процес. Якісні реакції на деякі йони. Роль хімічної науки для забезпечення сталого розвитку людства	9
Біологія	Методи дослідження організму людини. Значення знань про людину для збереження її здоров'я. Їжа та її компоненти. Склад харчових продуктів. Значення компонентів харчових продуктів	8
Інформатика	Розв'язування задач із фізики, хімії, математики та інших дисциплін засобами табличного процесора. Логічні, математичні та статистичні функції. Діаграми. Вибір типу та побудова діаграм. Зображення рядів даних	9
Математика	Відношення і пропорції	6

Тип проєкту: короткотривалий, груповий (чисельністю до 5 учнів).

При цьому інтеграцію забезпечують засобами: хімії (хімічні властивості солей, проведення експерименту), біології (уплив нітратів на організм людини, накопичення нітратів у овочах), математики (математичні розрахунки, оформлення діаграми), інформатики (аналіз та систематизація інформації, представлення результатів дослідження).

Компетентності: вільне володіння державною мовою, математична компетентність; компетентності в галузі природничих наук, техніки і технологій; інформаційно-комунікаційна компетентність; навчання впродовж життя; соціальна.

Наскрізні вміння: критичне мислення, читання з розумінням, розв'язування проблем, уміння висловлювати свою думку, здатність співпрацювати в команді.

Окреслимо *мету*, яку потрібно досягти з кожного предмета під час реалізації завдань проєкту: навчитися розв'язувати експериментальні задачі, зокрема на прикладі визначення нітрат-аніонів, які, на відміну від багатьох інших аніонів (наприклад, хлоридів, сульфатів), не утворюють характерних нерозчинних сполук із більшістю кати-

онів. Дослідити процес розчинення солей у воді (на прикладі нітратів) та взаємозв'язки цього процесу з методом вимочування (хімія). Оцінити вплив методу вимочування на вміст нітратів в овочах та з'ясувати, чи є цей метод ефективним способом зниження ризику для здоров'я людини, пов'язаного зі споживанням продуктів із високим вмістом нітратів. Розробити рекомендації для споживачів щодо вибору та приготування овочів з метою зниження ризику споживання нітратів (біологія). Застосовувати вміння працювати з відношенням та пропорціями для розв'язання прикладних задач (математика) Навчитися розв'язувати задачі засобами табличного процесора, застосовувати вміння роботи з діаграмами, логічними, математичними та статистичними функціями для аналізу експериментальних даних, набутих у ході дослідження ефективності методу вимочування овочів для зниження вмісту нітратів (інформатика).

Підготовчий етап. Загальновідомо, що одним із проявів несприятливого впливу діяльності людини на навколишнє середовище є його забруднення нітратами. Це є наслідком інтенсифікації сучасного сільськогосподарства. 80–85 % нітратів потрапляють до організму людини з продук-

тами рослинництва, несприятливо впливаючи на нього.




Наукові дослідження останніх років свідчать про те, що нітрати характеризуються досить широким спектром токсичної

дії. На цьому етапі доцільно провести аналіз відеоконтенту ютуб-каналів провідних телерадіокомпаній (Таблиця 2).

Пропонований аналіз статей в інтернет-виданнях (Таблиця 3).




Таблиця 2.

Приклади відеоконтенту з теми «Нітрати»

Чи дійсно нітрати небезпечні для організму? <i>Джерело. Новини. ТК 24 Канал</i>	http://surl.li/twdfdo	
Скільки нітратів містять овочі та фрукти на українських прилавках? <i>Джерело. Новини. Факти ТК ICTV.</i>	http://surl.li/atzfui	
Наскільки шкідливі нітрати? <i>Джерело. Новини. ТК Україна.</i>	http://surl.li/roupdy	

Таблиця 3.

Приклади інтернет-видань із теми «Нітрати»

Обережно! Небезпечні нітрати в ранніх овочах та фруктах. <i>Головне управління Держпродспоживслужби в Миколаївській області</i>	http://surl.li/pbejvf	
Обережно!!! Небезпечні нітрати в ранніх овочах та фруктах. <i>Національний університет біоресурсів і природокористування</i>	http://surl.li/klwogz	
Нітрати в їжі можуть бути корисними, але за однієї умови. <i>BBC News Україна</i>	http://surl.li/zfuxqx	

Важливим етапом проектної роботи є елемент рефлексії в рамках навчальної ситуації. Доцільним є обговорення актуальності проблем, пов'язаних із вмістом нітратів у продуктах харчування для людини, та домашніх методів зниження рівня нітратів в овочах. Одним із запропонованих методів зниження вмісту нітратів за набутими

результатами є вимочування овочів перед їх споживанням. Для попереднього аналізу ефективності цього методу пропонуємо використати інструменти штучного інтелекту (рис.1). Нейронні мережі аналізують великі обсяги даних про різні сорти овочів, умови вирощування, методи оброблення та результати лабораторних досліджень

для виявлення закономірностей і побудови прогностичних моделей (рис. 2). Зібрану інформацію доцільно використати для формулювання гіпотези та планування експериментальної частини.

Спрогнозуйте, чи дієвим є метод вимочування овочів на прикладі огірків для зниження концентрації нітрат-іонів.

< 2/2 >



Метод вимочування огірків у воді може бути дієвим для зниження концентрації нітрат-іонів, хоча його ефективність залежить від кількох ключових факторів:

- Розчинність нітратів:** Нітрат-іони, які добре розчиняються у воді, можуть частково виходити з клітин овочів у воду. Це особливо відчутно за тривалого вимочування, коли осмотичний процес сприяє переходу розчинених речовин із тканин огірків у воду.
- Тривалість і температура вимочування:** Ефективність вимочування залежить від температури води та часу процесу. Згідно з дослідженнями, вимочування у воді протягом кількох годин, особливо в теплій воді (40-50 °C), здатне значно знизити вміст нітратів. Водночас надмірно тривалий вплив або занадто висока температура може погіршити смак і текстуру огірків.
- Прогнозування за допомогою штучного інтелекту:** Для точнішого прогнозу ефективності можна використати штучний інтелект, щоб оцінити вплив різних умов вимочування на зниження нітратів. ШІ здатен змоделювати оптимальні параметри (температура, час) на основі аналізу попередніх експериментальних даних, що дозволить визначити умови, за яких метод буде найбільш дієвим.

Рис. 1. Застосування інструментів штучного інтелекту (чат-GPT) для попереднього оцінювання ефективності методу вимочування.



Які методи доцільно використати для визначення вмісту нітратів в огірках у побуті або у шкільній лабораторії?



Визначення вмісту нітратів в огірках: доступні методи для дому та школи

На жаль, точний кількісний аналіз вмісту нітратів у продуктах харчування вимагає спеціального лабораторного обладнання, яке недоступне в домашніх умовах або шкільних лабораторіях.

Однак, існують декілька спрощених методів, які дозволяють отримати приблизне уявлення про наявність нітратів в овочах, зокрема в огірках.

Доступні методи для домашнього використання та шкільних лабораторій:

- **Тест-смужки:** Це найбільш поширений і доступний метод. Тест-смужки змінюють колір при взаємодії з нітратами.
 - Переваги: Простота використання, низька вартість.
 - Недоліки: Невисока точність, можливі помилкові результати через вплив інших речовин.
- **Портативні нітратоміри:** Це електронні прилади, які дозволяють виміряти вміст нітратів у продуктах.
 - Переваги: Більш точні, ніж тест-смужки.

Рис. 2 Застосування інструментів штучного інтелекту (Gemini) для пошуку методів визначення нітратів.

Гіпотеза: вимочування овочів зумовлює зниження рівня нітратів.

Формулювання теми: дослідження доцільності використання методу вимочування овочів як один зі способів зниження рівня нітратів в овочах.

Етап планування передбачає складання графіка реалізації проєкту. Проведення такого виду роботи можливе із застосуванням цифрових інструментів: онлайн-дошки, інтелект-карти тощо.

Формулювання задач за кожним із предметів:

- проаналізувати літературні джерела щодо проблем, пов'язаних із підвищеним умістом нітратів у продуктах харчування (біологія);
- установити методи визначення нітратів (хімія, інформатика), використовуючи додаткові джерела інформації;
- розробити методику визначення вмісту нітратів в овочах (хімія);
- провести експерименти з вимочування овочів та порівняти результати

(хімія, інформатика);

- проаналізувати набуті дані та зробити висновки щодо ефективності методу вимочування (інформатика, математика).

Організаційно-дослідницький етап слід реалізовувати в рамках комунікації здобувачів освіти в групах, члени групи розподіляють ролі відповідно до власних інтересів:

- теоретичне дослідження проблеми (пошук, аналіз та систематизація інформації);
- проведення експерименту, порівняння вмісту нітрат-іонів у продуктах харчування рослинного походження з урахуванням рекомендацій щодо зниження рівня нітратів, із використанням доступних хімічних методів аналізу, з-поміж яких і використання експрес-тесту, нітратоміра (рис. 4), сенсорного датчика цифрового вимірювального комп'ютерного комплексу.



Рис. 4 Різновиди лабораторних нітратомірів.

Джерело: покликання <https://chemtest.com.ua/ua/nitratomiri>

Опис методів кількісного аналізу визначення нітрат-іонів NO_3 можна переглянути за покликанням <http://surl.li/inphgt> або швидкокодом.



- фіксування результатів експерименту в зведеній таблиці, розроблення порівняльної діаграми (рис. 5);

Результати дослідження

	Показники	Нітратомір
Зразок 1		
Зразок 1 після вимочування		

Розрахунок зміни концентрації нітрат-аніонів

Вміст нітрат-йонів у зразку 1		100 %
Вміст нітрат-йонів у зразку 1 після вимочування		X %
$X = \frac{\text{Вміст нітратів у зразку 1 після вимочування} \times 100}{\text{Вміст нітратів у зразку 1}}$		
Значення різниці = 100 – x =		

Рис. 5 Приклад оформлення фіксування результатів дослідження та розрахунку зміни концентрації нітрат-аніонів

- висновки, підтвердження або спростування гіпотези.

Для аналізу результатів дослідження та формулювання висновків пропонуємо звернути увагу на такі аспекти, заповнивши пробіли, або обрати один із запропонованих варіантів:

1. Для визначення вмісту нітратів у складі продуктів харчування використали такі методи
2. Призначені для якісного / кількісного аналізу.
3. За результатами дослідження контрольні зразки
4. За результатами дослідження зразок ... містить ... нітратів, при ГДК, мг/кг, це допустима / підвищена концентрація, відповідно продукт є безпечним / небезпечним.
5. Зразок ... (після вимочування) містить ... нітратів, при ГДК ... мг/кг, це допустима / підвищена концентрація, відповідно продукт є безпечним / небезпечним.
6. Аналіз набутих даних підтверджує / спростовує гіпотезу, метод вимочування ефективний / неефективний, обґрунтований...

- підготовка та оформлення результатів роботи для презентації.

Автор статті запропонувала інструктивну картку з теми проєкту «Дослідження

доцільності використання методу вимочування овочів як один зі способів зниження рівня нітратів в овочах» за покликанням: <http://surl.li/sknoxr>

Елементом рефлексії реалізації STEM-проєкту є картка самоаналізу, яку розробляє педагог, це дасть змогу учасникам визначити рівень досягнення поставлених цілей та отримати зворотний зв'язок щодо ефективності використаних методів і прийомів. Приклад картки самоаналізу можна переглянути за покликанням: <http://surl.li/uouddb> або швидкокодом.

Схарактеризуємо наведений проєкт через складники інтегрованого навчання:

- Концептуальність – проєкт базується на наукових концепціях хімії, біології. Його зміст спирається на принципи міждисциплінарного підходу, де інтегруються знання про розчинність речовин, властивості нітратів, їх вплив на організм, математичні розрахунки та використання інформаційних технологій для аналізу даних.
- Системність полягає в забезпеченні взаємозв'язку між елементами освітнього процесу. Послугування



знаннями, вміннями та навичками з хімії, біології, математики та інформатики для розв'язання комплексної проблеми.

- Ефективність належить визначати за очікуваними результатами, а саме з'ясуванням доцільності використання методу вимочування для зниження рівня нітратів в овочах, розробленням рекомендацій. У ході виконання завдань проєкту учні вдосконалюють експериментальні вміння та навички, розвивають ключові компетентності та наскрізні вміння.
- Керованість відображена в чітко сформульованих етапах реалізації проєкту, окресленні ролі учасників, добиранні інструменту для аналізу й оцінюванні результатів діяльності.
- Відтворюваність: педагоги різних закладів освіти за допомогою наведених інструкцій, карток самоаналізу можуть використати методику виконання проєкту, а певні етапи адаптувати відповідно до технічних можливостей та умов.
- Коригованість – це можливість унести зміни до завдань проєкту залежно від набутих результатів, адаптувати їх до різних рівнів підготовки та інтересів учнів.

Упровадження STEM-проєктів сприяє глибшому розумінню хімічних процесів, полегшує зв'язок теоретичних знань із практичним застосуванням і стимулює розвиток критичного мислення. Важливим аспектом є поліпшення навичок міждисциплінарної взаємодії, що є актуальним в сучасному освітньому процесі.

Висновки.

1. Аналіз характеристик STEM-проєктів дозволяє визначити їх як ефективний інструмент для інтеграції знань із різних предметних галузей, що сприяє розвитку в учнів системного мислення та практичних навичок. Інтеграція знань із різних дисциплін зумовлює формування цілісного бачення світу учнів,

їхнє розуміння взаємозв'язків між явищами та процесами, а також віднайдення оптимального розв'язання комплексних проблем. Застосування наукового методу сприяє розвитку дослідницьких навичок через планування, експерименти та аналіз даних. Пізнавальна активність і практична спрямованість стимулюють учнів застосовувати набуті знання в реальних умовах, комунікативність слугує налагодженню ефективної взаємодії в команді. Результатом реалізації STEM-проєктів є комплексне розуміння теми, формування ключових компетентностей та розвиток наскрізних умінь.

2. Ефективна реалізація STEM-проєктів потребує системного підходу, який передбачає чітке планування та поетапне виконання завдань. Ключовими аспектами є формулювання проблеми, визначення мети та завдань, а також прогнозування результатів. Успішність STEM-проєктів забезпечується правильним вибором їхньої форми (індивідуальної або групової), тривалості (короткострокової або довгострокової) та докладним плануванням усіх етапів, серед яких: підготовчий, планування, організаційно-дослідницький, визначення результатів, оцінювання та рефлексія. Цей підхід дає можливість забезпечити структурування процесу, чітку організацію діяльності учасників і досягнення поставлених освітніх цілей.
3. Реалізація інтегрованих STEM-проєктів спонукає учнів комплексно підходити до виконання наукових завдань, послуговуючись знаннями з різних дисциплін, що сприяє формуванню системного мислення та підготовці школярів до реальних ви-

кликів сучасного світу. У роботі схарактеризовано практичні аспекти інтеграції природничих наук у контексті STEM-освіти на уроках хімії. Поетапно розкрито реалізацію STEM-проєкту з теми «Дослідження доцільності використання методу вимочування овочів як один зі способів

зниження рівня нітратів в овочах» та запропоновано приклад інструктивної картки роботи.

Перспективою досліджень є вивчення можливостей використовувати цифрові інструменти та платформи для командної роботи в процесі реалізації STEM-проєктів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бутурліна О. В. та інші. STEM-освіта в Україні в контексті сталого розвитку / О. В. Бутурліна, С. А. Довгаль, Г. А. Григоров, Т. В. Лисоколенко, В. І. Палагута // Європейський журнал сталого розвитку. – 2021. – № 10 (1). – С. 323–328. DOI: <https://doi.org/10.14207/ejsd.2021.v10n1p323>
2. Величко Н. С., Вишнеvsька Н. С. Інтегрована система навчання хімії у контексті компетентнісного підходу / Н. С. Величко, Н. С. Вишнеvsька // Scientific opinions on modern methods of solving problems матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (м. Прага, Чехія, 02 квітня 2023 р.). – Прага, 2023. – С. 143–149.
3. Засєкіна Т. М. Інтеграція в шкільній природничій освіті: теорія і практика : монографія / Т. М. Засєкіна. – Київ : Педагогічна думка, 2020. – 400 с.
4. Концепція розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) / Законодавство України. Верховна Рада України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D1%80#Text>
5. Коршеvнюк Т. В., Ярошенко О. Г. Особливості конструювання програми інтегрованого курсу «Пізнаємо природу» для учнів 5–6 класів / Т. В. Коршеvнюк, О. Г. Ярошенко // Підготовка майбутніх учителів фізики, хімії, біології та природничих наук у контексті вимог Нової української школи: міжн. наук.-практ. конф., 26–27 червня 2022 р., : збірн. матеріалів. – Тернопіль, 2022. – С. 293–295.
6. Матвїйчук Ю. Ю. STEM-освіта як інструмент реалізації інтегрованого вивчення природничо-математичних дисциплін / Ю. Ю. Матвїйчук // Теорія та методика навчання та виховання. – 2021. – № 50. – С. 123–135.
7. Мацкїв І. І. Упровадження елементів STEM-освіти в навчальний процес під час вивчення хімії та біології / І. І. Мацкїв // Таврійський вісник освіти. – 2017. – № 3. – С. 74–82.
8. Мінтїй М. М. Вивчення ландшафту STEM-освіти та підготовки персоналу: комплексний систематичний огляд / М. М. Мінтїй // Освітній вимір [онлайн]. – 2023. – № 9. – С. 149–172. DOI: <https://doi.org/10.31812/ed.583>
9. Мироненко І. В. Упровадження методу проєктів як засобу реалізації діяльнісного підходу в освітньому процесі з біології / І. В. Мироненко / Вересень. – 2023. – № 3 (98). – С. 48–59. DOI: <https://doi.org/10.54662/veresen.3.2023.04>
10. Мирончук О. П. Бінарні уроки як форма STEM-орієнтованої організації освітнього процесу / О. П. Мирончук, М. Б. Трофімук, М. Р. Кашенюк // Педагогічний пошук. – 2019. – № 4. – С. 57–61.
11. Релевантність математичної освіти в синергії складників STEM / Г. С. Погромська, Н. А. Махровська, Е. К. Рогожинська // Вересень. – 2022. – № 3 (94). – С. 17–28. DOI: <https://doi.org/10.54662/veresen.3.2022.03>
12. Упровадження STEM-освіти в умовах інтеграції формальної і неформальної освіти обдарованих учнів: методичні рекомендації / Н. І. Полїхун, К. Г. Постова, І. А. Сліпухїна, Г. В. Онопченко, О. В. Онопченко. – Київ : Інститут обдарованої дитини

НАПН України, 2019. – 80 с.

13. Шаповалов Є. В. Проблема визначення STEM-освіти та міждисциплінарності / Є. В. Шаповалов // Актуальні аспекти розвитку STEM-освіти у навчанні природничо-наукових дисциплін: матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції – 2021. – С. 237–240.

14. Smith K. Principles of Problem-Based Learning (PBL) in STEM Education: Using Expert Wisdom and Research to Frame Educational Practice / K. Smith, N. Maynard, A. Berry, T. Stephenson, T. Spiteri, D. Corrigan, J. Mansfield, P. Ellerton, T. Smith // Education Sciences. – 2022. – 12, 728. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci12100728>

IMPLEMENTING STEM-BASED CHEMISTRY PROJECTS

Blaħa-Minina Daria,

*Methodologist of the Department of Theory
and Methods for Teaching
the Natural Sciences, Mathematics
and Information Technologies*

*Mykolaiv In-Service Teachers Training Institute
4-a, Admiralska Street, 54001, Mykolaiv, Ukraine
daria.blaħa-minina@moippo.mk.ua*

The scientific-methodological article examines the theoretical foundations and practical aspects of subject integration within STEM education, particularly in chemistry lessons. It provides an analysis of the components of an integrated approach, highlighting interdisciplinarity, contextualization, cooperative learning, active learning, individualization, technological support, and the coherence of learning objectives. The significance of interdisciplinarity is emphasized, combining the knowledge from natural sciences, engineering, technology, and mathematics to encourage active cognitive engagement and critical thinking in students. The paper emphasizes the advantages of integrating the STEM approach, enabling the combination of chemistry with other sciences such as physics, biology, and mathematics. The author analyzes the effectiveness of implementing STEM projects in the chemistry curriculum. The specific STEM project example is presented as «Exploring the feasibility of using vegetable soaking as a method to reduce nitrate levels in vegetables» in the article, outlining an interdisciplinary approach to teaching chemistry and demonstrating the integration of chemistry with knowledge from physics, biology, and mathematics. The proposed use of artificial intelligence tools at the preparatory stage is noted, facilitating result prediction and method selection. The provided example illustrates that such an approach enables students not only to acquire theoretical knowledge, but also to apply it in practical situations, developing problem-solving skills in real-world contexts.

The STEM approach is emphasized as a means of fostering systems of thinking and interdisciplinary connections among students. Through integrating chemistry with other disciplines, children can gain insights into the real-life applications of chemical knowledge, enhancing their understanding of fundamental chemical processes and principles. STEM education improves learning outcomes and prepares students for future challenges in a modern world where interdisciplinary skills are increasingly in demand. Implementing STEM projects supports not only scientific knowledge development, but also the formation of key competencies and essential skills necessary for further academic and professional success.

The author sequentially describes the stages of implementing the STEM project on «Investigation of the Feasibility of Using the Soaking Method to Reduce Nitrate Levels in Vegetables», as well as provides quantitative analysis methods for determining nitrate ions

(NO3-), and presents an example of an instruction card. The article demonstrates the integration of chemistry with biology, physics, mathematics, and other sciences. Within chemistry, students study the chemical properties of salts and their impact on human health; biology examines the effect of nitrates on the body; mathematics is used for calculations; and computer science aids in data analysis and diagram creation.

Keywords: essential skills; key competencies; natural sciences; project-based learning; STEM-education.

REFERENCES

1. Buturlina, O.V., Dovhal, S. A., Hryhorov, H. A., Lysokolenko, T. V. & Palahuta, V. I. (2021). STEM-osvita v Ukraini v konteksti staloho rozvytku [STEM education in Ukraine in the context of sustainable development]. *Yevropeyskyi zhurnal staloho rozvytku*, 10 (1), 323–328. DOI: <https://doi.org/10.14207/ejsd.2021.v10n1p323> (ukr).
2. Concept of Development of Natural Science and Mathematical Education (STEM Education). Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D1%80#Text> (ukr).
3. Korshevniuk, T. V. & Yaroshenko, O. H. (2022). Osoblyvosti konstruiuvannya prohramy intehrovanoho kursu «Piznaiemo pryrodu» dlia uchniv 5–6 [Features of designing the program of the integrated course «Learning about Nature» for students in grades 5–6]. *Pidhotovka maibutnikh uchyteliv fizyky, khimii, biolohii ta pryrodnychkh nauk u konteksti vymoh Novoi ukrainskoi shkoly*. Ternopil, 293–295 (ukr).
4. Matskiv, I. I. (2017). Uprovadzhennia elementiv STEM-osvity v navchalnyi protses pid chas vyvchennia khimii ta biolohii [Introduction of elements of STEM education into the educational process during the study of chemistry and biology]. *Tavriiskyi visnyk osvity*, 3, 74–82 (ukr).
5. Matviichuk, Yu. Yu. (2021). STEM-osvita yak instrument realizatsii intehrovanoho vyvchennia pryrodnycho-matematychnykh dystsyplin [STEM education as a tool for implementing the integrated study of natural and mathematical disciplines]. *Teoriia ta metodyka navchannia ta vykhovannia*, 50, 123–135 (ukr).
6. Mintii, M. M. (2023). Vyvchennia landshaftu STEM-osvity ta pidhotovky personalu: kompleksnyi systematychnyi ohliad [Studying the landscape of STEM education and personnel training: a comprehensive systematic review]. *Osvitnii vymir* [online], 9, 149–172. DOI: <https://doi.org/10.31812/ed.583> (ukr).
7. Myronchuk, O. P., Trofimuk, M. B. & Kashcheniuk, M. R. (2019). Binarni uroky yak forma STEM-orientovanoi orhanizatsii osvitnoho protsesu [Binary lessons as a form of STEM-oriented organization of the educational process]. *Pedahohichnyi poshuk*, 4, 57–61 (ukr).
8. Myronenko, I. V. (2023). Uprovadzhennia metodu proektiv yak zasobu realizatsii diialnisnogo pidkhodu v osvitnomu protsesi z biolohii [Implementation of the project method as a means of implementing the activity approach in the educational process in biology]. *Veresen*, 3 (98), 48–59. DOI: <https://doi.org/10.54662/veresen.3.2023.04> (ukr).
9. Pohromska, H. S., Makhrovska, N. A., & Rohozhynska, E. K. (2022). Relevantnist matematychnoi osvity v synerhii skladnykh STEM [The relevance of mathematics education in the synergy of STEM components]. *Veresen*, 3 (94), 17–28. DOI: <https://doi.org/10.54662/veresen.3.2022.03> (ukr).
10. Polikhun, N. I., Postova, K. H., Slipukhina, I. A., Onopchenko, H. V. & Onopchenko, O. V. (2019). *Uprovadzhennia STEM-osvity v umovakh intehratsii formalnoi i neformalnoi osvity obdarovanykh uchniv* [Implementation of STEM education in conditions of integration of formal and informal education of gifted students]. Kyiv: Instytut obdarovanoi dytyny NAPN

Ukrainy (ukr).

11. Shapovalov, Ye. V. (2021). Problema vyznachennia STEM-osvity ta mizhdystsyplinarnosti [The problem of defining STEM education and interdisciplinarity]. *Aktualni aspekty rozvytku STEM-osvity u navchanni pryrodnycho-naukovykh dystsyplin*, 237–240 (ukr).

12. Smith, K., Maynard, N., Berry, A., Stephenson, T., Spiteri, T., Corrigan, D., Mansfield, J. & at all. (2022). Principles of Problem-Based Learning (PBL) in STEM Education: Using Expert Wisdom and Research to Frame Educational Practice. *Education Sciences*, 12, 728. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci12100728> (eng).

13. Velychko, N. S. & Vyshnevska, N. S. (2023). Intehrovana systema navchannia khimii u konteksti kompetentnisnogo pidkhodu [An integrated system of teaching chemistry in the context of the competence approach]. *Scientific opinions on modern methods of solving problems*. Praha, 143–149 (ukr).

14. Zasiiekina, T. M. (2020). *Intehratsiia v shkilnii pryrodnychii osviti: teoriia i praktyka* [Integration in school science education: theory and practice]. Kyiv: Pedahohichna dumka (ukr).

Стаття надійшла до редакції: 04.11.2024

Прийнята до друку: 27.11.2024