

СЕКЦІЯ 3
ГЕОГРАФІЧНА ОСВІТА

УДК 373.5.016:5

DOI <https://doi.org/10.32999/ksu2413-7391/2021-14-9>

Мальчикова Д.С.,
доктор географічних наук,
професор кафедри географії та екології
Херсонський державний університет
darina13@i.ua
ORCID: 0000-0002-7197-8722

Молікевич Р.С.,
кандидат географічних наук,
доцент кафедри географії та екології
Херсонський державний університет
molikevych@gmail.com
ORCID: 0000-0002-6577-503X

Саф'яник І.С.,
магістрантка першого року навчання
Херсонський державний університет
irina9859@ukr.net
ORCID: 0000-0002-8939-5496

**ІМІТАЦІЙНІ ТА ІГРОВІ STEM-ТЕХНОЛОГІЇ І ПРАКТИКИ
НА УРОКАХ ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНОГО ЦИКЛУ**

Стаття характеризує основні аспекти STEM-освіти: розвиток критичного мислення, інтегрованого навчання, активного спілкування всіх учасників освітнього процесу, нестандартних та інноваційних підходів та напрямків розвитку природничо-математичної освіти. Активне впровадження STEM-технологій у навчанні перш за все забезпечує злагоджений та мотивований процес навчання, де кожна діяльність викликає особливий інтерес та є доступною та зрозумілою для учнів. Щоб забезпечувати такий тип навчання, викладач повинен спочатку мислити нестандартно і всебічно, експериментувати і, як правило, постійно вдосконалюватись для досягнення бажаного результату. При розробці якісного уроку у форматі STEM особливу увагу слід звернути на особливості його створення та організації, а саме: усі учні повинні формувати єдиний спільний механізм взаємодії та брати активну участь у продуктивному вирішенні реальних ситуацій чи проблем; доцільно запросити студентів розробити власні демонстраційні моделі чи прототипи; для досягнення поставленої мети та виробництва справді якісного інноваційного продукту важливо ефективно працювати в команді, яка працюватиме як єдиний злагоджений механізм, де кожен із учасників має своє завдання. Рухаючись шляхом інноваційного розвитку, учитель насамперед урізноманітнює свій педагогічний підхід до викладу навчального матеріалу та розширює можливості його сприйняття та засвоєння учнями. Інноваційний інтегрований підхід до навчання – один із способів, що поєднує як елементи STEM, так і нестандартні форми подання інформації учням. Навчальні сайти, імітаційні тренажери, сучасні віртуальні лабораторії, такі як: «VirtuLab», лабораторія – «GoogleSites», онлайн-лабораторії «GoLab / Graasp» та цікаві, інтерактивні робочі аркуші («Liveworksheets») дуже ефективні у проведенні STEM-класів. Вони дозволяють учням проводити віртуальні захоплюючі та когнітивні експерименти з фізики, географії, хімії, біоло-



гії, екології та інших предметів, у тривимірних та двовимірних просторах. STEM-освітній простір мультидисциплінарний, орієнтований на компетентнісний підхід і забезпечує формування унікального набору когнітивних та соціальних навичок, зокрема: здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми, взаємодіяти з іншими в різних соціальних і пізнавальних ситуаціях, критично оцінювати події і явища, мотивувати та рухатися до спільної мети тощо.

Ключові слова: STEM-освіта, STEM-навчання, STEM-компетентності, STEM-урок, STEM-ігри.

Malchykova D.S., Molikeych R.S., Saf'yanyk I.S. IMITATION AND GAME STEM TECHNOLOGIES AND PRACTICES IN LESSONS OF NATURAL AND MATHEMATICAL CYCLE

The article characterizes the main aspects of STEM-education: the development of critical thinking, integrated learning, active communication of all participants in the learning process, non-standard and innovative approaches and directions of STEM-education development. Its active introduction in teaching natural sciences and mathematics of secondary schools, especially the use of STEM-technologies in teaching. A well-organized, good STEM lesson is, first of all, a coordinated and motivated learning process, where each activity is of special interest and is accessible and understandable for students. To develop this type of training, the teacher must first think in a non-standardized and comprehensive way, experiment and usually constantly improve themselves to achieve the desired result. When designing a quality lesson in STEM format, special attention should be paid to the peculiarities of its creation and organization, namely: all students should form a single joint mechanism of interaction and be actively involved in the productive solution of real situations or problems; it is advisable to invite students to develop their own demonstration models or prototypes; in order to achieve the set goal and produce a truly high-quality innovative product, it is important to work effectively in a team that will work as a single coordinated mechanism, where each of the participants has a task. Following the path of innovative development, the teacher first of all diversifies his pedagogical approach to the presentation of educational material and expands the possibilities of its perception and assimilation by students.

Innovative integrated approach to teaching is one of the ways that combines both STEM elements and non-standard forms of presenting information to students. Educational sites, simulation simulators, modern virtual laboratories such as: "VirtuLab", laboratory – "GoogleSites", online laboratories "GoLab / Graasp" and interesting, interactive, worksheets: "Liveworksheets" are highly effective in conducting STEM-classes. allowing students to conduct virtual exciting and cognitive experiments in physics, geography, chemistry, biology, ecology and other subjects, in three-dimensional and two-dimensional spaces. STEM-educational space is multidisciplinary, competence-oriented and provides the formation of a unique set of cognitive and social skills, in particular: the ability to identify, pose and solve problems, interact with others in different social and cognitive situations, critically evaluate events and phenomena, motivate and move common goal, etc.

Key words: STEM-education, STEM-training, STEM-competencies, STEM-lesson, STEM-games.

Постановка проблеми. Сьогодні разом зі значними змінами у житті суспільства можна спостерігати досить стрімкий і цілеспрямований розвиток нанотехнологій, біотехнологій, інформаційних технологій, тому на часі є велика необхідність підготувати підростаюче покоління, яке володітиме навичками вирішення нестандартних завдань, які постануть перед ними. Для формування цілеспрямованої, конкурентоспроможної особистості здобувачів освіти у зазначених галузях необхідно забезпечити оптимальні умови та комплексний підхід до вивчення предметів природничо-математичного циклу. Саме знання та навички отримані з цих дисциплін є основою створення та розвитку інноваційних технологічних напрямків різноманітного спрямування.

Найперспективнішим з напрямків сучасного компетентнісного розвитку природничо-математичної освіти є система навчання за STEM- напрямком, яка беззаперечно сприяє різнобічному розвитку сучасної особистості та її логічного мислення, технічної грамотності та сприятиме кращій особистісній соціалізації.

Останнім часом напрямок STEM набуває все більшої популярності як новітній підхід до навчання в українській школі. Саме цей напрям освітньої діяльності, дозволяє пробудити в учнів зацікавленість, ініціативність та активну діяльність, вміння правильного розв'язання проблеми, приймати зважені рішення; сприяє ефективній суспільній комунікації, співробітництву, спільній роботі в команді та в проектах; інформаційній грамот-

ності, ефективній моделі використання ІКТ; особистісній та громадянській відповідальності при вивченні предметів природничо-математичного циклу. Основними і ефективними складовими STEM-освіти є багатогранна інтеграція, дослідницький підхід в опануванні якісних знань, стимуляція значно вищого рівня нестандартного мислення, досвідченість, проектування, комп'ютерна обробка пошукових даних, експериментальні види робіт та лабораторні дослідження, створення інтерактивних моделей, конструювання, використання міжпредметних зв'язків шкільних предметів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Використання STEM технологій в освіті є актуальною темою як у вітчизняних, так і в зарубіжних дослідженнях. Серед найбільш ґрунтовних варто відзначити напрацювання О. Барна – розробка моделей впровадження STEM в закладах освіти (Balyk N., Barna O., Shmyger G..., 2018); О. Бутурліна – розвиток STEM освіти в контексті збалансованого розвитку (Buturlina, O., Dovhal, S., Hryhorov, 2021), Д. Васильєва – електронні засоби змішаного навчання в STEM; Н. Гончарова – використання ігрових технологій та модернізація освіти на основі концепції STEM; С. Кириленко – STEM позакласній та позашкільній освіті; Л. Колток, Н. Іваник – упровадження STEM-освіти в освітній процес Нової української школи (Колток Л., Іваник Н., 2020), Валько Н. – впровадження STEM в природничо-математичну освіту (Valko N., Osadchyi V., Kushnir N., 2019) та інші.

Серед закордонних досліджень найбільш актуальними є : Santangelo, J., Hobbie, L., Lee – формування міждисциплінарного напрямку STEM (Santangelo, J., Hobbie, L., Lee, 2021); Lancaster, T., Cotarlan, C. – STEM освіта в умовах пандемії (Lancaster, T., Cotarlan, C., 2021); Song, H., Zhou, M. – специфіка підготовки вчителів до роботи по системі STEM (Song, H., Zhou, M., 2021), Diana, N., Yohannes, Sukma, Y. – використання проектного методу у STEM (Diana, N., Yohannes, Sukma, Y., 2021); Rico, A., Agirre-Basurko, E., Ruiz-González, A. – STEM в освіті сталого розвитку (Rico, A., Agirre-Basurko, E., Ruiz-González, A., 2021); Brookfield, K. – STEM в географічній освіті (Brookfield, K., 2021).

Більшість розвинених країн світу приділяють велику увагу розвитку STEM напрямку

освіти через те, що саме засади STEM, дозволять підготувати висококваліфікованих фахівців та прогресивних реформаторів у галузях науки, техніки, інформаційних технологій тощо (Maltese, Lung, 2013).

Щороку на світовому ринку праці зростає потреба у фахівцях з навиками та знаннями STEM. Тому завдання сучасної школи полягає в якісному провадженні та застосуванні усіх можливих засобів при викладанні природничо-математичних дисциплін для збільшення якісного кадрового складу фахівців, що відповідатимуть вимогам сучасності (Li, Schoenfeld..., 2019).

Метою дослідження є висвітлення шляхів впровадження в освітній процес STEM, інтегрованого підходу до навчання, аналіз переваг та шляхів реалізації STEM-освіти.

Виклад основного матеріалу. STEM (S-science, T-technology – E-engineering – M-mathematics), це сукупність природничих наук (Science), технології (Technology), технічна творчість (Engineering) та математика (Mathematics) (Павленко, 2017).

STEM-освіта має можливість відкрити нові значно ширші перспективи та можливості шкільної освіти. Без сумніву, вона сприятиме розвитку особистісним якостям учнів, формуванню ключових компетентностей, науково-природничої картини світу, світогляду і необхідних життєвих цінностей із застосуванням новітнього підходу до навчання. Це практичне застосування математичних, технічних, наукових та інженерних знань і вмій для розв'язання практичних завдань та проблем, набуття досвіду через власні помилки.

Формування компетентностей учня-дослідника розвивають такі навички:

– Творчість. Можливість відійти від застарілих стандартів, проявити креативне мислення, показати нові підходи та можливості, розкрити потенціал учня.

– Співробітництво. Для досягнення абсолютно нових, інноваційних результатів та ефективного, нестандартного розв'язання поставлених завдань команду мають сформувати особистості з різними технічними, науковими та інтелектуальними рівнями «бекграундами».

– Комунікативність. Незалежно від поглядів учасників команди, тактовність у спілкуванні



команди може бути запорукою спільної продуктивної роботи. Навчання в площині STEM пропонує ширші можливості для спілкування «один з одним» і «один з багатьма» (Методичні рекомендації щодо розвитку STEM-освіти, 2020).

Учителі-новатори активно використовують ці технології у навчальному процесі. На відміну від традиційного опанування знань, вмінь і навичок, саме модель STEM-навчання надає здобувачам освіти значно більшу автономність у процесі навчання.

Урок – основна, традиційна форма організації навчання в сучасній школі, тому його підготовка та організація має бути ґрунтовною, матеріал доступним і нестандартним та цікавим для кожної дитини. Ось чому якісно організований, хороший STEM-урок – це насамперед злагоджений і вмотивований навчальний процес, де кожна діяльність викликає особливу зацікавленість і є доступною та зрозумілою для учнів. Усі можливі засоби активно залучаються до структури заняття, для гарної організації яких є необхідними лабораторні прилади, моделі тощо.

Для розробки такого виду занять вчитель в першу чергу повинен мислити нестандартно та комплексно, експериментувати і постійно самовдосконалюватися за для досягнення бажаного результату роботи. При конструюванні якісного уроку у форматі STEM особливу увагу треба приділити особливостям його створення та організації, а саме:

– Усі учні повинні утворювати єдиний спільно діючий механізм взаємодії і активно залучатися до продуктивного вирішення реальних ситуацій чи проблем. Проблемні питання можуть мати екологічний, економічний чи соціальний характер, це залежить від запропонованого напрямку роботи здобувачів освіти. Ні в якому разі не можна залучати у роботу вигадані, нереальні, міфічні події, явища чи істоти. Адже це робить ситуацію несправжньою, а отже, це не є STEM-уроком (Матвійчук, 2019).

– Доцільно запропонувати учням розробити власні показові моделі або прототипи. Але важливо не забувати про чітко поставлені і сформульовані вимоги до результату їхньої діяльності, які б були продуктивними і демонстрували шляхи вирішення проблем. Напри-

клад – вирішення проблем навколишнього середовища, стану економіки чи демографічної ситуації, вимірювання і оцінка біологічного різноманіття, можливість існування певної закономірності у фізиці тощо.

– Для досягнення поставленої цілі та виготовлення дійсно якісного інноваційного продукту важливою є ефективна робота в команді, що буде працювати як єдиний злагоджений механізм, де кожен з учасників має своє завдання (Наукові записки Малої академії наук..., 2017).

Особливо ефективною і злагодженою є робота, що має чітко сформований алгоритм дій, яка безпосередньо сприяє поетапному розв'язанню проблемного питання або завдання.

Уточнення нюансів поставленої проблеми, яку потрібно вирішити:

1. Збір потрібної інформації командою учнів, використовуючи всі доступні джерела інформації (друковані видання, мережа Інтернет) тощо.

2. Обговорення запропонованих ідей, тез, думок, пропозицій, ймовірних майбутніх результатів. Таким чином, можна підійти до спільного, правильного рішення.

3. Поетапний, раціональний опис роботи, дизайну, ескізів.

4. Створення кінцевого продукту, що дозволить прийти до вирішення проблемного питання.

5. Презентація та аналіз виконаної роботи.

Ідучи шляхом інноваційного розвитку, вчитель в першу чергу урізноманітнює свій педагогічний підхід до подачі навчального матеріалу та розширює можливості його сприйняття і засвоєння учнями (Павленко, 2017).

Інноваційний інтегрований підхід до викладання є одним із шляхів, який поєднує в собі як STEM-елементи, так і нестандартні форми подачі інформації здобувачам освіти. STEM-освітній простір є багатопрофільним, компетентісно спрямованим і навіть міждисциплінарним (Malchykova, D., Pylypenko, I., 2020).

Встановлення між предметних інтегрованих зв'язків є основною формою наскрізного STEM-навчання природничо-математичного напрямків. Інтеграція уроків, які проводяться шляхом злиття та поєднання тематик декількох

навчальних предметів, стали продуктивним методом для розвитку навичок сприйняття та різнобічного розгляду учнями певного об'єкта чи явища, поняття тощо (Hallinen J., 2019). Інтегрований підхід до навчання здобувачів освіти у сучасному форматі STEAM значно зменшує розрив між теоретичними знаннями та безпосереднім їх практичним втіленням. Практично-орієнтований спосіб отримання знань та навичок у контексті STEM – це процес спільного творчого пошуку оптимальних рішень поставленого завдання (Журавель, 2016).

Неможливо уявити освітній процес без допоміжних інструментаріїв або засобів, завдання яких полягає в доповненні навчального матеріалу та розкритті повноцінної картини будь-якого заняття, досліду, експерименту чи практикуму (Pylypenko, I., Malchykova, D..., 2018), (Molikevych, R. S., Bohadorova, L. M. 2019). Важливо при провадженні інноваційних засобів приділяти пильну увагу обчислювальному мисленню школярів і суміжним поняттям у навчанні STEM та розвивати подальші дослідження в майбутньому. Потужні загальні навички обчислювальної грамотності можна розвивати за допомогою комп'ютеризованих засобів, які наразі є доступним широкому учнівському загалу (STEM-освіта: стан впровадження..., 2017).

Досить ефективною з точки зору STEM-освіти є технологія ІКТ, BYOD (Bring Your Own Device), що дає змогу доповнювати та значно ширше розкривати матеріал і використовувати різноманітні гаджети у процесі навчання. Цей інструмент беззаперечно сприяє більш швидкому пошуку інформації, створенню відео, використання хмарних сховищ для зберігання інформації та її подальшому використанню, фіксація даних, сканування QR-коду, створення особистого QR-коду й поширення з використанням найбільш популярних соціальних мереж. Можливе повне та часткове відкадрування відео матеріалів з YouTube-каналу або власно створеного відео, додавання описових текстів, графічно оброблених елементів та великої кількості інших інструментів. BYOD – це універсальний і захоплюючий засіб STEM-освіти, для покращення та реалізації навчання на досить досконалому рівні, вдосконалення засобів наочності, зацікавленості молодого покоління, розвиток навчально-пізнавального

інтересу, ініціативності та активній продуктивності. У процесі використання BYOD-інструментів гаджет стає важливою, невід'ємною та досить вагомою складовою діяльнісного підходу до навчання (Що таке BYOD, 2021).

Наприклад, QR-коди активно можна застосовувати як елементи STEM-квесту з географії, біології, де команди отримують завдання, яке треба розв'язати, шляхом пошуку підказок, орієнтирів чи координат, що містяться у QR-кодах, які є джерелом певного виду інформації чи матеріалу, надруковані на картках і розміщені у межах навчального закладу або певної території. У ході проведення такого квесту діти мають змогу розвивати пошукову діяльність, аналізувати, робити певні підрахунки, обґрунтовувати свою точку зору, робити висновки, розвивати свої навички, знання та використати їх на практиці. А саме робота з картою та координатами, орієнтування на місцевості. Результати такої командної роботи, як правило, мають значно якісніші результати у порівнянні з індивідуальною роботою учнів, які окремо виконують завдання.

Неодмінно треба відмітити сучасні засоби ІКТ, якими активно цікавиться та користується учнівство різного віку, а саме інструменти гейміфікації (від англ. Gamification – геймізація, геймерізація, ігрофікація) – є одним із цікавих, сучасних напрямків отримання і засвоєння інформації та навчання. Елемент гейміфікації, такий як ігрофікація за визначенням – це застосування типових елементів ігрового процесу (підрахунок балів, змагання між гравцями, наявність правил гри) в інших галузях діяльності з метою заохочення до взаємодії. Такі технології в системі STEM доповнюють собою звичайне стандартизоване навчання в природничо-математичному циклі. Основною їх метою є створення умов для реалізації дослідницького потенціалу учнів шляхом використання елементів гри. Такий підхід дає змогу створювати та розглядати моделі з біології, географії, екології, фізики, математики та багато інших предметів. У ході такої взаємодії здобувачі освіти отримують широкі можливості для вибору методів і засобів дослідження. Метод STEM-гри, стимулює учнів до самостійної дослідницької роботи, дає змогу експериментувати, розширювати уяву та поєднувати її з інноваціями. Сучасні технології розкривають



безліч можливостей для сучасного вчителя, а саме використання не тільки готових ігрових матеріалів але й їх самостійне створення завдяки онлайн-сервісам, таким як «Kahoot!». Цей сервіс є дуже зручним, доступним та безкоштовним і дає змогу самостійно створювати інтерактивні навчальні ігри, за задумом вчителя. Також можна активно організовувати і проводити онлайн-опитування, тестування, дискусії та вікторини за допомогою мобільних пристроїв, що досить поширені серед сучасної молоді. Проведення онлайн-навчання за допомогою Kahoot здійснюється в синхронному режимі – лише тоді, коли опитування, дискусія або вікторина були запущені від імені модератора. Така модель співпраці учнів та вчителя має беззаперечно позитивні, стимуляційні якості (Інноваційні технології навчання обдарованої молоді, 2016).

Ще одним із цікавих ігрових інструментів є захоплююча командна онлайн – гра «Classcraft», яка має сучасний графічний дизайн. Основна мета гри полягає у мотивації до засвоєння знань школярів. Вона має двомовний англо-французький інтерфейс, але її можна без особливих зусиль адаптувати відповідно до мовних потреб, завдяки функції Google – перекладача, що в автоматичному режимі виконає переклад. У цій грі дитина самостійно може обрати собі героя, за якого вона гратиме для виконання поставленої навчальної місії, також налаштувати шкалу досягнень власного персонажа.

Для виконання місії всі присутні на уроці учасники об'єднуються у команди та змагаються між собою виконуючи поставлені задачі. При організації гри вчитель самостійно створює місії відповідно теми уроку, оприлюднює правила гри.

В основі онлайн-гри на платформі «Classcraft» лежить якнайшвидше виконання усіх умов або завдань квесту чи уроку. Розроблюється своя система штрафних балів, яку безпосередньо редагує організатор. Всі досягнення гравців вчитель має змогу бачити в особистому кабінеті. Учасники також можуть відслідковувати свої ігрові досягнення та штрафні санкції (STEM-освіта, 2021).

Платформа «Classcraft» має багато переваг у використанні, детальні покрокові інструкції, відеоуроки, бібліотека вже наявних квестів для

учнівства. І найголовніше, вона є цікавою, розвивальною та компетентнісно-орієнтованою для здобувачів освіти.

Участь здобувачів освіти у створених іграх під час уроків сприяє жвавій взаємодії та комунікації у колективі, стимулює критичне мислення, підвищує обізнаність в інформаційних технологіях.

Використання імітаційних «активних», новітніх ігрових технологій, практик чи пізнавальних, розвиваючих або наукових дослідів у контексті STEM-освіти несе у собі позитивний вплив на навчальний процесу сучасній шкільній природничо-математичній освіти (Про схвалення Концепції розвитку..., 2020).

Високу ефективність при проведенні STEM-занять мають освітні сайти, імітаційні тренажери, сучасні віртуальні лабораторії такі як: «VirtuLab», лабораторія – «GoogleSites», онлайн-лабораторії «GoLab/Graasp» та цікаві, інтерактивні, робочі аркуші «Liveworksheets», що дають змогу учням проводити віртуальні захоплюючі та пізнавальні експерименти з фізики, географії, хімії, біології, екології та інших предметів, в тривимірному, і у двовимірному просторах. Ці освітні інтернет-ресурси позитивно впливають на мотиваційні аспекти до ефективного опанування здобувачами освіти природничо-математичних дисциплін.

Висновки. Без сумніву, використання сучасних технологій та методів у впровадженні STEM-освіти, у вивченні навчальних дисциплін, дозволить зробити усі види діяльності школярів цікавими, стимулюючими, розвиваючими та науково вагомими та більш повно реалізувати на практиці основні положення Закону України «Про освіту». STEM-освітній простір мультидисциплінарний, орієнтований на компетентнісний підхід і забезпечує формування унікального набору когнітивних та соціальних навичок, зокрема: здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми, взаємодіяти з іншими в різних соціальних і пізнавальних ситуаціях, критично оцінювати події і явища, мотивувати та рухатися до спільної мети тощо. Навички критичного і логічного мислення, технічної грамотності та наукові знання, отримані в результаті інноваційного навчання за STEM, беззаперечно дозволяють виховати в дитині новатора та рушійну силу до прогресивних змін у майбутньому.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Balyk N., Barna O., Shmyger G., Oleksiuk V. (2018) Model of Professional Retraining of Teachers Based on the Development of STEM Competencies / ICTERI 2018 ICT in Education, Research and Industrial Applications. *Integration, Harmonization and Knowledge Transfer*. Volume II. 318-331 p.
2. Buturlina, O., Dovhal, S., Hryhorov, H., Lysokolenko, T., & Palahuta, V. (2021). STEM Education in Ukraine in the Context of Sustainable Development. *European Journal of Sustainable Development*, 10(1), 323. URL : <https://doi.org/10.14207/ejsd.2021.v10n1p323> (дата звернення: 10.06.2021).
3. Diana, N., Yohannes, & Sukma, Y. (2021). The effectiveness of implementing project-based learning (PjBL) model in STEM education: A literature review. *Paper presented at the Journal of Physics: Conference Series*, 1882(1) doi:10.1088/1742-6596/1882/1/012146 (дата звернення: 10.06.2021).
4. Hallinen J. (2019) STEM education curriculum. Retrieved from: URL : <https://www.britannica.com/topic/STEM-education> (дата звернення: 10.06.2021).
5. Як створити хороший STEM-урок (2018). URL : <https://nus.org.ua/view/yak-stvoryty-horoshyj-stem-urok/> (дата звернення: 10.06.2021) [How to create a good STEM lesson (2018). URL : <https://nus.org.ua/view/yak-stvoryty-horoshyj-stem-urok/> (in Ukrainian)].
6. Колток Л., Іваник Н. (2020). Упровадження STEM-освіти в освітній процес Нової української школи. *Науковий збірник «Актуальні питання гуманітарних наук: міжвузівський збірник наукових праць молодих вчених Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка»*. Том 3, № 27 [Koltok L., Ivanik N. (2020). Introduction of STEM-education in the educational process of the New Ukrainian School. *Scientific collection "Current issues of the humanities: interuniversity collection of scientific works of young scientists of Drohobych State Pedagogical University named after Ivan Franko"*, Volume 3, № 27 (in Ukrainian)].
7. Кравчук С. «Що таке BYOD?» URL: <http://thefuture.news/byod> (дата звернення: 10.06.2021) [Kravchuk S. "What is BYOD?" Retrieved from: <http://thefuture.news/byod> [(in Ukrainian)].
8. Lancaster, T., & Cotarlan, C. (2021). Contract cheating by STEM students through a file sharing website: A covid-19 pandemic perspective. *International Journal for Educational Integrity*, 17(1) doi:10.1007/s40979-021-00070-0 (дата звернення: 10.06.2021).
9. Li, Y., Schoenfeld, AH, di Sessa, AA et al (2019). «On Thinking and STEM Education». *Journal for STEM Education Research* 2, 1–13 URL : <https://doi.org/10.1007/s41979-019-00014-x> (дата звернення: 10.06.2021).
10. Malchykova, D., Pylypenko, I., Davydov, O., Baysha, K., & Omelchenko, N. (2020). Environmental research and natural education priorities: Challenges of globalization and educational reforms in Ukraine. Paper presented at the International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM, 2020-August(5.2) 725-732. doi:10.5593/sgem2020/5.2/s22.089 (дата звернення: 10.06.2021) (in English).
11. Maltese A., Lung F., Potvin G., Hochbein C. (2013). STEM education in the United States. URL : https://www.researchgate.net/publication/258048366_STEM_education_in_the_United_States (дата звернення: 10.06.2021) (in English).
12. Матвійчук Ю.Ю. (2019) STEM-освіта як інструмент реалізації інтегрованого природничо-математичного навчання». *Педагогіка та психологія*, Харків. Вип. 62. <http://journals.hnpu.edu.ua/index.php/pedagogy/article/view/3262> (дата звернення: 10.06.2021) [Matviychuk Yu.Yu. (2019) STEM-education as a tool for the implementation of integrated science and mathematics learning. Collection of scientific works "Pedagogy and Psychology", Kharkiv. Issue. 62. URL: <http://journals.hnpu.edu.ua/index.php/pedagogy/article/view/3262> (in Ukrainian)].
13. Методичні рекомендації щодо розвитку STEM-освіти в закладах загальної середньої та позашкільної освіти у 2020/2021 навчальному році. URL : <https://imzo.gov.ua/2020/08/20/lyst-imzo-vid-19-08-2020-22-1-10-1646-metodychni-rekomendatsii-shchodo-rozvytku-stem-osvity-v-zakladakh-zahal-noi-seredn-oi-ta-pozashkil-noi-osvity-u-2020-2021-navchal-nomu-rotsi/> (дата звернення: 10.06.2021) [Methodical recommendations on the development of STEM-education in general secondary and out-of-school education institutions in the 2020/2021 academic year. Retrieved from: URL : <https://imzo.gov.ua/2020/08/20/lyst-imzo-vid-19-08-2020-22-1-10-1646-metodychni-rekomendatsii-shchodo-rozvytku-stem-osvity-v-zakladakh-zahal-noi-seredn-oi-ta-pozashkil-noi-osvity-u-2020-2021-navchal-nomu-rotsi/> (in Ukrainian)].
14. Molikeych, R. S., Bohadorova, L. M., Kovalova, K. I., & Okhremenko, I. V. (2019). The use of geo-information systems in educational and professional programs for the training of geographers. Paper presented at the International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM, 19(5.4) 355-360. doi:10.5593/sgem2019/5.4/S22.048 (дата звернення: 10.06.2021) (in English).
15. Про схвалення Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти). URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D1%80#Text> (дата звернення: 10.06.2021) [On approval of the Concept of development of natural and mathematical education (STEM-education). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D1%80#Text> (in Ukrainian)].
16. Osadchyi, V., Valko, N., & Kushnir, N. (2019). Determining the level of readiness of teachers to implementation of stem-education in ukraine. Paper presented at the CEUR Workshop Proceedings, 2393 144-155.
17. Павленко А.І. (2017) Проблеми якості сучасної шкільної природничо-математичної освіти: теоретичні підходи і дидактичні технології вирішення. Запоріжжя: СТАТУС. 112 с. [Pavlenko A.I. (2017) Problems of quality of modern school natural and mathematical education: theoretical approaches and



didactic technologies of decision, 112 p. Zaporozhye. STATUS. 112 p. (in Ukrainian)].

18. Pylypenko, I., Malchykova, D., Davydov, O., & Baysha, K. (2018). Professional education for sustainable development: Experience of ecologists educational programs creating. Paper presented at the International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM, 18(5.4) 233-240. doi:10.5593/sgem2018/5.4/S22.030 (дата звернення: 10.06.2021) (in English).

19. Rico, A., Agirre-Basurko, E., Ruiz-González, A., Palacios-Agundez, I., & Zuazagoitia, D. (2021). Integrating mathematics and science teaching in the context of education for sustainable development: Design and pilot implementation of a teaching-learning sequence about air quality with pre-service primary teachers. *Sustainability (Switzerland)*, 13(8) doi:10.3390/su13084500 (дата звернення: 10.06.2021).

20. Santangelo, J., Hobbie, L., Lee, J., Pullin, M., Villa-Cuesta, E., & Hyslop, A. (2021). The (STEM)2 network: A multi-institution, multidisciplinary approach to transforming undergraduate STEM education. *International Journal of STEM Education*, 8(1) doi:10.1186/s40594-020-00262-z (дата звернення: 10.06.2021).

21. Наукові записки Малої академії наук України (2017). Вип. 10. Серія : Педагогічні науки. Київ: Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2017. 275 с. URL : http://man.gov.ua/upload/activities/Scientifik_note/Scientifik_note_JASU_10. (дата звернення: 10.06.2021) [Scientific notes of the Small Academy of Sciences of Ukraine (2017). Vip. 10. Series: Pedagogical Sciences Kyiv: Institute of Gifted Children of the National Academy of Pedagogical Sciences of

Ukraine, 275 p. Retrieved from: http://man.gov.ua/upload/activities/Scientifik_note/Scientifik_note_JASU_10.pdf (in Ukrainian)].

22. Song, H., & Zhou, M. (2021). STEM teachers' preparation, teaching beliefs, and perceived teaching competence: A multigroup structural equation approach. *Journal of Science Education and Technology*, 30(3), 394-407. doi: 10.1007/s10956-020-09881-1 (дата звернення: 10.06.2021).

23. STEM-освіта. URL : <https://imzo.gov.ua/stem-osvita/> (дата звернення: 12.06.2021) [STEM education. URL : <https://imzo.gov.ua/stem-osvita/> (in Ukrainian)].

24. STEM-освіта: стан впровадження та перспективи розвитку (2017): Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (9–10 листопада 2017 року), Київ, ДНУ «Інститут модернізації змісту освіти», 160 с. [STEM-education: the state of implementation and prospects for development (2017) Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference (November 9-10, 2017), Kyiv, DNU "Institute for Modernization of Educational Content", 160 p. (in Ukrainian)].

25. Журавель Т.О., Соколова Н.О. (2016) Інтегроване навчання – основний складник STEM-освіти. *Освіта та розвиток обдарованої особистості*. № 12, 32-34 [Zhuravel T.O., Sokolova N.O. (2016) Integrated learning – the main composition of STEM-education / T.O. Zhuravel. *Education and development of a gifted personality*, № 12, 32-34 (in Ukrainian)].

Стаття надійшла до редакції 12.04.2021.

The article was received 12 April 2021.