

УДК 371.134

DOI <https://doi.org/10.24919/2308-4863/51-105>

Марина СИДОРОВИЧ,

orcid.org/0000-0003-1302-3378

*доктор педагогічних наук, професор
професор кафедри біології людини та імунології
Херсонського державного університету
(Херсон, Україна) marinasidorovich1@gmail.com*

УПРОВАДЖЕННЯ STEM-ОСВІТИ ЯК МІЖДИСЦИПЛІНАРНОГО ПІДХОДУ ЗАСОБАМИ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ЗДОБУВАЧІВ У ПІДГОТОВКУ МАЙБУТНІХ ВЧИТЕЛІВ БІОЛОГІЇ

STEM-освіта забезпечує інноваційні досягнення у економіці та інших суспільних сферах. Підготовка вчителя не є виключенням з цього процесу. Аналіз змісту сучасних праць вітчизняних і англомовних науковців засвідчив, що чіткого розуміння сутності поняття STEM-освіти вони не мають. У більшості досліджень тільки розшифровується аббревіатура або дається розмите і розширене трактування цього поняття. Водночас більшість англомовних науковців називають дві загальні риси STEM-освіти. До них вони відносять міждисциплінарність і розвиток творчих здібностей здобувачів, що забезпечує створення «об'єктивно нового» (знань і «продуктів» діяльності, а саме методів, способів, приладів, методик тощо). Аналогічних поглядів дотримуються їх колеги, які провели аналітичні дослідження стосовно впровадження STEM-освіти до підготовки фахівців загалом і вчителів, зокрема. Розв'язання проблеми впровадження двох провідних рис STEM-освіти у підготовку вчителів біології в теорії і на практиці залишається неопрацьованим питанням у англомовній і українській методичній літературі. У дослідженні запропоновано один із шляхів розв'язання вказаного аспекту засобами організації позааудиторної довгострокової дослідницької діяльності екологічної спрямованості (з біотестування) майбутніх вчителів біології. Міждисциплінарність реалізується у ній під час наукового пошуку крізь інтеграцію біології, екології, хімії, математики (статистики) і методики навчання біології. Занурення майбутнього вчителя у науково-дослідницький пошук є ще одним доказом його підготовки в межах STEM засобами міждисциплінарності. Її реалізація забезпечує процес створення здобувачем «об'єктивно нового» (нових методик біотестування і оригінального методичного доробку на основі власних результатів наукового пошуку). Отже, сприяє реалізації іншої провідної риси STEM-освіти.

Ключові слова: STEM-освіта, міждисциплінарність, підготовка майбутніх вчителів біології, науково-дослідницька позааудиторна діяльність здобувачів.

Marina SIDOROVICH,

orcid.org/0000-0003-1302-3378

*Doctor of Pedagogical Science, Professor;
Professor at the Department of Human Biology and Immunology
Kherson State University
(Kherson, Ukraine) marinasidorovich1@gmail.com*

INTRODUCTION OF STEM EDUCATION AS AN INTERDISCIPLINARY APPROACH BY MEANS OF RESEARCH ACTIVITIES OF APPLICANTS IN THE TRAINING OF FUTURE BIOLOGY TEACHERS

STEM education provides innovative achievements in economics and other social spheres. Teacher training is no exception. Analysis of the content of modern works of domestic and English-speaking scientists showed that they do not have a clear understanding of the essence of the concept of STEM education. In most studies, only the abbreviation is deciphered or a vague and expanded interpretation of this concept is given. At the same time, most English-speaking scientists name two common features of STEM education. These include interdisciplinarity and the development of creative abilities of applicants, which ensures the creation of "objectively new" (knowledge and "products" of activities, namely methods, techniques, devices, techniques, etc.). Similar views are shared by their colleagues, who conducted analytical research on the implementation of STEM education to train professionals in general and teachers in particular. Solving the problem of introducing two leading features of STEM education in the training of biology teachers in theory and practice remains an unresolved issue in the English and Ukrainian methodological literature. The study proposes one of the ways to solve this aspect by means of organizing extracurricular long-term research activities in the field of environmental (biotesting) of future biology teachers. Interdisciplinarity is realized in it during the scientific research through the integration of biology, ecology, chemistry, mathematics (statistics) and methods of teaching biology. Immersion

of the future teacher in the research search is another proof of his training within STEM by means of interdisciplinarity. Its implementation provides the process of creating by the applicant "objectively new" (new methods of biotesting and original methodological achievements based on their own results of scientific research). Thus, it contributes to the realization of another leading feature of STEM education.

Key words: *STEM-education, interdisciplinarity, training of future biology teachers, research outside the classroom activities of applicants.*

Актуальність проблеми. На сучасному етапі розвитку людства STEM-освіта широко впроваджується у багатьох країнах і стає однією з основних тенденцій у світовому просторі. Тому провідною її характеристикою у глобальній освітянській політиці є просування STEM-освіта у всіх ланках навчання для забезпечення інноваційних досягнень у економіці та інших суспільних сферах. Вона стала майданчиком для широких дискусій, що визначають у світі напрямки формування освітянської політики та практики (Ellison, Scott, and Ben Allen, 2018), зокрема, підготовки вчителів (Patrick M. Jenlink and Karen Embry Jenlink, 2019).

Аналіз останніх досліджень. Український освітянський простір також залучений до таких дискусій. Доказ тому, наприклад, збірники конференцій минулого року, які презентують досягнення STEM-освіти у нашій державі (Збірник.. за ред. Вербицький, 2021; STEM-освіта... за ред. Кузьменко, 2021). Аналіз їх змісту засвідчив, що єдиного і чіткого розуміння сутності поняття STEM-освіта його автори не мають. У зв'язку з тим, що вказане поняття іншомовного походження, здійснено аналіз англійської науково-методичної літератури з різноманітних проблем STEM-освіти. Він довів, що і у вказаних працях відсутнє таке визначення поняття «STEM-освіта» (Defining STEM, 2017), хоча фахівці наголошують на необхідності проведення його методологічно-структурованого аналізу (Liudmila V. Shukshina et al., 2021). Проте у більшості досліджень або розшифровується абревіатура, або дається розмите і розширене трактування цього поняття (Nancy Tsupros et al., 2008; David W. White, 2014; Gitta Siekmann, 2016; Gitta Siekmann, 2016; Nugroho et al., 2019; Kelly C. Margot and Todd Kettler, 2019; Fuchang Liu, 2020; Kseniia Nepeina et al., 2020; Shu Han et al., 2020). Не зважаючи на відсутність єдиного визначення STEM-освіти, у його тлумаченні більшість науковців називають дві загальні риси: міждисциплінарність і розвиток творчих здібностей здобувачів, що забезпечує створення «об'єктивно нового» (знань і «продуктів» діяльності, а саме методів, способів, приладів, методик тощо). Отже, такий розвиток орієнтований на розв'язання реальних проблем, яке має безпосереднє практичне застосування у різних областях

життя людини. Саме ці особливості і відрізняють STEM-освіту від «навчання крізь дослідження». Продемонструємо вказане. Так, у Паризькому комюніке 2018 року останнє поняття визначено як дослідницьку діяльність студентів, що пов'язана з дослідженнями й інноваціями на всіх рівнях вищої освіти. Вона сприяє розвитку критичного і творчого мислення, яке дозволить їм віднаходити інноваційні рішення щодо викликів, котрі виникають (Паризьке комюніке. 2018). Стосовно учнів М. Фіцула сутність «навчання крізь дослідження» бачить у забезпеченні освітньої підготовки учнів у процесі систематичних навчальних досліджень. На думку авторки «метою застосування дослідницьких технологій в навчанні є набуття учнями досвіду дослідницької роботи в пізнавальній діяльності... і формування на цій основі... творчої особистості» (Фіцула, 2017). Отже, вказане поняття не охоплює виокремлені вище дві провідні риси STEM.

В аналітичних англійських оглядах стосовно розв'язання в теорії проблеми впровадження STEM-освіти у вищу школу також розглядають у складі провідних умов ефективності здійснення такого процесу міждисциплінарність і практичну складову навчання, що орієнтована на реальні проблеми. Так, Fuchang Liu (Fuchang Liu, 2020) називаючи шість аспектів, що забезпечують його успішність, вважає, що принцип *міждисциплінарності* є провідною особливістю впровадження STEM-освіти у підготовку майбутніх фахівців (інженерів). Група авторів наголошують на змішаному навчанні і домінуванні в ньому *практичної складової (польових практик)* як ефективних засобів впровадження STEM-освіти у процес формування геофізичних і геонавігаційних компетентностей (Kseniia Nepeina et al., 2020). У аналітичному дослідженні стосовно підготовки вчителя Kelly C. Margot and Todd Kettler (Kelly C. Margot and Todd Kettler, 2019) серед умов успішного впровадження STEM-освіти вказують саме на *міжпредметну інтеграцію* навчання і організацію *прикладної (практичної) діяльності здобувача, результати якої можна використати з різною метою у житті*. Автори роблять загальний висновок дослідження: найефективніший засіб впровадження STEM-освіти

у підготовку вчителя є дуальна освіта. На провідній ролі міждисциплінарної інтеграції стосовно педагогічного освітянського простору наголошує і David W. White (David W. White, 2014). Науковець, зокрема, зазначає, якщо вчитель (викладач) працює у межах STEM, але не інтегрує у навчання своєї дисципліни інші дисципліни, або щільно не співпрацює з іншими викладачами STEM, він залишається тільки вчителем окремої природничої дисципліни. Аналіз англomовних праць з розв'язання проблеми впровадження STEM-освіти у підготовку вчителів біології на практиці довів певну його неопрацьованість. Водночас щодо загальної підготовки вчителя як фахівця автори наводять різні засоби її реалізації. Так китайські науковці розглядають цю проблему у контексті перепідготовки вчителів: проведення спеціальних семінарів з проблем STEM-освіти для ознайомлення фахівців з вказаною проблемою загалом і засобами її реалізації на практиці (Shu Han et al., 2020). Їх підтримує інший колектив науковців (Nancy Tsupros et al., 2008), який вважає поінформованість вчителів щодо проблем STEM-освіти – провідним напрямом її успішного впровадження. Одним із засобів впровадження STEM-освіти Kimberly Elliott (Kimberly Elliott, 2015) бачить у складанні відповідних програм для підготовки фахівців, експертами яких є здобувачі. Той самий науковець вважає, що перебування студентів у двохтижневих «інтенсивних» літніх таборах впродовж трьох років, де вони залучаються до занять з інформатики у ігровій формі, їх участь у національних конкурсах ігрового дизайну і знайомство з роботою фахівців з інформатики також дієвий спосіб впровадження STEM-освіти. Група фахівців бачить практичне впровадження STEM-освіти у підготовку вчителів у цілеспрямованому розвитку їх критичного мислення низкою засобів. До їх складу входять спеціальні лекції для популяризації STEM-освіти, спецкурси або фрагменти навчальних курсів для практичного її розвитку (Rogovaya et al., 2019). Отже, англomовна методична література, розглядаючи засоби впровадження STEM-освіти у підготовку вчителів на практиці, не акцентує особливу увагу на міждисциплінарності і прикладному аспекті здобутків учіння студентів як провідних її рисах. Винятком є праця M. Sencer Corlu et al. (M. Sencer Corlu et al., 2014). У ній турецькі фахівці пропонують розроблення спеціальних STEM-програм для підготовки майбутніх вчителів, фокусом яких є взаємодія математики, науки і педагогічних знань (міждисциплінарність). Отже, практична підготовка майбутнього вчителя біології у контексті

вище вказаного залишається поза увагою англomовних науковців. Тому метою дослідження став аналіз стану розроблення проблеми впровадження STEM-освіти засобами реалізації провідних її рис у підготовку вчителя біології в Україні і презентація одного з аспектів такого впровадження у Херсонському державному університеті.

Виклад основного матеріалу дослідження. Впровадження провідних рис STEM-освіти у нашій державі здійснюється на основі положень, що містить українська концепція STEM-освіти (Концепції...2020). Як і англomовні праці, чіткого і однозначного визначення провідного поняття вона не має. Вказаній проблемі присвячені численні публікації українських учених, які стосуються найчастіше навчання у ЗЗСО (Збірник.. за ред. Вербицький, 2021; STEM-освіта... за ред. Кузьменко, 2021). Водночас у науково-методичній літературі стосовно підготовки саме вчителя біології до впровадження STEM-освіти існують тільки поодинокі праці. Українські фахівці розглядають цю проблему тільки в контексті методичної підготовки здобувачів. Так, С. Білявський і Н. Постернак (Білявський, Постернак, 2019), впроваджуючи техніку та окремі інтерактивні елементи STEM («Читання вголос в групах», «Вчимося разом», «Галерея» тощо) на лабораторних заняттях курсу «Методики навчання біології», спрямовують їх на розвиток критичного мислення майбутніх вчителів. Реалізувати елементи STEM, на думку цих фахівців, вдається під час навчального заняття у квест-форматі. У його межах здійснено ознайомлення здобувачів з теоретичними засадами STEM і виконання творчих завдань для досягнення вище вказаної мети. Автори вважають, що організація та проведення освітніх занять з використанням елементів STEM дозволяють безпосередньо ознайомити майбутніх вчителів біології з особливостями впровадження STEM-елементів у педагогічну діяльність. О. Цуруль, також вважає, що «одним із шляхів формування базового бачення, розуміння сутності та підходів до організації STEM-освіти, а також розвитку інтересу до її впровадження є включення у зміст методичної підготовки майбутніх учителів біології елементів STEM-освіти» (Цуруль, 2021:288). Науковець пропонує здійснювати вказане низкою засобів. Зокрема, крізь змістові елементи «STEM-освіта» і «Методика організації STEM-освіти» в освітніх компонентах методичної спрямованості, що орієнтовані на формування готовності вчителя біології до впровадження такої технології. Вказаний напрям освіти може мати відображення у курсовому проєктуванні та виконанні кваліфікаційних робіт, бути предметом пошу-

кової діяльності студентської наукової проблемної групи або елементом практичних завдань майбутніх учителів біології у межах виробничої педагогічної практики на базі ЗЗСО. Два інші вітчизняні науковця, які широко висвітлюють впровадження STEM - освіти у навчання біології і природознавству в ЗЗСО, демонструють впровадження цього процесу стосовно підготовки вчителів крізь проведення ними уроків дослідницької спрямованості під час педагогічної практики у таких закладах (Пилипенко, Рудишин, 2021). Отже, навіть ті праці, що розглядають STEM – освіту як напрямок підготовки майбутніх вчителів біології обходять увагою впровадження у навчальний процес двох провідних її рис: міждисциплінарності і «одержання об'єктивно нового» у процесі навчання, що має безпосередню практичну значущість для життя. Певно тому абсолютна кількість публікацій, що присвячені розв'язанню цієї проблеми в теорії і на практиці навчання біології в вітчизняних ЗЗСО, презентують скоріше впровадження дослідницького методу («навчання крізь дослідження»), ніж STEM – освіти в шкільну практику. Вище згадані збірки конференцій містять саме такий дидактичний доробок. У контексті вказаного певний інтерес має праця групи вітчизняних науковців, що розглядають умови підготовки майбутніх вчителів біології засобами Smart- технології (Stepanyuk et al., 2022). Скоріше за все саме елементами такої технології в Україні реформується сучасний навчальний процес з біології, в тому числі і в ЗЗСО. Але ця проблема потребує окремого дослідження, предметом якого не є дана праця.



Рис. 1. Напрямки наукового пошуку студентської групи STEM-освіти «Цитоеколог» у Херсонському державному університеті

У Херсонському державному університеті в лабораторії активних форм навчання біології та екології впродовж більш, ніж 10 років функціонує студентська наукова група STEM – освіти «Цитоеколог». Базисні принципи організації її роботи розкрито у виданнях автора (Сидорович, 2018; Сидорович, Солон, 2020). Вони окрім особливостей STEM охоплюють ще принципи відкритої освіти. У даній публікації висвітливо, яким чином засобами функціонування групи здійснюється впровадження двох провідних рис STEM – освіти (міждисциплінарності і «одержання об'єктивно нового» у процесі навчання, що має безпосередню практичну значущість для життя), у підготовку майбутніх вчителів біології.

Міждисциплінарність. Основний напрям роботи групи - «Моніторинг чинників довкілля засобами біотестування». Участь майбутнього вчителя у науково-дослідницькому пошуку – це перший доказ тому, що його підготовка відбувається в межах STEM засобами міждисциплінарності. David W. White (David W. White, 2014) звертає увагу саме на такий аспект його впровадження: міждисциплінарна інтеграція здійснюється під час виконання науково-дослідницького проекту будь-яким фахівцем, в тому числі і вчителем. Наступним доказом впровадження міждисциплінарності у підготовку вчителя-біолога в ХДУ у межах вказаної вище групи є напрямки її досліджень (рис.1). Вони забезпечують інтеграцію природничо-математичних дисциплін: біології, екології, хімії і математики (статистика). Окрім того за результатами проведеного дослідження за будь-яким напрямком здобувач – майбутній вчитель біології розробляє дидактичний матеріал, який обов'язково не тільки презентує під час виступу на конференції, але і апробує на педагогічній практиці, під час проведення мастер - класів для вчителів і науковців, на заняттях шкільного гуртка тощо. Гурток функціонує в межах лабораторії. Приклади такого доробку містить науково-методична література (Сидорович, Солон, 2020; Сидорович, 2021). Отже, до вказаних вище природничо-математичних наук доєднується ще і методика навчання біології. Інтегроване навчання за п'яти навчальними дисциплінами здійснюється як реалізація діяльнісного підходу частково-пошуковим і дослідницьким методами.

«Одержання об'єктивно нового» у процесі навчання, що має безпосередню практичну значущість для життя. Майбутні вчителі біології, які залучені до наукового пошуку з певної теми окремого напрямку впродовж всього часу професійної підготовки у ХДУ, створюють не тільки ори-

**Результативність роботи студентської групи STEM-освіти «Цитоеколог»
у Херсонському державному університеті впродовж 2011-2021 р.р.**

№	<u>створено</u> <u>способи (методики) біотестування для</u> <u>визначення</u>	<u>розроблено</u> <u>методичні матеріали за результатами наукового</u> <u>пошуку</u> <u>для навчання з біології у ЗЗСО і позашкільлі</u>
1.	<ul style="list-style-type: none"> якості і безпечності води різного походження засобами фітотестів «проростки однодольних» і «одnodольні на плаваючих дисках», культур ряски малої і багатокорінника; 	<ul style="list-style-type: none"> мастер- класи з визначення якості питної води засобами фітотесту «проростки однодольних» для вчителів і впливу якості питної води з пунктів продажу на рівень клітинної проліферації і рівень мутацій в корені проростків цибулі ріпчастої (Allium test) для учнів,
2.	<ul style="list-style-type: none"> особливостей рістрегулюючих властивостей нових синтетичних регуляторів росту за допомогою Allium test і фітотестів культурних рослин; 	<ul style="list-style-type: none"> програма «Аква» та змістово-методичні рекомендації для проведення занять гуртків за нею у ЗЗСО і позашкільлі;
3.	<ul style="list-style-type: none"> токсичності нових синтетичних регуляторів росту засобами батареї фітотестів культурних рослин; 	<ul style="list-style-type: none"> методичні рекомендації у вигляді карт і графічних заготовок до проведення дослідницького проекту в межах МАН з теми «Роль синтетичних регуляторів росту рослин на ростові процеси та фотосинтез за умови дії антропогенного впливу»;
4.	<ul style="list-style-type: none"> екологічної безпеки синтетичних хімічних речовин за 4 рівнями організації фітотестів; 	<ul style="list-style-type: none"> позаурочний захід з теми «Визначення безпечності бутильованої води міста»;
5.	<ul style="list-style-type: none"> протекторних властивостей синтетичних хімічних речовин стосовно різноманітних абіотичних чинників засобами фітотестів; 	<ul style="list-style-type: none"> сценарій квесту «НВЧ навкруги нас»,
6.	<ul style="list-style-type: none"> однорідності ростових якостей насіння цибулі за біометричними показниками проростків (одержаний патент). 	<ul style="list-style-type: none"> пізнавальні завдання для розвитку екологічних понять, що розроблені на основі результатів наукового пошуку визначення дії синтетичного регулятора росту рослин засобами фітотестування;
7.	<ul style="list-style-type: none"> якості і безпечності води різного походження, токсичності хімічних речовин засобами зоотестів «малькі гупі» і «ампулярії»; 	<ul style="list-style-type: none"> завдання дослідницької спрямованості щодо використання результатів дослідження з дії абіотичних чинників (НВЧ) довкілля засобами моделювання рослинних систем.

гінальну методику біотестування певного чинника довкілля, але і на основі одержаних результатів за цією методикою оригінальні методичні матеріали. Отже, результатом такого навчання є поява конкретних наукових і методичних винаходів. Їх можна використати на практиці для аналітичного контролю екологічної безпеки довкілля і в ЗЗСО для підвищення якості біологічної освіти. Таким чином за останні 10 років результативність роботи групи STEM – освіти «Цитоеколог» за вказаною вище її провідною рисою містила дві складі: нові методики біотестування і методичне забезпечення навчання з біології для ЗЗСО і позашкільлі на основі результатів наукового пошуку (табл. 1).

Висновки і перспективи подальших досліджень. Аналіз стану розроблення проблеми впровадження STEM у підготовку вчителя біології в Україні довів суттєву неопрацьованість питання стосовно реалізації в теорії і на практиці двох

його провідних рис: міждисциплінарної інтеграції і «одержання об'єктивно нового», що має безпосередню практичну значущість для життя. Одним із шляхів розв'язання вказаного може стати організація позааудиторної довготривалої дослідницької діяльності екологічної спрямованості (зокрема, з біотестування). Вона дозволяє одночасно впровадити у підготовку вчителя біології і міждисциплінарність, і на її основі забезпечити процес створення здобувачем вказаного вище «об'єктивно нового» (нових методик біотестування і оригінального методичного доробку на основі власних результатів наукового пошуку). Перспективами подальших досліджень є конструювання змісту обов'язкових і вибіркових компонентів освітньої програми підготовки майбутніх вчителів біології, яке дозволить впроваджувати дві провідні риси STEM – освіти на аудиторних заняттях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Білявський С. М., Постернак Н. О. STEM у підготовці студентів природничих дисциплін. Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи : матеріали IV Меж. наук.-практ. Інтернет-конференції. Тернопіль. 2019. С. 27–29.
2. Збірник методологічних та дидактичних авторських розробок учасників Всеук. семінару-практикуму з теми «Сучасні методи навчання у процесі викладання біології». Серія: Біологічні науки. 2021. /За ред. В.В. Вербицького. К.: «НЕНЦ», ч. 2. 496 с.
3. Концепції STEM- освіти в Україні. розпорядження кабінету міністрів України від 5 серпня 2020 р. № 960-р Київ. 2020. URL: <https://mon.gov.ua/ua/news/uryad-uhvaliv-konceptsiyu-rozvitku-stem-osviti-do-2027-roku>
4. Паризьке комюніке (2018). https://naps.gov.ua/ua/press/about_us/1492/
5. Пилипенко Н., Рудишин С. Застосування елементів STEM - освіти на уроках біології та природознавства як засіб формування критичного мислення. *Біологія і хімія в рідній школі*. 2021. № 2. С. 15-22.
6. Сидорович М. STEM - освіта в підготовці майбутніх біологів і екологів. *Актуальні питання гуманітарних наук*. 2018. Вип 21. том 2. С 162-166.
7. Сидорович М., Солоня Ю. STEM – образование будущих биологов: подготовка учителя исследователя: монография. Lambert Academic Publishing. 2020.104 с.
8. Сидорович М.М. Експериментальні засади розроблення дидактичного забезпечення для проведення занять науково-дослідницької спрямованості з біології у закладах позашкільної освіти. *Педагогічний альманах*. 2021. Випуск. 50. С.33-38.
9. STEM- освіта: науково-практичні аспекти та перспективи розвитку сучасної системи освіти : матеріали Всеукр. наук.-пед. підвищення кваліфікації. /За ред. Кузьменко О.С. Видавничий дім «Гельветика», 2021. 316 с.
10. Фіцула М.М. Педагогіка. Технологія навчання як дослідження. 2017. URL:<https://westudents.com.ua/glavy/50066-tehnologiya-navchannya-yak-dosljdjennya-.html>
11. Цуруль О.А. Шляхи включення елементів stem-освіти у зміст методичної підготовки майбутніх учителів біології. STEM-освіта: науково-практичні аспекти та перспективи розвитку сучасної системи освіти : матеріали Всеукр. наук.-пед. підвищення кваліфікації, Одеса : Видавничий дім «Гельветика», 2021. С.288-290.
12. Alla V. Stepanyuk , et al. Methods of Future Science Teachers Training to Use Smart-Technologies in the Professional Activity. *South Florida Journal of Development, Miami*. Vol. 3 No. 1 (2022). P.P. 510-527.
13. David W. White. What Is STEM Education and Why Is It Important? *Florida Association of Teacher Educators Journal*. Volume 1 Number 14. 2014. P.P. 1-9. URL: <http://www.fate1.org/journals/2014/white.pdf>
14. Defining STEM. 2017. URL: <https://education.gov.scot/improvement/Documents/sci43-DefiningSTEM.pdf>
15. Ellison, Scott, and Ben Allen. Disruptive innovation, labor markets, and Big Valley STEM School: network analysis in STEM education. *Cultural Studies of Science Education* 13.1 .2018. 267-298.
16. Fuchang Liu, Addressing STEM in the context of teacher education. *Journal of Research in Innovative Teaching & Learning* Vol. 13 No. 1, 2020. pp. 129-134.
17. Gitta Siekmann What is STEM? The need for unpacking its definitions and applications. Commonwealth of Australia. Published by NCVER. 2016. URL: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED570651.pdf>
18. Hala Abdel Raheem al Basha. Investigating Teachers’ perceptions and implementation of STEM Education in The United Arab Emirates. 2018. 106 p.
19. Kelly C. Margot and Todd Kettler. Teachers’ perception of STEM integration and education: a systematic literature review. *International Journal of STEM Education*.2019. 6:2. URL: <https://stemeducationjournal.springeropen.com/track/pdf/10.1186/s40594-018-0151-2.pdf>
20. Kimberly Elliott. Broadening Participation–Making STEM Learning Relevant and Rigorous for All Students. CADRE Brief, 2015. 9 p. URL: <https://eric.ed.gov/?q=source%3A%22community+for+advancing+discovery+research+in+education%22&id=ED590453>
21. Kseniia Nepeina , et al. The Role of Field Training in STEM Education: Theoretical and Practical Limitations of Scalability *Investig. Health Psychol. Educ.* 2020, 10, 511–529.
22. Liudmila V. Shukshina et al. STEM and STEAM Education in Russian Education: Conceptual Framework. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 2021, 17(10), (online) URL: <https://doi.org/10.29333/ejmste/11184>
23. Nancy Tsupros et al. STEM Education in Southwestern Pennsylvania. Report of a project to identify the missing components. 2008. URL: <https://www.cmu.edu/gelfand/documents/stem-survey-report-cmu-iu1>.
24. Nugroho, O. F. et al. The movement of stem education in Indonesia: Science teachers’ perspectives. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia* 8.3 (2019): 417-425.
25. Patrick M. Jenlink and Karen Embry Jenlink. The Next Generation of STEM Teachers. An Interdisciplinary Approach to Meet the Needs of the Future. Rowman & Littlefield, 2019. URL: <https://rowman.com/ISBN/9781475822748/The-Next-Generation-of-STEM-Teachers-An-Interdisciplinary-Approach-to-Meet-the-Needs-of-the-Future>
26. Rogovaya O. et al., Critical thinking in STEM (science, technology, engineering, and mathematics). *Utopía y Praxis Latinoamericana*, vol. 24, núm. Esp.6, 2019. Universidad del Zulia, Venezuela URL: <https://www.redalyc.org/journal/279/27962177005/27962177005.pdf>
27. M. Sencer Corlu et al. Introducing STEM Education: Implications for Educating Our Teachers For the Age of Innovation. *Education and Science* 2014, Vol. 39, No 171.PP.74-85.
28. Shu Han, et al. Case Study of Teacher Training for Project STEM Course. *Journal of Education and Training Studies*, 2020, 8(10):10.

29. Sydorovych M.M, et al. «Project methods» in preparation of future biology teachers: a requirement of today. *Modern engineering and innovative technologies: International periodic scientific journal*. Issue № 11. March 2020. Part 2. Germany. P. 69-77.

REFERENCES

1. Bilyavsky S.M, Posternak N.O. (2019). STEM u pidhotovtsi studentiv pryrodnychyykh dystsyplin [STEM in the preparation of students of natural sciences], *Suchasni informatsiini tekhnologii ta innovatsiini metodyky navchannia: dosvid, tendentsii, perspektyvy : materialy IV Mez. nauk.-prakt. Internet-konferentsii* [Modern information technologies and innovative teaching methods: experience, trends, prospects: materials IV Intern. scientific-practical Internet conferences]. Ternopil [in Ukrainian].
2. V.V. Verbytsky (Ed.) (2021). *Zbirnyk metodolohichnykh ta dydaktychnykh avtorskykh rozrobok uchasnykiv Vseuk. seminaru-praktykumu z temy «Suchasni metody navchannia u protsesi vykladannia biolohii»*. Seria: Biolohichni nauky. [Collection of methodological and didactic author's developments of the participants of the All-Ukrainian University. Workshop on "Modern teaching methods in the process of teaching biology." Series: Biological Sciences]. Kyiv [in Ukrainian].
3. Concepts of STEM education in Ukraine order of the Cabinet of Ministers of Ukraine of August 5, 2020 № 960-r Kyiv. 2020. URL: <https://mon.gov.ua/ua/news/uryad-uhvaliv-koncepciyu-rozvitku-stem-osviti-do-2027-roku> [in Ukrainian].
4. Paris Communiqué (2018). URL: https://naps.gov.ua/ua/press/about_us/1492/
5. Pilipenko N., Rudishin S.(2021) Zastosuvannia elementiv STEM-osvity na urokakh biolohii ta pryrodoznavstva yak zasib formuvannia krytychnoho myslennia [Application of elements of STEM-education in biology and science lessons as a means of forming critical thinking.]. *Biolohiia i khimiia v ridnii shkoli*, 2, 15–22. [in Ukrainian].
6. Sidorovich M. (2018). STEM-osvita v pidhotovtsi maibutnykh biolohiv i ekolohiv. [STEM education in the training of future biologists and ecologists]. *Aktualni pytannia humanitarnykh nauk*. V. 21. 2, 162-166. [in Ukrainian].
7. Sidorovich M. Solonaya Yu. (2020). *STEM – obrazovanye budushchyykh byolohov: podhotovka uchytelia yssledovatelja: monohrafiya* [STEM - education of future biologists: teacher researcher training: monograph]. Lambert Academic Publishing. [in Russian].
8. Sidorovich M. (2021) Eksperymentalni zasady rozroblennia dydaktychnoho zabezpechennia dlia provedennia zaniat naukovo-doslidnytskoi spriamovanosti z biolohii u zakladakh pozashkilnoi osvity. [Experimental principles of development of didactic support for conducting research-oriented classes in biology in out-of-school educational institutions]. *Pedahohichniy almanakh*, 50, 33–38. [in Ukrainian].
9. O. S. Kuzmenko (Ed.) (2021). *STEM-osvita: naukovopraktychni aspekty ta perspektyvy rozvytku suchasnoi systemy osvity : materialy vseukr. nauk.-ped. pidvyshchennia kvalifikatsii*. [STEM-education: scientific and practical aspects and prospects of development of the modern education system: materials all-Ukrainian. nauk.-ped. Certification training]. Odessa. Helvetica Publishing House [in Ukrainian].
10. Fitsula M.M. (2017). *Pedahohika. Tekhnolohiia navchannia yak doslidzhennia*. [Pedagogy. Learning technology as research.] URL: <https://westudents.com.ua/glavy/50066-tehnologiya-navchannya-yak-dosldjennya-.html> [in Ukrainian].
11. Tsurul O.A (2021). Shliakhy vkluchennia elementiv stem-osvity u zmist metodychnoi pidhotovky maibutnykh uchyteliv biolohii. [STEM in the preparation of students of natural sciences], *STEM-osvita: naukovopraktychni aspekty ta perspektyvy rozvytku suchasnoi systemy osvity : materialy vseukr. nauk.-ped. pidvyshchennia kvalifikatsii*. [STEM-education: scientific and practical aspects and prospects of development of the modern education system: materials all-Ukrainian. nauk.-ped. Certification training]. Odessa. Helvetica Publishing House [in Ukrainian].