УДК 378.018.8

Люльченко Людмила Олексіївна –
викладач-стажист кафедри хімії та екології
Уманського державного педагогічного
університету імені Павла Тичини
ORCID 0000-0001-9621-9805
e-mail:slulchenko@ukr.net

ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНЬОГО ВЧИТЕЛЯ ХІМІЇ ДО ВПРОВАДЖЕННЯ STEM В ОСВІТНІЙ ПРОЦЕС ЗАКЛАДІВ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ

Анотація. На сучасному етапі розвитку українського суспільства основний обов'язок вчителя полягає не лише в тому, щоб зацікавити здобувачів загальної середньої освіти теоретичним чи практичним основам, але й допомогти їм набути критичних навичок, які дозволять їм пристосовуватися до мінливих обставин, взаємодіяти та творчо реалізуватися. Інакшими словами, сучасний вчитель повинен навчити здобувачів освіти співпрацювати з іншими, критично мислити, оцінювати, аналізувати, прогнозувати та робити обґрунтовані висновки.

Традиційна освіта, яка сьогодні займає вагоме місце, змушена змінюватись під тиском викликів сучасної епохи. Здобувачі закладів загальної середньої освіти, що навчаються із використанням програм STEM, вміють розв'язувати проблеми на практиці, методом спроб і помилок, а не за допомогою теоретичних підходів. Хоча впровадження STEM вимагає багато часу і зусиль, а також творчого підходу з боку вчителя, але дане передбачає нові можливості в роботі педагогів, піднявши рівень викладання і створити умови для реалізації критичного мислення і набуття здатності працювати в команді серед здобувачів освіти.

Слід врахувати, що сучасний технологічний простір потребує фахівців в галузі хімії для створення нових хімічних продуктів із встановленням їх впливу

як на живий організм так і на екологію в цілому. Тому, хімічна освіта є одним з ключових елементів загальної підготовки здобувачів в середовищі загальної середньої освіти. Одним із ефективних, методів розвивати хімічну освіту є використання STEM-проєктів. STEM- проєкт встановлює міжпредметні зв'язки під час реалізації проєктної діяльності для формування цілісного та системного світогляду. Враховуючи різні дослідження, можна зробити висновок, що STEM-проєкт, що впроваджений в усі освітні етапи створить умови розвитку майбутнього хіміка, стане його запорукою легкої адаптації до майбутніх викликів суспільства.

Ключові слова: вчитель хімії, STEM-проєкт, освітній процес, заклад загальної середньої освіти, проєктна діяльність.

LIULCHENKO Lyudmyla Oeksiyivna –
Trainee Lecturer at the Department of
Chemistry and Ecology
Pavlo Tychyna Uman State
Pedagogical University
ORCID 0000-0001-9621-9805
e-mail:slulchenko@ukr.net

THEORETICAL ASPECTS OF PREPARING A FUTURE CHEMISTRY TEACHER FOR THE IMPLEMENTATION OF STEM IN THE EDUCATIONAL PROCESS OF GENERAL SECONDARY EDUCATION INSTITUTIONS

Annotation. At the current stage of development of Ukrainian society, the main duty of a teacher is not only to interest students in theoretical or practical foundations, but also to help them acquire critical skills that will allow them to adapt to changing circumstances, interact with others, and be creative. In other words, a modern teacher must teach students to collaborate with others, think critically, evaluate, analyze, predict, and draw reasonable conclusions.

Traditional education, which occupies a significant place today, is forced to change under the pressure of the challenges of the modern era. Students of general

secondary education institutions who study using STEM programs are able to solve problems in practice, through trial and error, rather than using theoretical approaches. Although the implementation of STEM requires a lot of time and effort, as well as creativity on the part of the teacher, it provides new opportunities for teachers, raising the level of teaching and creating conditions for the realization of critical thinking and the ability to work in a team among students.

It should be noted that the modern technological space requires specialists in the field of chemistry to create new chemical products and determine their impact on both living organisms and the environment as a whole. Therefore, chemical education is one of the key elements of the general training of applicants in the environment of general secondary education. One of the most effective ways to develop chemical education is to use STEM projects. A STEM project establishes interdisciplinary connections during the implementation of project activities to form a holistic and systematic worldview. Taking into account various studies, we can conclude that a STEM project implemented at all educational stages will create conditions for the development of a future chemist and will become his/her key to easy adaptation to future challenges of society.

Keywords: chemistry teacher, STEM project, educational process, general secondary education institution, project activity.

Постановка та обґрунтування актуальності проблеми. Значення хімічної науки зростає в умовах реалізації Нової української школи. Особливо це стосується формування ключових компетентностей в учнів закладів загальної середньої освіти. Тому існує потреба в підготовці майбутніх вчителів хімії в закладах вищої освіти до реалізації завдань Нової української школи.

Аналіз наукової літератури дозволив зробити висновок, що донедавна освітній процес підготовки майбутнього вчителя хімія передбачав вивчення та запам’ятовування теоретичного матеріалу із вивченням хімічних фактів. Такий підхід скоріше відволікав здобувачів від хімічної освіти, ніж сприяв опануванню понять і законів хімії. На думку науковців Т. Денисенка та Н. Стець «Популяризація хімії серед молоді є одним із сучасних освітніх

напрямів. Для того, щоб хімічна освіта стала захоплюючою, цікавою та доступною для здобувачів, потрібно встановити реальний зв'язок між набуттям теоретичних знань та практичним застосуванням їх в професійній діяльності і в різних побутових аспектах» [3, с. 44].

Основна увага закладів вищої педагогічної освіти повинна бути направлена на формування мотивації здобувачів вищої освіти до опанування майбутньої професії. Адже мотивація виступає тим головним каталізатором для успішного оволодіння всіх аспектів майбутньої професії. Дана проблема висвітлена у багатьох українських та зарубіжних дослідженнях. Ряд дослідників сходяться в думці, що високий рівень мотивації здобувача вищої освіти сприяє успішному засвоєнню всіх аспектів майбутньої педагогічної діяльності. Тому заклад вищої педагогічної освіти повинен працювати не лише на забезпеченні теоретичного багажу, матеріально-технічної бази, засобів навчання, створенню оптимальних умов, тощо, а також повинен створити сприятливу атмосферу, щодо формування професійної мотивації. Професійна мотивація це саме та внутрішня рушійна сила, яка спонукає здобувача освіти до майбутньої професійної діяльності [4, с. 171].

Але, сучасний освітній процес підготовки майбутнього вчителя хімії в закладах вищої освіти будується лише на багатокомпонентній системі та на взаємозв'язку різноманітних видів діяльності здобувачів, поєднуючи опанування теоретичних знань та впровадження їх у практичну діяльність. Тому, слушною є думка дослідника О. Янкавець, що в розробці освітньої системи підготовки майбутніх вчителів хімії потрібно врахувати не лише накопиченням знань, але й передбачити розвиток творчого мислення та практичної готовності до застосовування набутих знань. Викладач закладу вищої освіти повинен забезпечити не лише передачу теоретичного матеріалу, а повинен також працювати над розвитком умінь здобувачів освіти креативно мислити, моделювати причинно-наслідкові зв'язки, прогнозувати та творчо виконувати майбутні обов'язки вчителя хімії, а також бути вмотивованим до самореалізації та саморозвитку.

Підготовка майбутнього вчителя хімії також передбачає і готовності до формування ключових компонентів в учнів закладів загальної середньої освіти. Така готовність дозволить майбутньому вчителю хімії здійснювати інтелектуальний розвиток учнів, формувати науково хімічний світогляд, інформаційних і соціальних хімічних компетентностей, хімічного стилю мислення. Отже, вище викладене окреслює основні проблеми, які необхідно вирішити у процесі підготовки вчителя хімії. Тут буде доречним позиція дослідника Р. Ямборак, що сьогодні все більше набуває актуальності зміна освітньої парадигми від «навчання для життя» до «навчання протягом усього життя» [7, с. 71]. Тому відбувається активний пошук нових шляхів реалізації освітніх завдань. Головним пріоритетом повинен стати відхід від стереотипу, що освітній процес закладу вищої освіти побудований на отриманні здобувачем готових знань від викладача.

На наш погляд влучним підходом до реалізації освітнього процесу в закладах вищої освіти, можливе через переорієнтацію на пошук та впровадження новітніх методів навчання. Слід врахувати думку Р. Ямборак, що «Триває пошук нових підходів до організації освітнього процесу, спрямованого на розвиток здібностей здобувачів вищої освіти, формування у них навичок самостійного наукового пізнання та самореалізації особистості. Вирішення цього завдання можливе завдяки впровадженню STEM-підходів до вивчення хімічних дисциплін [7, с. 72].

На наш погляд потрібно теоретично перевірити гіпотезу щодо підготовки майбутніх здобувачів освітньо-професійної програми «Середня освіта (Хімія)» до впровадження STEM-проєкту на уроках хімії в закладах загальної середньої освіти.

Аналіз актуальних досліджень і публікацій.

На актуальність проблеми щодо удосконалення освітнього процесу в закладах вищої освіти вказують праці науковців В. Кременя, В. Майбороди. Дослідження основних аспектів підготовки майбутнього вчителя хімії в закладах вищої освіти проводять В. Арестенко, Л. Бурчак. Над проблемою по

впровадженню інтерактивних технологій в освітній процес працюють Г. Коберник, Л. Пироженко, Н. Побірченко, О. Пометун, В. Шарко. Науковий доробок у розробку питань використання новітніх освітніх технологій у процесі викладання хімічних дисциплін зробили О. Міщенко, Н. Горбатюк, О. Кривошея, Ю. Момот, Т. Ненастіна, Г. Пінчук та ін. Над вирішенням проблеми по використанню STEM під час освітнього процесу працюють Н. Морзе, Г. Онопченко, Н. Поліхун, К. Постова, О. Сало, І. Сліпухіна. Над розвитком STEM-освіти в закладах загальної середньої України, як процес створення нової системи освіти, що відповідно до вимог Нової Української школи, а зокрема використанню нових технологій освіти на уроках хімії обґрунтовано в працях О. Бородіної, Ю. Мороз Е. Раткевич, О. Тасенко, О. Харченко. Отже здійснивши кроткий екскурс наукових досліджень чітко виокремлюється актуальна проблема підготовки майбутнього вчителя хімії до впровадження STEM в освітній процес закладів загальної середньої освіти.

Мета статті – полягає в теоретичному обґрунтуванні необхідності підготовки майбутнього вчителя хімії до впровадження STEM на уроках хімії в закладах загальної середньої освіти.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Соціально-екологічні трансформації та прагнення як найшвидшого подолання кризи в Україні неможливі без висококваліфікованих фахівців у будь-якій сфері діяльності, особливо в освітній галузі. Українська освіта має перед собою нові виклики та потребує нових науковців, які зможуть поєднати знання з різних галузей задля розвитку майбутніх інновацій та відкриттів. Освітня галузь повинна працювати ефективно та без помилок, адже кожна помилки та непрофесіоналізм педагога коштують особливо дорого. Тому якість підготовки майбутніх педагогів є гострою найактуальнішою проблемою для закладів вищої освіти.

Особливо це стосується підготовки майбутнього вчителя хімії, адже хімія та багато інших природничих дисциплін покликані допомогти учням закладів загальної середньої освіти, побудувати наукову перспективу та одночасно

вирішуючи питання, що пов’язані з їхнім особистим розвитком, життєвими навичками та формуванням соціальних компетенцій. Тому, хімічна освіта, є ключовим фактором із розвитку суспільства в різних сферах діяльності.

До такого висновку можна дійти врахувавши, що фахівець з хімічною освітою потрібний в різних галузях, як медицина, енергетика, сільське господарство, військова справа тощо. Отже, майбутній фахівець в галузі хімії затребуваний для сучасної діяльності та майбутнього розвитку держави. Перші ґрунтовні хімічні знання людина отримує в закладі загальної середньої освіти на уроках хімії. Тому, потрібно виокремити ефективні методи підготовки майбутнього вчителя хімії в системі закладів вищої освіти.

Останні роки ряд науковців та дослідників, як О. Коберник, О. Москаленко, Г. Пухальська, П. Шеремет, С. Ящук дотримуються позиції, що використовуючи проєктні технології під час освітнього процесу передбачає підвищення рівня надання освітніх послуг. Такий підхід стимулює до природної допитливості та творчого потенціалу здобувачів освіти, формує в них специфічні навички за рахунок реалізації проблемно-орієнтованого пошуку. Науковці О. Глоба, Т. Деркач, Н. Загнібіда, Н. Ковальчук, П. Самойленко відстоюють позицію, що використання методу проєктів сприяє формуванню креативного, конкурентоспроможного та відповідального фахівця, який здатний приймати самостійні оптимальні рішення в професійній діяльності.

Дослідники О. Гаркович, С. Стрижак вказують на навчальний проєкт, як метод, що прогнозує «розвиток навичок співробітництва і ділового спілкування в колективі та передбачає поєднання індивідуальної самостійної роботи з груповими заняттями, обговорення дискусійних питань, характеризується наявністю дослідницької методики та створенням учнями кінцевого продукту (результату) їх власної творчої діяльності» [5, с.185].

На практиці навчання хімії з використанням методу проєктів учень аналізує [2, с.76], виконує певні дії, одночасно засвоює прийоми і методи проєктування, оцінює власний досвід з точки зору готовності до життя.

Розвиток проєктного мислення, основою якого є творчий підхід, забезпечує особистості можливість сталого розвитку за обраною ним траєкторією діяльності [1, с. 8]. При виконанні проєктів, їх оформленні і презентації учнем необхідні знання не лише з хімії, а й з інших предметів: мов рідної й іноземної, математики, історії, природничих наук тощо. Отже можна говорити про зв'язок між предметами [1, с. 9].

Науковець Т. Вороненко враховує діяльності учнів у процесі опанування хімії, розділяє навчальні проєкти за окремими видами, як творчі, рольові (ігрові), інформаційні, дослідницькі та практико-орієнтовані проєкти [1, с. 9]. Але враховуючи концепцію розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) упровадження STEM націлене на підвищення якості освіти завдяки формуванню і розвитку STEM-компетентностей у молоді на всіх складниках та рівнях освіти з мотивацією до проєктної діяльності. Зростаючий попит на фахівців у галузі STEM робить навчання ефективним засобом підготовки здобувачів освіти до майбутнього життя.

Виклики сьогодення та можливості інформаційно-технічного забезпечення освітнього процесу, потрібно звернути увагу на дослідження впровадження STEM-підходів, що стане позитивним впливом на процес навчання хімії. STEM-підхід передбачає створення умов для реалізації хімічних знань в реальних ситуаціях, що допомагає здобувачеві освіти зрозуміти актуальність хімії в майбутній професійній діяльності.

Створення для здобувача вищої освіти спеціальності (Середня освіта. Хімія) STEM-середовища через інтеграцію STEM-підходів, інтердисциплінарний підходів, переходу до активного навчання, розвиток критичного мислення з орієнтацією на сучасні педагогічні технології. А також враховуючи позицію Р. Ямборак, що для досягнення якісного засвоєння хімічних дисциплін потрібно застосувати STEM-підхід через концепцію хімічної експлорації [7, с. 71].

Отже, аналізуючи вище викладене дозволяє зрозуміти, що впровадження STEM-освіти в освітній процес закладів вищої освіти під час підготовки

майбутнього фахівця за освітньою програмою «Середня освіта. Хімія» є актуальним та потребує детального обґрунтування етапів підготовки з врахуванням вимог Нової української школи, оскільки потрібно бути готовим до виконання STEM-проєктів з хімії в закладах загальної середньої освіти.

Опанування майбутнім вчителем хімії методики проведення STEM-проєктів, в результаті створить можливість виконувати учнями на уроках хімії загальноосвітніх закладів освіти практичний експеримент. Метод проєктів передбачає використання вчителем сукупності дослідницьких, пошукових, проблемних тощо методів, творчих за своєю суттю. Він потребує створення умов, за яких учні самостійно й охоче отримують знання з різних джерел, орієнтуються в інформаційному просторі, набувають навичок інформаційного пошуку і розвивають дослідницькі вміння. Працюючи над проєктом, учні спілкуються, співпрацюють і допомагають один одному в процесі навчання, розвивають соціальні, розумові та комунікативні навички, навчаються працювати в команді.

Проєктна робота дає змогу швидко і скоординовано застосувати багато різносторонніх навичок, вмінь, об’єднати досвід кожного з учасників групи [6]. Впровадження STEM-проєктів на уроках хімії допоможе учням: розвинути критичне мислення та творчі здібності. Навчитися застосовувати знання на практиці. Розвинути навички співпраці та комунікації. Підвищити інтерес до хімії та інших STEM-дисциплін.

Для прикладу розглянемо реалізацію STEM-проєкту «Екологічно чисті миючі засоби», який можна реалізувати в залежності рівня складності від п’ятих до дев’ятих класів. **Мета даного проєкту передчає:** використаня міжпредметних та міжтематичних зв’язків (**біології, екології, математики, технології, хімія**); підвищення рівня готовності до пошуково-дослідницької роботи, вміння діяти, нестандартно та креативно; розвинути просторове уявлення, активізувати пізнавальну діяльність; розвинути навички взаємодопомоги та командної роботи; екологічної культуру, любові до рідної землі. Завдання STEM-проєкту прогнозує розроблення рецептур екологічно

чистих мийних засобів, у процесі визначення хімічних властивостей різних речовин, що можна буде використати для розробки рецепту екологічно чистих миючих засобів та будуть безпечними для людини та довкілля. Виконання завдання проєкту буде відбуватися через реалізації міжпредметних та міжтематичних зв'язків, а саме з **математики –** проведення розрахунків концентрацій речовин, **технології** – виготовлення миючих засобів, **екології** – проблеми забруднення довкілля, **біології** – як впливають хімічні речовини на живі організми та **хімії –** саме під час яких учні опрацьовують інформацію про хімічний склад та властивості речовин: поверхнево-активні речовини, природні кислоти та луги, ферменти тощо.

Етапи проєкту передбачають визначення проблеми, а саме обговорення з учнями існуючої проблеми щодо забруднення навколишнього середовища синтетичними засобами миючими та пошук альтернативних засобів. Етапи включають хімічний аналіз екологічно чистих миючих засобів складу звичайних миючих засобів та їхній вплив на навколишнє середовище, а саме розділяються на: *дослідження* – вивчення хімічних властивостей природних речовин, які мають миючі властивості (наприклад, сода, оцет, лимонна кислота, мильні горіхи); *планування* – розробка плану експериментів. Визначення необхідних матеріалів та обладнання. Розподіл обов'язків між членами команди; *реалізація* – приготування миючих засобів за розробленими рецептами. Проведення експериментів для оцінки ефективності миючих засобів (наприклад, видалення різних видів забруднень). Фіксація результатів експериментів; *аналіз та оцінювання* – аналіз отриманих результатів. Порівняння ефективності різних рецептів. Оцінка безпеки використання створених миючих засобів. Формулювання висновків; *презентація* – підготовка презентації проєкту. Представлення результатів проєкту перед класом.

Використання можливих рецептів: Універсальний миючий засіб: сода харчова, мило господарське, вода, ефірні олії (для аромату). Засіб для миття посуду: гірчичний порошок, сода кальцинована, лимонна кислота. Засіб для чищення ванни: сода харчова, оцет, ефірна олія чайного дерева (для

дезінфекції). Оцінювання проєкту: Активність учнів під час виконання проєкту. Якість проведених досліджень. Ефективність створених миючих засобів. Якість презентації проєкту. Екологічність створеного продукту.

Отже, впровадження STEM-проєктів на уроках хімії є важливим інструментом для підготовки здобувачів освіти до успішної діяльності та особистого зростання в сучасному світі. STEM-проєкт є практичною діяльністю що дає учням змогу не просто запам'ятати теорію, а й отримати цінний практичний досвід, який допоможе їм у реальному житті. Застосування різноманітних навчальних методів активно залучило учнів до навчання та розвинуло їхні комунікативні навички. Тому саме здобувачам вищої освіти освітньо-професійної програми «Середня освіта (Хімія)» відводиться відповідальна місія з впровадження STEM-освіти, а зокрема STEM-проєктів в освітній процес закладів загальної середньої освіти.

Висновки та перспективи подальших розвідок напряму. Освітній процес вимагає впровадження інноваційних методів навчання. Здійсненний аналіз показує, що для розвитку проєктної діяльності на уроках хімії ефективним інструментом буде STEM-освіта. STEM-освіта використовує міждисциплінарний та міжтематичний підхід, практичну спрямованість та розвиток дослідницькій діяльності, що відповідає концепції Нової української школи. Виконання STEM-проєктів на уроках хімії передбачає розвиток в здобувачів загальної середньої освіти критичного мислення, творчих здібностей, практичних і комунікативних навичок та вміння працювати в команді над проєктами.

Перспективи наукових досліджень полягають в дослідженні використання віртуальних лабораторій у процесі реалізації STEAM-проєктів на уроках хімії, що створить можливість ефективно, цікаво і продуктивно використати освітній час. Даний підхід створить можливість виконувати дослідницькі завдання здобувачами загальної середньої освіти, а саме використати теоретичні знання на практиці, що активізує пізнавальний інтерес, а відповідно – підвищують якість освітнього процесу.

Список використаних джерел

1. Вороненко Т. І. STEM-освіта – її реалії у сьогоденні України : *Інноваційна діяльність педагога в умовах реформування освітньої галузі: з досвіду впровадження ідей Нової української школи*, матер. Всеукр. наук.-практ. конф., м. Херсон, 10 черв. 2020 р., м. Херсон, 2020, С. 6–12. URL: http://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/722375

2. Горбатюк Н .М. Метод проектів та його роль у процесі навчання хімії. *XII Менделєєвські читання* : зб. наук. пр. міжнар. наук.-практ. конф., м. Полтава, 27–28 лют. 2019 р. Полтава, 2019. С. 75–77.

3. Денисенко Т. О., Стець Н.В. Перспективи використання інноваційних методів у хімічній освіті. *Зелені рішення як пріоритет корпоративної соціальної відповідальності*: Матеріали круглого столу, м. Дніпро, 16 трав. 2023 р. Дніпро, 2023. С. 43-45.

4. Сергієнко Н. П. Особливості мотивації до навчальної діяльності курсантів та студентів. *Габітус*. 2021. № 30. С. 169–173. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/habit_2021_30_31 (дата звернення: 15.02.2025).

5. Стрижак С., Гаркович О. Підходи до організації навчально-виховного процесу з хімії у старшій школі. *XII Менделєєвські читання* : зб. наук. пр. міжнар. наук.-практ. конф., м. Полтава, 27–28 лют. 2019 р. Полтава, 2019. С. 183–186.

6. Упровадження STEM-освіти в умовах інтеграції формальної і неформальної освіти обдаро_ваних учнів: методичні рекомендації / Н. І. Поліхун, К. Г. Постова, І. А. Сліпухіна, Г. В. Онопченко, О. В. Онопченко. Київ : Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2019. 80 с.

7. Ямборак Р. Хімічна експлорація: оптимізація навчання хімії через інтеграцію STEM-підходів. *Педагогічні науки*. 2024. № 105. С. 69-74.

REFERENCES

1. Voronenko, T. I. (2020). STEM-osvita – yii realii u sohodenni Ukrainy. *Innovatsiina diialnist pedahoha v umovakh reformuvannia osvitnoi haluzi: z dosvidu*

vprovadzhennia idei Novoi ukrainskoi shkoly: proceedings of the Scientific and Practical Conference. Kherson: 6–12. [in Ukrainian].

2. Horbatiuk, N .M. (2019). Metod proektiv ta yoho rol u protsesi navchannia khimii. *KhII Mendelieievski chytannia* : proceedings of the Scientific and Practical Conference. Poltava: 75–77 [in Ukrainian].

3. Denysenko, T. O., Stets, N.V. (2023). Perspektyvy vykorystannia innovatsiinykh metodiv u khimichnii osviti. *Zeleni rishennia yak priorytet korporatyvnoi sotsialnoi vidpovidalnosti*: proceedings of the Scientific and Practical Conference. Dnipro: 43-45 [in Ukrainian].

4. Serhiienko, N. P. (2021). Osoblyvosti motyvatsii do navchalnoi diialnosti kursantiv ta studentiv. *Habitus. 30, 169–173. URL :* http://nbuv.gov.ua/UJRN/habit_2021_30_31 [in Ukrainian].

5. Stryzhak, S., Harkovych, O. (2019). Pidkhody do orhanizatsii navchalno-vykhovnoho protsesu z khimii u starshii shkoli. *KhII Mendelieievski chytannia* : proceedings of the Scientific and Practical Conference. Poltava: 183–186 [in Ukrainian].

6. Uprovadzhennia STEM-osvity v umovakh intehratsii formalnoi i neformalnoi osvity obdaro_vanykh uchniv: metodychni rekomendatsii (2019). Polikhun, N. I., Postova, K. H., Slipukhina, I. A., Onopchenko, H.V., Onopchenko, O.V. Kyiv : Instytut obdarovanoi dytyny NAPN Ukrainy. 80 [in Ukrainian].

7. Yamborak, R. (2024). Khimichna eksploratsiia: optymizatsiia navchannia khimii cherez intehratsiiu STEM-pidkhodiv. *Pedahohichni nauky, 105, 69-74* [in Ukrainian].