

DOI <https://doi.org/10.51647/kelm.2021.7.1.6>

## ZASTOSOWANIE PODEJŚCIA STEM Z UDZIAŁEM DZIEDZICTWA NAUKOWEGO NA LEKCJACH GEOGRAFII

*Alina Lohinova*

*aspirantka, pracownik naukowy*

*Wydziału Nauczania Geografii i Ekonomii*

*Institutu Pedagogiki Narodowej Akademii Nauk Pedagogicznych Ukrainy (Kijów, Ukraina)*

*ORCID ID: 0000-0001-9836-1215*

*anila\_l@ukr.net*

**Adnotacja.** Rozważono zastosowanie podejścia STEM w nauczaniu geografii w szkole w celu kształtowania zrozumienia przez uczniów znaczenia osiągnięć nauki, projektowania technologicznego i inżynierskiego z obliczeniami dotyczącymi zarządzania środowiskiem. Koncentruje się na angażowaniu dziedzictwa naukowego jako zachęty do twórczych poszukiwań w rozwiązywaniu problemów stosowanych, w szczególności zaopatrzenia w wodę; wzmocnienie motywacji uczniów do badań, w tym paradygmatów naukowych o sprzecznych treściach. W kształtowaniu kompetencji u uczniów udowodniono skuteczność stosowania integracji międzyprzedmiotowej z praktyczną realizacją, a mianowicie wykonanie modelu narzędzia wiertniczego dla górnictwa. Proponowany nauczycielom-praktykom scenariusz organizacji lekcji STEM z integracją dziedzictwa naukowego, skorelowany z wynikami badania z kwestionariuszem, ankietą, wykorzystaniem materiałów kontrolno-pomiarowych, przedstawiono jako zalecenia metodyczne.

**Słowa kluczowe:** geografia, treści edukacyjne, dziedzictwo naukowe, edukacja STEM, horyzonty artezyjskie, zaopatrzenie miasta w wodę.

## APPLICATION OF SCIENTIFIC HERITAGE AND STEM IN GEOGRAPHY LESSONS

*Alina Lohinova*

*Postgraduate Student, Research Associate at the Department of Geography and Economics*

*National Academy of Educational Sciences (Kiev, Ukraine)*

*ORCID ID: 0000-0001-9836-1215*

*anila\_l@ukr.net*

**Abstract.** Application of STEM in teaching geography at school to form students' understanding of the relevance of scientific, technological and engineering design with calculations for nature management. Involvement of scientific heritage as a stimulus to creative research in solving applied problems, in particular water supply; strengthening students' motivation to study, including scientific paradigms of contradictory content. In the formation of competencies in students proved the effectiveness of interdisciplinary integration with practical implementation, namely the manufacture of a model of drilling tools for mining. As methodical recommendations the scenario of the organization of STEM-lesson with inclusion of a scientific heritage which is offered to teachers-practitioners by results of questionnaires and interrogations is presented.

**Key words.** The geography, the content of education, the scientific heritage, the STEM-education, artesian horizons, water supply of the city.

## ЗАСТОСУВАННЯ STEM-ПІДХОДУ ІЗ ЗАЛУЧЕННЯМ НАУКОВОЇ СПАДЩИНИ НА УРОКАХ ГЕОГРАФІЇ

*Аліна Логінова*

*аспірантка, науковий співробітник*

*відділу навчання географії та економіки*

*Інституту педагогіки Національної академії педагогічних наук України (Київ, Україна)*

*ORCID ID: 0000-0001-9836-1215*

*anila\_l@ukr.net*

**Анотація.** Розглядається застосування STEM-підходу у навчанні географії у школі для формування в учнів розуміння актуальності надбань науки, технологічного й інженерного проектування з розрахунками щодо природокористування. Акцентовано на залученні наукової спадщини як стимулу до творчих пошуків у вирішенні прикладних завдань, зокрема водопостачання; підсилення мотивування учнів до досліджень, у тому числі до наукових парадигм із суперечливим змістом. У формуванні компетентностей в учнів доведено ефективність застосування міжпредметної інтеграції з практичною реалізацією, а саме виготовлення моделі бурового інструмента для

видобутку корисних копалин. Пропонований вчителям-практикам сценарій організації STEM-уроку із включенням наукової спадщини, коригований за результатами дослідження з анкетуванням, опитуванням, використанням контрольних-вимірвальних матеріалів, наведено як методичні рекомендації.

**Ключові слова:** географія, зміст освіти, наукова спадщина, STEM-освіта, артезіанські горизонти, водопостачання міста.

**Вступ.** Сьогодення означене потужними потоками інформації, високотехнологічними інноваціями та розробками, охоплює усі сфери нашого життя, поглиблюючи й запитує суспільства до освіти. Сучасні тенденції в освіті передбачають формування в учнів умінь засвоювати науково-технічні знання, здійснювати дослідницьку аналітичну роботу, критично мислити, а також бути конкурентоспроможними випускниками у своїй країні та за її межами. Чи не найпопулярніший рецепт реалізації сформованих викликів, судячи з численних публікацій педагогічного спрямування, автори вбачають у STEM-освіті (Science, Technology, Engineering, Mathematics).

Аналіз останніх досліджень свідчить, що у багатьох країнах із залученням STEM запроваджено державні освітні програми. Проте сучасні дослідники щодо STEM не одностайні в оцінках способів впровадження, ефективності та перспектив.

На офіційному сайті уряду США опубліковано документ, розроблений управлінням науково-технічної політики адміністрації президента і комітетом із політики у сфері STEM-освіти США під назвою «Шлях до успіху: американська стратегія STEM-освіти», в якому зазначено основні вектори впровадження і використання STEM-технологій як науково-технічний потенціал, спрямований на економічний розвиток країни (The path to success, 2018). Згідно з даними опитування, наведеними на сайті міжнародної компанії Equal Ocean, STEM у Китаї (The Trend of STEAM in China's Education Industry, 2019) розглядається як важливий елемент національної стратегії розвитку талантів. Прикметною ознакою бачення STEM у Фінляндії є об'єднання дисциплін навколо окремих явищ із реального життя, причому деталізація дослідження одного і того самого явища поглиблюється в загальноосвітній школі з кожним наступним класом (LUMA Centre Finland, 2013). Проблемам STEM-освіти присвячено наукові праці Хізера Гонсалеса, Джеффри Куензі, Девіда Ленгдона, Кейта Ніколса, Рафала Якубовського, Марека Піотровського (Piotrowski, 2020: 25), Малгожати Бішук (Biszcuk, 2018: 233), Міхала Кранца (Kranc, 2019: 95). В Україні впровадженню STEM присвячені роботи Олени Гриб'юк (Hrybiuk, 2015: 138), Наталі Гончарової (Honcharova, 2017: 25), Олеси Корнус (Kornus, 2018: 225), Григорія Пустовіта (Pustovit, 2021: 37), Олени Патрикєєвої (Petrykeieva, 2020: 3).

STEM активно досліджується у науково-педагогічному просторі, де науковці зосереджують увагу на загальній теоретичній характеристиці, на окремих аспектах STEM-освіти. У літературі абревіатура STEM, окрім як із поняттям «освіта», поєднується із поняттями «проект», «технологія», «метод», «підхід». Серед інших – STEM-урок, STEM-учитель тощо.

З означеного, спираючись на визначення «підходу» як сукупності прийомів і способів у вивченні чого-небудь, зокрема й у вивченні географії, обираємо саме STEM-підхід як спосіб пізнання з візуалізацією процесів і явищ на підставі набуття практичного досвіду. Своєрідним каталізатором у цьому підході буде впровадження наукової спадщини як добровільно переданої і прийнятої як суспільне надбання, з подальшим примноженням, визнанням цінності і ролі в житті сучасних поколінь системи знань і засобів щодо закономірностей розвитку природи, суспільства, мислення вчених у STEM під час вивчення географії у закладах загальної середньої освіти (Lohinova, Munich, 2019: 88).

Шкільна географія як комплексна інтегративна наука формує ключові й предметні компетентності, розкриваючи природничо-наукову картину світу, прищеплюючи світоглядні позиції й гуманістичні цінності. Вона пропонує особливі наукові інструменти для моделювання і прогнозування розвитку процесів у географічній оболонці й географічному середовищі. Долучення STEM-підходу до потенціалу змісту й методів цієї дисципліни у шкільній практиці поки що фрагментарне, епізодичне, однак не безпідставне і перспективне.

**Метою статті** є обґрунтування ефективності використання наукової спадщини у STEM-підході щодо вивчення географії для впровадження в практику сучасної школи.

**Основна частина.** Для успіху в сучасних професіях необхідна інтеграція з новітніми технологіями, високотехнологічним виробництвом за використання досягнень природничих наук, у тому числі географічної. Однак структура навчальних дисциплін в українській школі допоки недостатньо орієнтована на міжпредметну інтеграцію як змістово, так і організаційно. Відомий український педагог Микола Володкевич ще у кінці XIX ст. щодо географії писав: «Справа школи – дати можливі відповіді на запитання учня, але дивним є те, що чим старшою стає дитина, тим рідше виникають у неї запитання. Чи це не тому, що в школі досі немає єдності викладання, немає предмета, вивчення якого дозволяло б досягнути одним загальним поглядом всю суму знань учня у їх взаємному зв'язку? Саме у вивченні природи – запорука розумових та матеріальних успіхів людства» (Volodkevych, 1897: 27). І у подальшому інтеграція здійснювалася на бінарних уроках, вчитель послуговувався знаннями інших предметів для пояснення, ілюстрування тих чи тих явищ природи і суспільства.

Вирішення проблеми підготовки учнів з урахуванням потреб сьогодення прагнемо досягти, застосовуючи STEM-підхід у навчанні географії. Однак STEM-підхід спрямовує саме на залучення знань технології, інженерії, математики, організацію проектної, навчально-дослідницької діяльності у школі й позашкільні. Долучаючись до впровадження STEM-підходу, вчитель, володіючи знаннями шкільних дисциплін, має орієнтуватись у структурі їхнього змісту, у програмах, бути обізнаним зі STEM-методикою,

співпрацювати з іншими учителями-предметниками. Це потребує наявності у нього й певних особистісних якостей – широкого кругозору, підприємливості, здатності легко комунікувати з колегами й учнями, організувати їх для вирішення нестандартних проблем, експериментувати, розумно ризикувати й брати на себе відповідальність.

Резервом підвищення зацікавленості школярів наукою може бути вдало підібраний матеріал із наукової спадщини Навіть якщо у науковій спадщині є твердження, що уже мають інше тлумачення у сучасній науці, – це також резерв для мотивації до навчання, оскільки метод порівняння дієвий. Це може бути матеріал для роботи над проєктом, для аналізу, формування критичного мислення тощо.

У науковому спадку видатного українського геолога і географа, автора оригінальних наукових концепцій і численних праць у галузі четвертинної геології, палеонтології, стратиграфії, гідрогеології, педагога з багаторічним досвідом викладання природничих дисциплін Павла Тутковського вбачаємо і підтвердження важливості інтеграції наук для навчання, і власне матеріал для долучення до STEM-підходу. Всупереч усталеним поглядам на географію, Павло Тутковський запропонував синтетичний, діалектний підхід до розгляду географії як комплексної науки, на противагу панівним у кінці XIX століття однобічно природничо-метафізичним або антропоцентричним напрямом. На підтвердження процитуємо: «Жодна дисципліна, яка викладалась у середніх навчальних закладах того часу, не потребувала так мало напруги пам'яті і такої різносторонньої роботи розуму, розвитку уяви та спостереження, як природознавство. У сфері науки про природу немає нічого довільного: кожен висновок є строго-логічним, не випадковим, послідовним. Важливо запам'ятати, що лише за умови використання діяльнісного підходу та практичного застосування отриманої інформації виникає збудження в учнів до дії, інтерес до навчання, формується географічна культура дитини» (Tutkovskiy, 1897: 22).

З величезного наукового доробку ми вибрали проблему водопостачання, якою активно займався вчений, що актуальна й дотепер. Понад 20 наукових праць присвятив Павло Тутковський водопостачанню міст з артезіанських джерел, причому багато з них – проєкти водопостачання міста Києва. Вчений відзначав, що «бути засудженим і випити отруту, безсумнівно, один із жорстоких видів страти... А ось на порозі XX століття населення цілого міста – нашого стародавнього і прекрасного Києва – засуджено систематично отруюватися питною водою» (Tutkovskiy, 1893: 2). У спеціальній доповідній записці з цього приводу, поданій в 1895 р. до Київського товариства водопостачання, Павло Тутковський презентував проєкт артезіанських свердловин у юрських відкладах та план спорудження київського водогону, що на той час наповнювався забрудненими водами Дніпра. Але пройшло чимало часу, поки думка про артезіанське водопостачання Києва звернула на себе увагу. До проблеми водопостачання міст України повернулися після Чорнобильської катастрофи, оскільки у районі київського водозбору додалося радіоактивне забруднення, що значно перевищувало норму, а тому потрібно було негайно організувати паралельну систему подачі води до Києва. І саме на основі наукової спадщини Павла Тутковського щодо буріння свердловин тільки в Київській та Житомирській областях з'явилися сотні артезіанських свердловин і кілометри водогонів, десятки фільтруючих і глухих гребель, кілометри дамб, донні пастки, підводні дамби (Tutkovskiy, 1893: 3).

Вищенаведені факти із додатковою сучасною інформацією з різних джерел, зокрема з аналізом карт, довідників схем, таблиць про особливості залягання водоносних горизонтів, фізичні та хімічні властивості води є змістовою базою STEM-підходу. Окрім природничих знань, предметом розгляду згідно зі STEM-підходом є водопостачання міста, етапи та способи буріння, архітектура, інтенсивність експлуатації бюветів тощо, спонукаючи учнів до моделювання у вигляді макета артезіанської свердловини. На основі отриманих знань із наукової спадщини Павла Тутковського реалізуються науковий, технологічний, інженерний, математичний складники STEM-освіти, де: S (наука) – аналіз складу порід геологічного розрізу свердловин; T (технології) – за допомогою програми Ultimate Cura друк фрези на 3D-принтері; E (інженерна творчість) – моделювання фрези для буру у програмі AutoCAD; M (математика) – визначення глибини залягання горизонтів, ресурсів на спорудження й експлуатацію, витрати води споживачами міста.

У закладах загальної середньої освіти України найбільш доцільним буде застосування такого STEM-підходу у 8 класі у процесі вивчення розділу «Природні умови та ресурси України», тем «Геологічна будова, тектонічні структури, рельєф, мінеральні ресурси», «Води суходолу і водні ресурси», курсу «Україна і світ: природа, населення».

Анкетування вчителів географії свідчать, що застосування запропонованого нами STEM-підходу із залученням наукової спадщини на уроках географії стимулює учнів до поглибленого дослідження наукової творчості Павла Тутковського, ознайомлює зі світосприйняттям, докільям та часом, у якому жив і творив учений, дозволяє усвідомити, що Тутковський – це особистість, наукові й громадські досягнення якого залишають простір для подальшого пізнання, актуальні для сучасників. А за допомогою своїх інтегративних складників STEM-підхід формує в учнів не тільки предметні, а й ключові компетентності (математична, інформаційно-комунікаційна та компетентності в галузі природничих наук, техніки і технологій).

На занятті із застосуванням STEM-підходу важливо донести учням, що процес буріння – винахід важливий і поширений тепер, що дозволяє пізнавати будову надр, видобувати корисні копалини, у тому числі й воду, використовувати у будівельних технологіях тощо. Як спосіб зацікавлення пропонується історичний екскурс: понад дві тисячі років тому в Китаї вперше у світовій практиці вручну бурили свердловини для видобування соляних розчинів. Буровий інструмент (долото й бамбукові штанги) опускали у свердловину на канатах з індійського очерету завтовшки 1–4 см. Лише у Середньовіччі починають використовувати буріння

свердловин для пошуку води. У 1126 році в провінції Артуа (Франція) пробурений до водонапірного горизонту, закріплений трубами глибокий колодязь став прообразом так званих артезіанських. Перші подібні споруди на території України з'явилися на Галичині з кінця XVII ст. А вже станом на 1865 р. лише в Бориславі й Волянці, на обох берегах Тисмениці було понад 5000 колодязів, і їх кількість постійно зростала.

Прикладом буріння заради науки може бути інформація про закладену у радянські часи Кольську надглибоку свердловину на території Мурманської області – найглибшу в світі (12 262 м). На відміну від інших найбільших надглибоких свердловин, що бурили із суто практичними цілями – для видобутку нафти, газу або геологорозвідувальних робіт, Кольська свердловина була пробурена виключно для вирішення науково-дослідних завдань. Насамперед це підтвердження теоретичних моделей будови нижніх шарів земної кори (гранітного і базальтового), пошук і дослідження характеру меж між ними (межі Конрада) і мантією Землі (поверхні Мохоровичича). Однак ні яскраво вираженого чергування шарів літосфери, ні виражених кордонів між ними в результаті буріння так і не було виявлено. Через фінансові труднощі та відсутність підтримки держави проект «Кольська надглибока свердловина» було закрито у 2008 році. Нині унаслідок неконтрольованого забору води з підземних шарів підприємствами, хаотичного буріння приватних свердловин для видобутку питної води верхні горизонти підземних вод забруднюються.

Спосіб буріння у природокористуванні притаманне не лише водозабору, а й видобутку нафти, газу, зокрема й сланцевого. Щодо останнього – перспективи буріння свердловин на території Юзівської та Олеської площі. У процесі фрекінгу (технології гідравлічного розриву пластів) використовується велика кількість токсичних хімічних речовин, що потім потрапляють у підземні води. Нині видобуток сланцевого газу на території України повністю зупинено оскільки є потреба у пошуку більш екологічного способу буріння. Таким чином, ми активізуємо учнів до пізнавальної діяльності та провокуємо проблемне питання, що потребує вирішення. Ці приклади як доповнення до програмного матеріалу дисципліни на уроці можуть слугувати для реалізації STEM-підходу, що передбачає в подальшому вихід за межі усталеної урочної форми. Продовження його може здійснюватись як шкільний проєкт. На *організаційно-підготовчому етапі* запропонованого освітнього проєкту учні об'єднуються у команди, отримують уривок із твору Павла Тутковського «Артезіанські води Києва» з детальним описом пошуку артезіанських горизонтів на території міста та схемою розрізу свердловини (Tutkovskiy, 1893: 113). З цього уривка команди дізнаються, що артезіанські горизонти формуються лише за певних геологічних умов: 1 – чергування водотривких і водопроникних шарів; 2 – виклинцювання водотривких на більш-менш значній відстані в горизонтальному напрямі і вихід водопроникних на поверхню, що дають доступ атмосферним водам проникнути під водотривкі шари; 3 – улоговиноподібна будова всіх шарів призводить до значних підземних скупчень води, що знаходяться під великим гідростатичним тиском. Не менш важливим є спосіб буріння свердловини. За часів Тутковського найпоширенішим способом буріння був гідравлічний, тобто за допомогою потужного струменя води. Але таке буріння має свої слабкі сторони: неможливість контролювати, на якій глибині і в якому шарі порід знаходиться артезіанський горизонт, оскільки в процесі буріння породи між собою змішуються; неможливість ізолювати артезіанську воду від забруднених поверхневих вод і зовнішніх чинників. Вирішити цю проблему можливо лише за умови детального вивчення поперечного розрізу відкладів свердловини та бура свердловини на 2–5 см менше, ніж потрібно. Таким чином, найнижча обсадна труба (на яку за необхідності прикріплюються нові кільця) зі сталевим ножом на кінці під час натискання обрізає породу та щільно прилягає до стінок свердловини, не пропускаючи води з верхніх горизонтів. На *конструкторському етапі* командам необхідно за текстом запропонованого уривка відтворити геологічний розріз свердловини та дати повний описовий аналіз складу її порід (рис. 1).

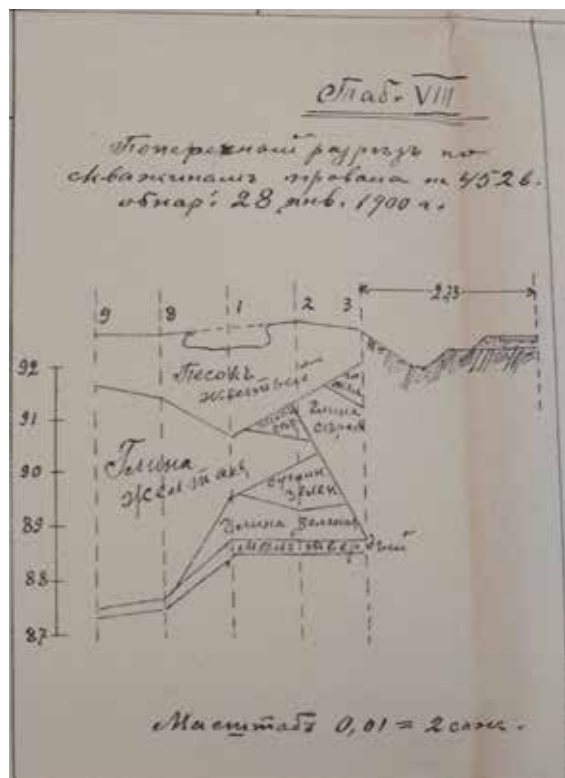


Рис. 1. Поперечний розріз свердловини, намальований Тутковським (Tutkovskiy, 1893: 161)

Такий аналіз допомагає зрозуміти учням, що перший і найближчий до поверхні горизонт артезіанських вод у місті Києві – це верхня частина третинних осадових порід під товщею делювіальних (льодовикових) відкладів. Другий горизонт артезіанських вод – спунділова глина (київська синя цеглова глина), яка була знайдена під час будівництва заводу Ейсмана (нині Кафедральний собор Воскресіння Хрестового) поблизу станції метро Либідська. Третій горизонт – сіро-зелені крейдові піски – був знайдений під час будівництва свердловини на Подолі. Четвертий і останній артезіанський горизонт – нижньоюрських глин та силурійських сланців.

На *технологічному етапі* учнівського проєкту командам необхідно розробити ескіз фрези для бура та змоделювати

її у програмі AutoCAD. Після завершення моделі за допомогою програми Ultimate Cura друкуємо фрезу на 3D-принтері коригування готового виробу відповідно до запланованих підрахунків у кресленні (рис. 2).

На завершальному етапі вчителю необхідно розповісти, яка основна практична значущість буріння за допомогою фрези та чому видобування води буровим способом важливо для майбутнього зеленої енергетики. Одним із прикладів є воднева енергетика, яка базується на використанні водню як засобу акумулювання, транспортування та використання енергії населенням, транспортом та різними виробництвом. Інтерес до водню як до альтернативного джерела енергії в останні десятиліття спровокований двома обставинами: по-перше, запаси викопного палива обмежені і, за різними даними, будуть вичерпані через 60–80 років; по-друге, використання вуглецевого палива призводить до забруднення навколишнього середовища і є однією із причин глобального потепління. Використання водню призводить до нульових забруднень, на виході – тільки енергія і вода. А виснажити запаси водню дуже складно: це найпоширеніший хімічний елемент, на нього припадає 74% усієї речовини у Всесвіті, а на Землі він входить до складу води, якою вкрито дві третини поверхні планети. Також джерелом палива для атомних електростанцій майбутнього стане один із стабільних ізотопів гелію –  $He^3$ . Лише 100 т цієї речовини зможуть забезпечувати планету енергією протягом цілого року, а під час виробництва такої енергії радіоактивних відходів взагалі не утворюється. Атоми  $He^3$  переносяться по нашій галактиці із сонячним вітром, і на Землю їх не пропускає потужне магнітне поле. У Місяця такого захисту немає, отже, у місячному ґрунті містяться практично невичерпні запаси  $He^3$ . Видобуток сонячного ізотопу гелію – одне з першочергових завдань місячної місії NASA. Для цього планується збудувати американську базу на супутнику Землі до 2024 року. А для забезпечення життєдіяльності дослідників на території Місяця необхідною умовою стає пошук води методом буріння свердловин. Таким чином, STEM-підхід набуває ознак інтеграції не лише технічних наук, а й природничих. А заучування фактів без з'ясування причинно-наслідкового зв'язку не має жодного сенсу. Сучасні погляди щодо бажаних результатів вивчення природничо-наукових дисциплін ґрунтуються на переконаннях, що розуміння науки є настільки важливим, що воно має бути невід'ємною складовою частиною освіти кожної молодої особи (American Association for the Advancement of Science, 1989). Тому очікуваним результатом застосованого STEM-підходу є оптимальне засвоєння учнями навчального матеріалу (географічних фактів, понять, закономірностей), розвиток умінь поєднувати знання з різних дисциплін для досягнення поставлених цілей, а також розвиток особистості учня (його пізнавальної активності, креативності, цікавості, наполегливості у розв'язанні поставлених завдань, охайності в оформленні результатів роботи тощо). Важливим моментом повинна стати публічність результатів проведених проєктів, їх обговорення на уроках, на спеціально організованих виставках, публікація на YouTube-каналах.

**Висновки.** Отже, використання наукової спадщини в STEM-освіті під час вивчення географії в закладах загальної середньої освіти дає можливість для учнів інтегрувати свої знання з різних предметів, користуватися ними у нестандартних ситуаціях, розуміти зв'язок між науками, розвивати критичне мислення, здібності до дослідницької та аналітичної роботи тощо. Разом із пізнанням та осмисленням значення наукового спадку для вітчизняної науки відбувається процес набуття школярами досвіду, морально-ціннісного ставлення до самого себе як особистості, до інших, навколишнього світу, минулого та майбутнього. Використання досліджень Павла Тутковського дозволить конструювати зміст сучасної шкільної географії, сформулювати нові умови діяльності вчителів та учнів і стати дієвою моделлю активізації навчального процесу не тільки у вивченні території України. Вказані пропозиції STEM-підходу не претендують на універсальність. Це лише варіант урізноманітнення методичних прийомів, залучення до дослідницької діяльності обдарованих, захоплених географічною наукою дітей або варіант реалізації краєзнавчого принципу із залученням наукової спадщини славетного географа.

#### Список використаних джерел:

1. Володкевич Н.Н. География, как учебный и образовательный предмет. Актовая речь, произнесенная 12 октября на территории Фундуклеевской и Киево-Подольской женских гимназий. Киев : Типо-литография Высоч. утвержден. Т-ва И.Н. Кушнерев и К., 1897 год. 27 с.
2. Головне управління статистики у м. Києві : веб-сайт. URL: <http://www.kiev.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 12.10.2021).

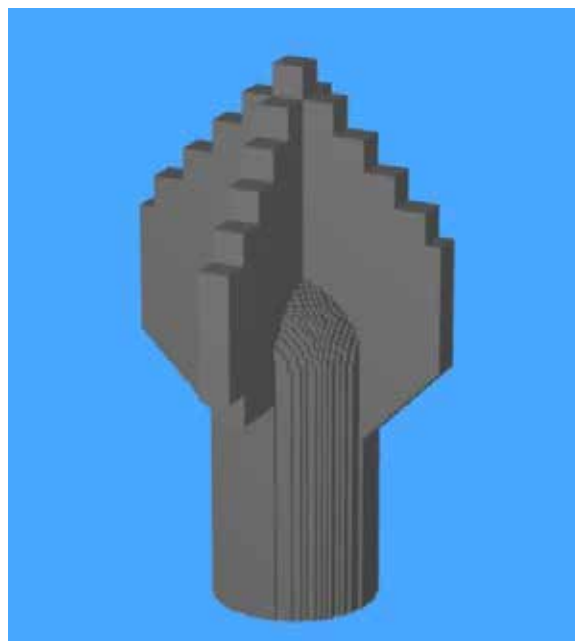


Рис. 2. Авторська 3D-модель фрези для буру артезіанської свердловини

3. Гончарова Н.О. STEM education is a challenge today. *STEM-освіта – проблеми та перспективи*: збірник матеріалів II Міжнародного науково-практичного семінару, м. Кропивницький, 25–26 жовтня 2017 року. Кропивницький : Льотна академія НАУ, 2017. С. 25–27.
4. Гриб'юк О.О., Юнчик В.Л. Розв'язування евристичних задач в контексті STEM-освіти з використанням системи динамічної математики GeoGebra. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методи навчання в підготовці фахівців*: зб. наук. праць з методології, теорії, досвіду, проблем. Випуск 27. Київ-Вінниця: Планер, 2015. С. 138–155.
5. Логінова А.О., Муніч Н.В. Наукова спадщина в змісті шкільної географічної освіти. *Збірник матеріалів круглого столу «Історія – діалог – траєкторія розвитку», присвяченого 85 річчю відділу навчання географії та економіки Інституту педагогіки НАПН України*. Київ: Педагогічна думка, 2019. С. 88–92.
6. «Общий свод по империи результатов разработки данных первой всеобщей переписи населения, произведенной 28 января 1897 г.» СПб., 1905. Т. 1. URL: <https://vivaldi.nlr.ru/bx000021377/view/> (дата звернення: 08.09.2021).
7. Патрикеєва О.О., Горбенко С.Л., Лозова О.В. Stem-проект як складова професійної орієнтації учнівської молоді. *Наукові записки Малої академії наук України* № 3 (19). 2020. С. 3–9.
8. Пугач А.С., Корнус О.Г. Впровадження STEM-освіти на уроках географії. *Наукові записки СумДПУ імені А.С.Макаренка*. Географічні науки: СумДПУ імені А.С.Макаренка. 2018. С. 225–229.
9. Пустовіт Г., Сивохоп Я., Упровадження stem-освіти на уроках географії: спрямованість на самостійний творчий розвиток дитини. *Нова педагогічна думка*. Том 105 (№ 1). Рівне: Рівненський ОШО, 2021. С. 37–41.
10. Тутковский П.А. Артезианские воды Киева и Юго-западного края и их значение. *Земледелие*, 1893, № 7, 8, 9.
11. Тутковский П.А. Артезианские воды Юго-западного края. *Киев. слово*, 1893, 2, 3, 6 сентября № 2024, 2025, 2028.
12. Тутковский, П.А. О значении преподавания естествознания в женских средних учебных заведениях: актовая речь: [произнес. на торжестве. акте Киев. ин-та благод. девиц имп. Николая [29 мая 1897 г.] / П.А. Тутковский. Киев: Тип. газ. «Киев. слова», 1897. 22 с.
13. Тутковский П. Юго-Западный край: популярные естественно-исторические и географические очерки. Вып. 1 / П. Тутковский. Киев: Тип. газеты «Киевское слово», 1893. 178 с.
14. «Шлях до успіху...» URL: <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2018/12/STEM-Education-Strategic-Plan-2018.pdf> (дата звернення: 16.08.2021).
15. American Association for the Advancement of Science. *Science for all Americans: a Project 2061 report on literacy goals in science, mathematics and technology*. Washington, D.C.: AAAS. 1989. URL: <https://www.aaas.org/resources/scienceall-americans> (дата звернення: 17.08.2021).
16. Biszczuk, M. (2018). Projekt STEM dla nauczycieli szkół ponadgimnazjalnych – innowacja pedagogiczna z nowymi technologiami w szkole. *Edukacyjna Analiza Transakcyjna*, 7, s. 233–246.
17. Jakubowski, R., Piotrowski, M. (2020). W poszukiwaniu uwarunkowań trwałego wprowadzenia STEM/STEAM w polskich szkołach. *Edukacja Elementarna w Teorii i Praktyce*, 14(4(54)), s. 25–37.
18. Kranc, M. (2019). Edukacja STEM na przykładzie warsztatów programu „Fizyka dla smyka” realizowanych w Niepublicznym Przedszkolu Artystyczno- -Językowym Hippo Art w Wieliczce. *Doniesienia z badan*, „Edukacja Elementarna w Teorii i Praktyce”, vol. 14, nr 4(54), s. 95–107.
19. LUMA Centre Finland. URL: <https://www.luma.fi/en/centre/> (дата звернення: 19.09.2021).
20. The Trend of STEAM in China's Education Industry. URL: <https://equalocean.com/analysis/201904251883#:~:text=In%20recent%20years%2C%20China%20has,creativity%20and%20participation%20in%20literacy.> (дата звернення: 29.10.2021).

#### References:

1. Volodkevych N.N. Neohrafiya, kak uchebnyi y obrazovatelnyi predmet [Geography as an academic and educational subject]. *Aktovaya rech*, proiznesennaya 12 oktiabria na terytorii Fundukleevskoi y Kyevo-Podolskoi zhenskykh hymnazyakh. Kyev : Typo-lytohrafiya Vysoch. utverzhden. T-va Y.N. Kushnerev y K., 1897 hod. 27 s. [in Russian].
2. Holovne upravlinnia statystyky u m. Kyievi [Main Department of Statistics in Kyiv] : veb-sait. URL: <http://www.kiev.ukrstat.gov.ua/> (data zvernennia: 12.10.2021) [in Ukrainian].
3. Honcharova N.O. STEM education is a challenge today. *STEM-osvita – problemy ta perspektyvy*: zbirnyk materialiv II Mizhnarodnoho nauково-praktychnoho seminaru, m. Kropyvnytskyi, 25–26 zhovtnia 2017 roku. Kropyvnytskyi : Lotna akademiia NAU, 2017. S. 25–27.
4. Hrybiuk O.O., Yunchyk V.L. Rozv'iazuvannia evrystychnykh zadach v konteksti STEM-osvity z vykorystanniam systemy dynamichnoi matematyky GeoGebra [Solving heuristic problems in the context of STEM-education using the system of dynamic mathematics GeoGebra]. *Suchasni informatsini tekhnolohii ta innovatsiini metodyky navchannia v pidhotovisi fakhivtsiv*: zb. nauk. prats z metodolohii, teorii, dosvidu, problem. Vypusk 27. Kyiv-Vinnytsia: Planer, 2015. S. 138–155 [in Ukrainian].
5. Loginova A.O., Munich N.V. Naukova spadschyna v zmisti shkylnoyi geografichnoyi osviti [Scientific heritage in the content of school geographical education]. *Zbirnyk materialiv kruglogo stolu «Istoriya – dialog – traektoriya rozvutku», prisvyachenogo 85 richchyu viddilu navchannya geografii ta ekonomiki Institutu pedagogiki NAPN Ukrayini*. Kiyiv: Pedagogichna dumka, 2019. С. 88–92 [in Ukrainian].
6. «Obshchyi svod po ymperyyu rezultatov razrabotky dannykh pervoi vseobshchei perepysy naseleniya, proizvedennoi 28 yanvaria 1897 h.» [General summary the empire of the results of the development of data from the first general

- population census, carried out on January 28, 1897.] – SPb., 1905. T. 1. URL: <https://vivaldi.nlr.ru/bx000021377/view/> (data zvernennia: 08.09.2021) [in Russian].
7. Patrykeieva O.O., Horbenko S.L., Lozova O.V. Stem-proiekt yak skladova profesiinoi oriiientatsii uchnivskoi molodi [Stem project as a component of professional orientation of student]. *Naukovi zapysky Maloi akademii nauk Ukrainy* № 3 (19). 2020. S. 3–9 [in Ukrainian].
  8. Puhach A.S., Kornus O.H. Vprovadzhennia STEM-osvity na urokakh heohrafii [Introduction of STEM-education in geography lessons]. *Naukovi zapysky SumDPU imeni A.S. Makarenka. Heohrafichni nauky: SumDPU imeni A. S. Makarenka*. 2018. S. 225–229 [in Ukrainian].
  9. Pustovit H., Syvokhop Ya., Uprovadzhennia stem-osvity na urokakh heohrafii: spriamovanist na samostiinyi tvorchyi rozvytok dytyny [Introduction of stem education in geography lessons: focus on independent creative development of the child]. *Nova pedahohichna dumka*. Tom 105 (№ 1). Rivne: Rivnenskyi OIPPO, 2021. S. 37–41 [in Ukrainian].
  10. Tutkovskiy P.A. Artezyanskye vody Kyeva y Yuho-zapodnoho kraia y ykh znachenye [Artesian waters of Kiev and the Southwest Territory and their significance]. *Zemledelye*, 1893, № 7, 8, 9 [in Russian].
  11. Tutkovskiy P.A. Artezyanskye vody Yuho-zapodnoho kraia [Artesian waters of Southwest Territory]. *Kyev. slovo*, 1893, 2, 3, 6 sentiabria № 2024, 2025, 2028 [in Russian].
  12. Tutkovskiy, P.A. O znachenyy prepodavanyia estestvoznanyia v zhenskykh srednykh uchebnykh zavedenyakh [On the Importance of Teaching Natural Science in Women's Secondary Educational Institutions]: aktovaia rech: [proyznes. na torzhestv. akte Kyev. yn-ta blahorod. devyts ymp. Nykolaia [29 maia 1897 h.] / P.A. Tutkovskiy. Kyev: Typ. haz. "Kyev. slova", 1897. 22 s. [in Russian].
  13. Tutkovskiy P. Yuho-Zapadniy krai: populiarnye estestvenno-ystorycheskye y heohrafycheskye ocherky [Southwest Territory: Popular Natural History and Geographical Essays]. Vyp. 1 / P. Tutkovskiy. Kyev: Typ. hazety «Kyevskoe slovo», 1893. 178 s. [in Russian].
  14. «Shliakh do uspiyku...» [The path to success] URL: <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2018/12/STEM-Education-Strategic-Plan-2018.pdf> (data zvernennia: 16.08.2021) [in Ukrainian].
  15. American Association for the Advancement of Science. Science for all Americans: *a Project 2061 report on literacy goals in science, mathematics and technology*. Washington, D.C.: AAAS. 1989. URL: <https://www.aaas.org/resources/scienceall-americans> (data zvernennia: 17.08.2021).
  16. Biszczuk, M. (2018). Projekt STEM dla nauczycieli szkół ponadgimnazjalnych – innowacja pedagogiczna z nowymi technologiami w szkole. *Edukacyjna Analiza Transakcyjna*, 7, 233–246.
  17. Jakubowski, R., Piotrowski, M. (2020). W poszukiwaniu uwarunkowań trwałego wprowadzenia STEM/STEAM w polskich szkołach. *Edukacja Elementarna w Teorii i Praktyce*, 14(4(54)), 25–37.
  18. Kranc, M. (2019). Edukacja STEM na przykładzie warsztatów programu „Fizyka dla smyka” realizowanych w Niepublicznym Przedszkolu Artystyczno-Językowym Hippo Art w Wieliczce. *Doniesienia z badań, „Edukacja Elementarna w Teorii i Praktyce”*, vol. 14, nr 4(54), s. 95–107.
  19. LUMA Centre Finland. URL: <https://www.luma.fi/en/centre/> (data zvernennia: 19.09.2021).
  20. The Trend of STEAM in Chinas Education Industry. URL: <https://equalocean.com/analysis/201904251883#:~:text=In%20recent%20years%2C%20China%20has,creativity%20and%20participation%20in%20literacy>. (data zvernennia: 29.10.2021).