

DOI 10.33930/ed.2019.5007.44(4-6)-11
УДК 378.091.31:004.9

МЕТОДИКА ВИКОРИСТАННЯ ВІДКРИТОЇ НАУКИ ВЧИТЕЛЯМИ ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНИХ ПРЕДМЕТІВ УКРАЇНСЬКОЇ ШКОЛИ

THE METHODOLOGY OF USE OF OPEN SCIENCE BY TEACHERS OF
NATURAL AND MATHEMATICAL SUBJECTS OF THE UKRAINIAN SCHOOL

С. Г. Литвинова

Актуальність теми дослідження. Актуальність упровадження підходів відкритої науки в освіту обґрунтовано в низці міжнародних документів. Встановлено, що саме дані відкритої науки, участь в дослідженнях, спостереження за дослідженнями, аналіз результатів дослідження не є інструментами сучасного вчителя, що потребує коригування навчальних програм на курсах підвищення кваліфікації вчителів, переліку курсів в неформальній освіті педагогів, змісту тематичних освітніх вебінарів та розроблення методики її використання.

Постановка проблеми. Впровадження відкритої науки в освітній процес може стати викликом для вчителів та учнів, які повинні звикнути до нових ресурсів, середовищ та нового освітнього підходу. Тому основною проблемою впровадження підходів відкритої освіти в освітню практику вчителів є відсутність методики.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання використання підходів відкритої науки в освітній практиці стали предметом дослідження як закордонних (J. Atenas, L. Havemann, E. Priego, D. Banker, D. Manning, M. Fialkowski, A. Calabrese, H. Morin, J. Curry, M. Peters та ін.), так і вітчизняних вчених (В. Коваленко, В. Копаньєва, М. Мар'єнко, А. Сухіх, М. Шишкіної та ін.)

Постановка завдання. Обґрунтувати методику використання середовищ відкритої науки вчителями природничо-математичних предметів в освітній практиці.

Виклад основного матеріалу. Розглянуто приклади середовищ відкритої науки за напрямками: платформи для розміщення і пошуку даних, наукові

Urgency of the research. The relevance of introducing open science approaches to education is substantiated in a number of international documents. It has been established that it is the data of open science, participation in research, observation of research, analysis of research results that are not the tools of a modern teacher, which requires adjustment of curricula for advanced training courses for teachers, the list of courses in non-formal education of teachers, the content of thematic educational webinars and the development of methods its use.

Target setting. The introduction of open science into the educational process can be a challenge for teachers and students, who must get used to new resources, environments and a new educational approach. Therefore, the main problem of introducing open education approaches into educational practice is the lack of methodology.

Actual scientific researches and issues analysis. The issues of using open science approaches in educational practice have become the subject of research by both foreign (J. Atenas, L. Havemann, E. Priego, D. Banker, D. Manning, M. Fialkowski, A. Calabrese, H. Morin, J. Curry, M. Peters etc.), and domestic scientists (V. Kovalenko, V. Kopanyeva, M. Marienko, A. Sukhikh, M. Shishkina etc.).

The research objective. To substantiate the methodology for using open science environments by teachers of natural and mathematical subjects in educational practice.

The statement of basic materials. Examples of open science environments are considered in the following areas: platforms for placing and searching for

видання з обґрунтуванням наукових результатів, платформи, що включають малюнки, набори даних, зображення та відео, платформи з інструментарієм для збору даних, пошукові системи та освітні платформи з тематики, що досліджується. Обґрунтовано напрями використання відкритої науки вчителями закладів загальної середньої освіти; форми, методи та підходи навчання вчителів використання середовищ відкритої науки. Наведено приклади використання відкритої науки вчителями на уроках фізики та математики.

Висновки. Запропонована методика може стати дієвим інструментом впровадження підходів відкритої науки в освітню практику вчителів нової української школи. Комбінація різних форм навчання може дати вчителям широкий огляд можливостей відкритої науки та допомогти їм зрозуміти, як використовувати ці принципи у своїй роботі, а комбінування різних підходів може бути найефективнішим способом навчання вчителів використанню середовищ відкритої науки, оскільки це дозволяє врахувати різні потреби та стилі навчання. Зазначимо, що комбінуючи різні методи навчання, вчителі можуть знайти той, який підходить їм найбільше, та дозволить їм досягти успіху у використанні середовищ відкритої науки в педагогічній практиці.

Ключові слова: середовища відкритої науки, вчитель, форми та методи навчання вчителів, використання підходів відкритої науки

data, scientific publications with substantiation of scientific results, platforms that include drawings, data sets, images and videos, platforms with tools for collecting data, search engines and educational platforms on topics that being investigated. The directions of using open science by teachers of institutions of general secondary education are substantiated; forms, methods and approaches to teaching teachers to use open science environments. Examples of the use of open science approaches by teachers in the lessons of physics and mathematics are given.

Conclusions. *The proposed methodology can become an effective tool for introducing open science approaches into the educational practice of teachers of the new Ukrainian school. A combination of different forms of education can give teachers a broad overview of the possibilities of open science and help them understand how to use these principles in their work, and a combination of different approaches can be the most effective way to train teachers in the use of open science environments, as it allows for different needs and learning styles. Note that by combining different teaching methods, teachers can find the most suitable for them and allow them to succeed in using open science environments in teaching practice.*

Keywords: *environment of open science, teacher, forms and methods of teaching teachers, use of open science approaches*

Актуальність теми. Актуальність упровадження підходів відкритої науки в освіту обґрунтовано в низці міжнародних документів, зокрема “Open Science Monitor” (2018 р.) [11], “Open Education” (2020 р.) [12], “Open Science” (2020 р.) [14], “Recommendation on Open Science” (2021 р.) [15] та ін.

Нині існує багато середовищ відкритої науки, які дозволяють вченим та дослідникам ділитися даними, результатами досліджень, публікаціями та іншою інформацією. У наукових колах зазначають, що відкрита наука дає можливість вченим порівнювати результати досліджень, повторно використовувати методи дослідження, сприяти прискореному одержанню результатів на глобальні технологічні та соціальні виклики, наприклад таких, як COVID -19.

Встановлено, що в період пандемії COVID-19 та воєнного стану в країні набули популярності відкриті освітні ресурси, що є складниками відкритої науки. У низці наукових праць описано практичний досвід вчителів, що використовують PhET Interactive Simulations, GeoGebra та ін. Згідно зі звітом

PhET за 2020 рік, їх інтерактивні симуляції було запущено понад 215 мільйонів разів по всьому світу. Понад 100 тисяч вчителів та професорів також зареєструвалися на вебсайті протягом року [17]. Сервіс GeoGebra – кількість користувачів програми досягла позначки 100 мільйонів по всьому світу. Розробники сервісу зазначили, що з початку пандемії COVID-19 використання GeoGebra освітянами збільшилося на 50% [16]. Проте, в освітній практиці педагогів закладів загальної середньої освіти, що формують майбутнє покоління країни, підходи відкритої науки реалізуються виключно в аспекті використання сервісів для унаочнення змісту навчання. Можемо констатувати, що саме дані відкритої науки, участь в дослідженнях, спостереження за дослідженнями, аналіз результатів дослідження не є інструментами сучасного вчителя, що потребує коригування навчальних програм на курсах підвищення кваліфікації вчителів, переліку курсів в неформальній освіті педагогів, змісту тематичних освітніх вебінарів та розроблення методики її використання.

Невирішені проблеми. Враховуючи, що відкрита наука – це підхід до наукової роботи, який передбачає відкритий доступ до наукових знань, даних, інструментів та процесів, вона може мати значний потенціал для покращення якості освіти в закладах загальної середньої освіти. Проте, існують деякі невирішені проблеми, пов'язані з її використанням. Ось деякі з них.

Недостатня обізнаність: багато вчителів можуть не бути знайомі з поняттям відкритої науки та її можливостями. Отже, є необхідність проводити навчання вчителів, щоб вони змогли зрозуміти, як використовувати відкриту науку в навчальному процесі.

Доступність контенту: доступ до відкритої науки може бути обмеженим в залежності від ліцензій та авторських прав. Отже, навчальні заклади можуть зіштовхнутися з проблемою вибору відкритих ресурсів з незначною кількістю доступних матеріалів.

Недостатній рівень цифрової компетентності: використання відкритої науки передбачає наявність цифрової компетентності. Це означає, що користувачі повинні мати знання про те, як ефективно користуватися цифровими інструментами та ресурсами, щоб знайти та оцінити відкриті наукові дані та ресурси.

Впровадження відкритої науки в освітній процес може стати викликом для вчителів та учнів, які повинні звикнути до нових ресурсів, середовищ та нового освітнього підходу. Тому основною проблемою впровадження підходів відкритої освіти в освітню практику вчителів є відсутність методики.

Постановка завдання: обґрунтувати методику використання середовищ відкритої науки вчителями природничо-математичних предметів в освітній практиці.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Інтерес учених до питання відкритої науки з кожним роком зростає, це обумовлено як розвитком академічної доброчесності на всіх рівнях освіти, так і відкритим доступом й використанням середовищ відкритої науки, популяризацією сучасних досліджень і відкритих даних.

У працях закордонних вчених обґрунтовуються теоретичні та практичні аспекти розвитку відкритої науки в контексті процесів впровадження принципів відкритої освіти. Вони досліджують взаємозв'язок між цими двома концепціями та обговорюють переваги та виклики, які виникають у зв'язку з реалізацією відкритої освіти та науки для забезпечення доступу до якісної освіти [9].

Науковий напрям використання відкритих освітніх ресурсів (ВОР), що

набув популярності серед вчених в останні роки, досліджує значна кількість вчених. Зокрема вчені з Британської Колумбії (British Columbia) аналізують мотивацію викладачів до використання ВОР, перешкоди, з якими вони стикаються, та стратегії, які вони використовують для успішного впровадження ВОР у своїй практиці [6].

Учених також зацікавило питання впливу відкритої освіти на використання студентами відкритих освітніх ресурсів і друкованих підручників. Вони з'ясували, що студенти, які використовували відкриті освітні ресурси та цифрові підручники, показали такі ж результати або навіть краще, ніж ті, хто користувався друкованими підручниками. Результати дослідження дають зрозуміти потенційні переваги відкритої освіти і науки для учнів та студентів [5].

Під час переходу до онлайн-навчання через пандемію COVID-19 було виявлені майже забуті проблеми нерівності, які стали ще більш помітними через цифровий розрив. З орієнтацією на нерівності в доступі до освіти, педагогічна спільнота сподівалась на великі можливості, що надають відкриті освітні ресурси (ВОР), які можуть бути корисними для студентів, що навчаються очно, змішано та онлайн. Автори дослідження проаналізували поточну практику використання ВОР та визначили проблеми, запропонували рішення, які можуть бути використані в освітній практиці [2].

Крім практичних аспектів, вчених також турбували певні філософські питання. Зокрема дослідження факторів, що впливають на те, чому дослідники діляться своїми даними. Результати дослідження показали, що дослідники, які вважаються більш відкритими до науки та технологій, більш схильні ділитися даними. Автори рекомендують різні способи підвищення свідомості про відкритість даних, що можуть бути спрямовані на покращення якості представлення результатів досліджень і сприяння науковому прогресу, розробленню необхідних дослідницьких політик, які б краще стимулювали обмін даними [4].

У процесі дослідження підходів відкритої науки було встановлено, що відтворюваність є ключовим елементом наукової діяльності, оскільки дозволяє й іншим дослідникам перевіряти та підтверджувати результати дослідження; описано різні шляхи покращення відтворюваності досліджень, включаючи відкритий доступ до даних та коду, використання стандартів звітності та перевірку результатів дослідження. Наголошено на визначенні заходів для оптимізації ключових елементів наукового процесу, а саме: методів, звітності та розповсюдження, відтворюваності, оцінюванні та стимулюванні, що сприятиме підвищенню прозорості та ефективності наукових досліджень [8].

Одним із критеріїв якості дослідження вчені зазначають цитування наукових публікацій. Вченими підтверджено вплив відкритого доступу до даних на кількість цитувань дослідження, а саме: дослідження, які надають відкритий доступ до даних, отримують більше цитувань, ніж ті, які не надають доступ до них. Автори робить акцент на необхідності підтримки відкритих даних у науковому середовищі [10].

Освіта залишається ключовою ланкою розвитку суспільства. Тому вчених зацікавив потенціал відкритої науки для STEM-освіти в контексті відкритих навчальних ресурсах, відкритої співпраці. Вони аргументують, що відкриті практики можуть забезпечити кращий доступ до знань, покращити якість навчання та сприяти інноваціям в освітній системі [3].

Автори дослідження "Open Science Practices in the Digital Age: A Study of Researcher Behaviour Based on Scopus Data" проаналізували понад 14 мільйонів

наукових статей, які були опубліковані з 2000 по 2018 роки та встановили, що практики відкритої науки набули значного поширення в останні роки. Більшість дослідників, які публікують статті в журналах з високим імпаکت-фактором, використовують відкриті джерела, такі як відкриті дані і відкритий доступ до публікацій; використовують соціальні мережі та наукові форуми для обміну ідеями та знаннями. На їхню думку рух відкритої науки має потенціал підвищити ефективність наукових досліджень і забезпечити більшу доступність до наукових знань [6].

Статті закордонних авторів демонструють важливість ресурсів відкритої науки та відкритості даних не тільки для наукової діяльності, а й для розвитку освіти. Вони надають рекомендації для покращення відтворюваності досліджень, збільшення кількості дослідників, які діляться даними, демонструють користь відкритого доступу до даних, наголошують на необхідності впровадження принципів відкритої науки в освітню практику.

Питання відкритої науки в закладах загальної середньої освіти залишається актуальним. У низці наукових праць обґрунтовано положення, що впливають на прискорене впровадження принципів відкритої науки в закладах освіти, зокрема:

- розроблено рекомендації з використання відкритих джерел інформації та відкритих наукових баз даних в освітньому процесі, розглянуто питання використання таких систем у забезпеченні доступу до наукової інформації з метою співпраці в процесі досліджень та розробок, використання хмарних технологій для зберігання та оброблення отриманих даних [18];

- визначено перспективні напрями розвитку закладів освіти в контексті використання підходів відкритої науки, обґрунтовано її переваги та недоліки, зазначено про необхідність належного рівня підготовки вчителів та учнів до використання хмарних технологій, а також на важливість підвищення рівня їх інформаційної грамотності загалом [19];

- описано діяльність учнів у підготовці конкурсних проєктів, реалізованих в рамках впровадження підходів відкритої науки, зокрема використання електронних ресурсів для підвищення ефективності публікаційної діяльності юних дослідників; окреслено перспективи розвитку відкритої науки в закладах загальної середньої освіти та виокремлено проблеми, що потребують уваги з боку освітян [20];

- зазначено про необхідність розширення сфери комунікаційної діяльності бібліотеки, зокрема з урахуванням підходів відкритої науки, інтеграції високотехнологічних схем формування інформаційної бази відкритої науки для сприяння функціональному перетворенню бібліотеки з елемента наукової інфраструктури в учасника дослідницької діяльності, обґрунтовано можливості використання електронних наукових бібліотек у освітньому процесі; обґрунтовано переваги використання відкритих наукових ресурсів для розвитку наукової грамотності учасників освітнього процесу [21].

- розроблено рекомендації щодо запровадження засобів і сервісів відкритої науки в наукову та освітню практику [22].

Отже, відкрита наука може стати важливою складовою шкільної освіти, яка сприятиме розвитку науково-дослідницьких навичок учнів у підготовці їх до майбутньої наукової діяльності. Проєкти, такі як створення віртуальної наукової лабораторії та віртуального музею науки, проведення науково-дослідних конференцій та семінарів, можуть бути важливими для розвитку відкритої науки в закладах загальної середньої освіти.

Виклад основного матеріалу дослідження.***I. Середовища відкритої науки як орієнтир розвитку змісту загальної середньої освіти***

Розглянемо поняття “розвиток освіти”. Воно включає в себе процеси, які спрямовані на поліпшення якості та ефективності освітніх систем, що працюють на різних рівнях – від дошкільної освіти до вищої освіти та навчання протягом життя.

Розвиток освіти передбачає впровадження нових підходів та методів навчання, оновлення навчальних програм, розробку та впровадження нових технологій у навчальний процес. Одним із складників цього процесу є підвищення кваліфікації педагогічних кадрів, вдосконалення системи оцінювання знань та навичок учнів, забезпечення рівних можливостей доступу до якісної освіти для всіх категорій учнів.

Розвиток освіти також передбачає збільшення фінансування освіти, що дозволяє забезпечувати необхідне обладнання та матеріали для навчання, підтримку науково-дослідницької роботи та розвитку міжнародного співробітництва в галузі освіти. В цілому, розвиток освіти має на меті забезпечення населення необхідними знаннями та навичками для успішної соціальної адаптації та професійного розвитку.

Розвиток змісту освіти – це один з ключових аспектів розвитку освіти, який включає в себе оновлення та зміну змісту навчальних програм, передбачає перегляд і переробку підходів до навчання та зміну фокусу на найбільш актуальні питання та потреби суспільства. Він повинен відповідати вимогам сучасного світу та забезпечувати учням необхідні знання та навички для успішної соціальної та професійної адаптації. Наприклад, важливими складниками змісту освіти сьогодні є формування низки компетентностей учнів, зокрема мовної, інтеркультурної, цифрової, вміння працювати в команді та розвивати креативність. Оновлення змісту освіти також передбачає впровадження інноваційних методів та форм навчання, зокрема, проектної та дослідницької діяльності, навчання відповідно до індивідуальних потреб та здібностей учнів, використання мультимедійних технологій та інтерактивних ігор.

У світі швидко змінюються вимоги до знань та навичок, тому розвиток змісту освіти має бути постійним і динамічним процесом. Тільки за умови постійного оновлення змісту освіти можна гарантувати, що учні отримають необхідні компетенції для успішного розвитку у сучасному світі. Включення найновіших даних про розвиток науки і техніки в зміст освіти сприятиме формуванню в учнів сучасних поглядів на оточуючий світ, усвідомленню важливості результатів наукових відкриттів для розвитку суспільства, формуванню випускника з сучасним світоглядом.

II. Середовища відкритої науки як інструмент сучасного вчителя природничо-математичних предметів

Окрім традиційних методів навчання, вчителі природничо-математичних предметів можуть використовувати інтерактивні середовища, де учні можуть досліджувати, експериментувати та спілкуватися зі спеціалістами різних галузей науки. Відкриті наукові середовища дозволяють учням отримати доступ до останніх наукових досліджень та даних, що дозволяє їм бути в курсі останніх тенденцій та розробок у певній галузі наук. Використання таких середовищ також сприяє розвитку критичного мислення та дозволяє учням створювати власні гіпотези, проводити дослідження та перевіряти їх на практиці. Крім того, середовища відкритої науки можуть бути корисним інструментом для

підвищення мотивації учнів. Вони дозволяють учням побачити, як їхні знання та навички можуть бути використані для розв'язання реальних проблем, що в свою чергу стимулює їхню зацікавленість у навчанні.

Розглянемо приклади середовищ відкритої науки за напрямками: платформи для розміщення і пошуку даних, наукові видання з обґрунтуванням наукових результатів, платформи, що включають малюнки, набори даних, зображення та відео, платформи з інструментарієм для збору даних, пошукові системи та освітні платформи з тематики, що досліджується.

Open Science Framework (OSF) – це веб-платформа, що дозволяє дослідникам збирати, проводити та публікувати наукові дослідження, ділитися даними, кодом, протоколами та іншою інформацією про свої дослідження. Вона розроблена на базі відкритого програмного забезпечення і може бути використана для реалізації принципів відкритої науки для будь-яких наукових досліджень. Головною метою платформи OSF є полегшення реплікації досліджень та забезпечення публічного доступу до них (див. рис. 1).

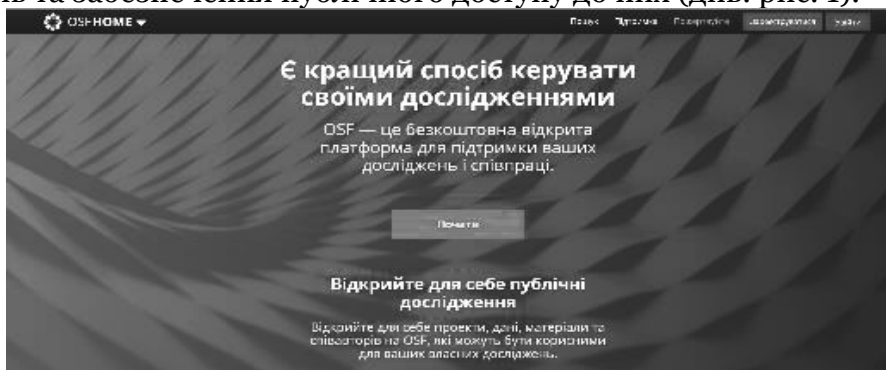


Рис. 1. Вигляд домашньої сторінки веб-платформи OSF (<https://osf.io/>)

Zenodo – це відкритий репозиторій загального призначення, розроблений в рамках європейської програми OpenAIRE і керований ЦЕРН. У цьому репозитарії дослідники мають можливість зберігати наукові роботи, набори даних, дослідницьке програмне забезпечення, опублікувати свої дані, код, звіти, будь-які цифрові артефакти, пов'язані з дослідженнями та інші матеріали відкритої науки (див. рис. 2).



Рис. 2. Вигляд домашньої сторінки репозитарію Zenodo (<https://zenodo.org/>)

PLOS ONE – це наукове видання з відкритим доступом, яке дозволяє дослідникам публікувати свої наукові статті відкрито та безкоштовно (див. рис. 3).

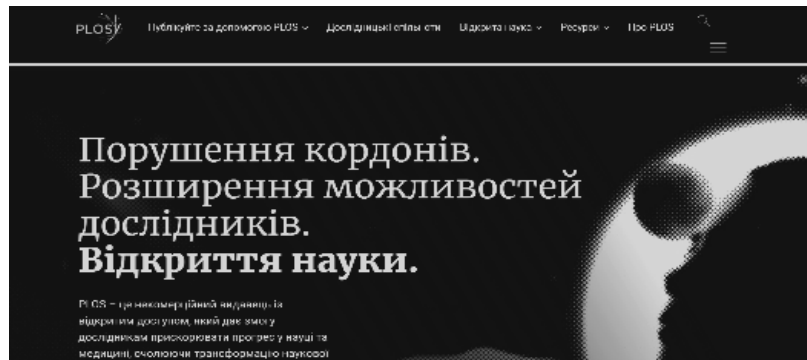


Рис. 3. Домашня сторінка наукового видання PLOS ONE (<https://plos.org/>)

Важливо зазначити, що видання широко індексується такими базами даних, як Crossref, Dimensions, DOAJ, Google Scholar, PubMed Central, Scopus, Web of Science та ін.

Figshare – це безкоштовне онлайн-сховище відкритого доступу, де дослідники можуть публікувати свої дані дослідження, зберігати та ділитися своїми результатами дослідження, включаючи малюнки, набори даних, зображення, відео, код та інші матеріали відкритої науки (див. рис. 4).

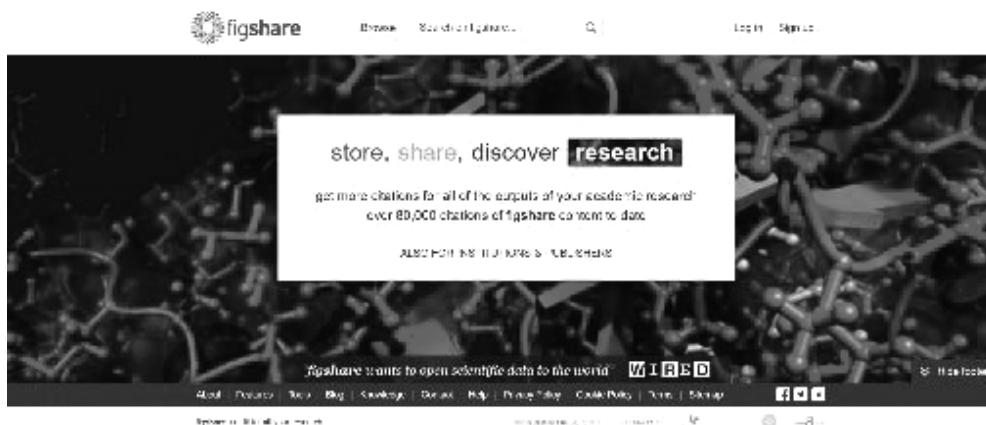


Рис. 4. Домашня сторінка онлайн-сховища Figshare (<https://figshare.com/>)

Open Data Kit (ODK) – це платформа для збору даних з відкритим кодом, що дозволяє користувачам заповнювати форми в автономному режимі та надсилати дані на сервер під час сеансу онлайн. Дані на сервері можна завантажувати, переглядати та опрацьовувати (див. рис. 5).



Рис. 5. Домашня сторінка платформи збору даних ODK (<https://getodk.org/>)

Open Access Works – це розширення браузера, що дозволяє користувачам

здійснювати пошук наукових статей з відкритим доступом, перегляд сторінки з описом потрібної статті або знайти альтернативні шляхи доступу до наукової продукції (див. рис. 6).

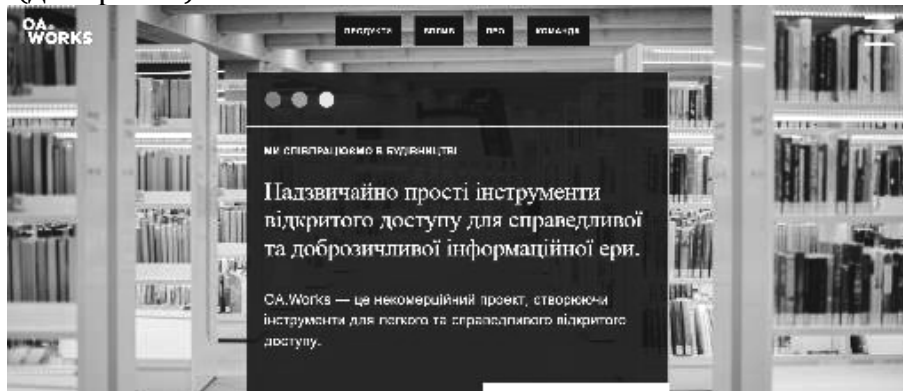


Рис. 6. OAW – надбудова в браузері для пошуку даних (<https://oa.works/>)

Open Science MOOC – це безкоштовний онлайн-курс, який надає відомості про теорію та практику відкритої науки (див. рис. 7).

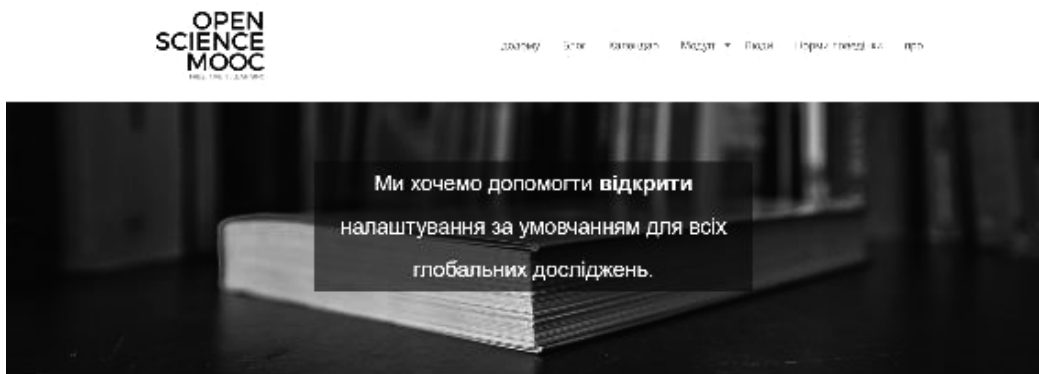


Рис. 7. Онлайн-курс про відкриту науку (<https://opensciencemooc.eu/>)

Аналізуючи нормативні документи [11], [12], [13] та звіти UNESCO [14], [15], було визначено перспективи використання підходів відкритої науки для освіти. Як зазначено в документах, середовища відкритої науки можуть стати надзвичайно корисними для вчителів та викладачів у різних аспектах, таких як: забезпечення доступу до наукових матеріалів, надання ресурсів для створення власних матеріалів, допомога в підвищенні кваліфікації, а також розвитку наукової грамотності учнів та студентів (див. рис. 8).



Рис. 8. Напрями використання середовищ відкритої науки

Доступ до наукових матеріалів. Вчителі можуть використовувати середовища відкритої науки для знаходження інформації та наукових досліджень на теми, які вони викладають. Наприклад, вчителі можуть шукати наукові статті, дослідження та матеріали для своїх уроків.

Open Access Journals: це журнали, які надають вільний доступ до наукових статей. Наприклад, Public Library of Science (PLOS) надає доступ до безкоштовних наукових статей з біології, медицини або “Інформаційні технології і засоби навчання” (ІТЗН) – з упровадження безкоштовних цифрових ресурсів та технологій.

ResearchGate: це соціальна мережа для дослідників, де вони можуть ділитися науковими статтями, дослідженнями та іншими матеріалами. Вчителі можуть використовувати ResearchGate для спілкування з дослідниками засобами електронної пошти, знаходження наукових досліджень та статей, які вони можуть використовувати на своїх уроках, долучення до досліджень у якості експериментальних майданчиків.

Доступ до відкритих ресурсів для створення власних матеріалів. Вчителі можуть використовувати відкриті ресурси з середовищ відкритої науки для створення своїх власних матеріалів для уроків, таких як презентації, відео та інші дидактичні матеріали, організовувати практикуми та освітні експедиції.

Open Educational Resources (OER) – публічна цифрова бібліотека відкритих освітніх ресурсів, що налічує більше ніж 50 000 відкритих ресурсів для використання в освітній практиці вчителів (<https://www.oercommons.org/>).

Ресурси для розвитку наукової грамотності. Вчителі можуть використовувати середовища відкритої науки для сприяння розвитку наукової грамотності своїх учнів. Наприклад, вони можуть надавати учням доступ до відкритих даних та наукових досліджень, щоб допомогти їм зрозуміти науковий процес та наукові методи.

Citizen Science Projects (<https://education.nationalgeographic.org/>): це проекти, які запрошують учнів та студентів брати участь у наукових дослідженнях. Наприклад, проект Galaxy Zoo (2009 р.) – інтернет-проект з класифікації різних типів галактик до якого запрошують користувачів класифікувати зображення далеких астрономічних об'єктів, визначати форми галактик на зображеннях та ін.

Ресурси для підвищення кваліфікації. Вчителі можуть використовувати середовища відкритої науки для підвищення своєї кваліфікації та знань з наукових дисциплін. Наприклад, вони можуть відвідувати курси в середовищах, таких як Open Science MOOC.

Open Science MOOC – це безкоштовна онлайн-платформа, яка пропонує курси з відкритої науки. Курси на цій платформі можуть бути корисні для вчителів, які хочуть підвищити свою кваліфікацію та знання з відкритої науки.

Отже, середовища відкритої науки, описані вище, можуть бути корисними для вчителів, які хочуть підвищити свою кваліфікацію, створювати дидактичні матеріали та допомогати у підвищенні рівня наукової грамотності й формуванні дослідницьких компетентностей своїх учнів.

III. *Форми, методи та підходи навчання вчителів з використанням середовищ відкритої науки*

Процесу використання підходів відкритої науки вчителями в професійній діяльності передують його особиста підготовка, а саме: розвиток його компетентності з питань відкритої науки. Тому важливо виокремити форми, методи, підходи щодо навчання вчителів використанню підходів відкритої

науки.

Розглянемо декілька форм навчання вчителів з використанням середовищ відкритої науки (див. рис. 9).

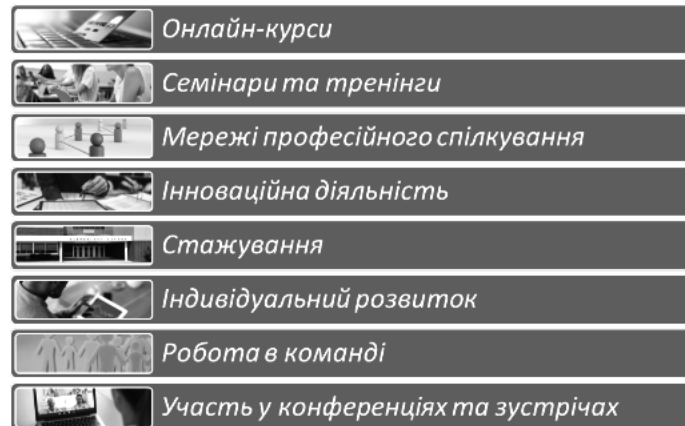


Рис. 9. Форми навчання вчителів з використання середовищ відкритої науки

Онлайн-курси. Вчителі можуть взяти участь в безкоштовних онлайн-курсах з відкритої науки, які пропонуються на платформах, таких як Open Science MOOC, Coursera та edX. Ці курси можуть допомогти вчителям зрозуміти основні поняття відкритої науки та навчитися використовувати інструменти, що використовуються в цій галузі.

Семінари та тренінги. Вчителі можуть взяти участь в семінарах та тренінгах, організованих закладами вищої освіти, науковими установами або закладами загальної середньої освіти, зокрема науковими ліцеями. Ці заходи можуть включати доповіді від експертів з відкритої науки, практичні вправи та роботу в групах.

Мережі професійного спілкування. Вчителі можуть приєднатися до мереж професійного спілкування, таких як ResearchGate, Facebook та LinkedIn, де вони можуть спілкуватися з іншими вчителями та дослідниками з питань відкритої науки. Ці мережі можуть бути корисними для обміну ідеями та знаннями з галузі знань в якій працює та викладає вчитель.

Інноваційна діяльність. Вчителі можуть інтегрувати концепції та інструменти відкритої науки у свої навчальні програми та дидактичні матеріали. Це може включати використання відкритих джерел даних, наукових публікацій, відкритого програмного забезпечення та відкритих освітніх ресурсів.

Стажкування. Вчителі можуть взяти участь у стажуваннях в наукових установах або університетах, де вони можуть працювати з досвідченими дослідниками та навчатися використовувати інструменти відкритої науки.

Індивідуальний розвиток. Вчителі можуть також створювати свої власні проекти з використанням відкритих даних.

Робота в команді. Вчителі можуть створювати команди з іншими вчителями або дослідниками, щоб працювати над проектами з використанням відкритих даних та інструментів відкритої науки. Робота в команді може дати вчителям можливість поділитися своїм досвідом, взаємодіяти з іншими експертами та створювати більш складні та цікаві проекти.

Участь у конференціях та зустрічах. Вчителі можуть взяти участь у конференціях та зустрічах з відкритої науки, які проводяться по всьому світу. Це може дати вчителям можливість поспілкуватися з експертами з відкритої науки,

дізнатися про останні тренди, ресурси та ініціативи в цій галузі, а також поділитися своїм досвідом з іншими учасниками.

Виокремимо *методи навчання* вчителів з використанням середовищ відкритої науки (див. рис. 10).

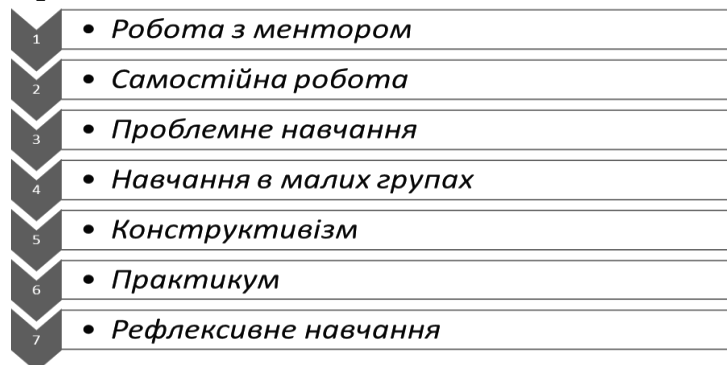


Рис. 10. Методи навчання вчителів з питань відкритої науки

Робота з ментором може допомогти вчителю зрозуміти, як використовувати середовища відкритої науки у своїй роботі. Ментор може надати вчителю консультації та допомогти з вибором інструментів та ресурсів для використання. Ментором може бути викладач закладу вищої освіти або наукової установи, компетентний у питаннях відкритої науки.

Самостійна робота. Вчителі можуть самостійно вивчати інструменти та ресурси відкритої науки шляхом використання онлайн-ресурсів та цифрового контенту. Важливо зрозуміти, що самостійне навчання може зайняти більше часу на їх опанування.

Проблемне навчання. Цей метод навчання полягає у вирішенні реальних проблем, що може бути корисним для вчителів, які навчаються використовувати Open Science. Вони можуть використовувати відкриті наукові дані та ресурси, свої знання та навички, щоб вирішити окреслену проблему.

Навчання в малих групах. Цей метод полягає у співпраці вчителів у групах для вивчення та розвитку знань та навичок. Вчителі можуть ділитися досвідом, порівнювати результати та розв'язувати проблеми разом.

Конструктивізм. Цей метод навчання базується на тому, що вчителі здобувають знання через свій власний досвід, комунікацію з іншими вчителями та у процесі взаємодії з представниками світової наукової спільноти.

Практикум. Вчителям можна надати можливість практично апробувати відкриті наукові ресурси та інструменти, щоб навчитися їх використовувати в реальному житті. Наприклад, вчителям можна запропонувати взяти участь в навчальному проекті з використанням відкритих даних та ресурсів.

Рефлексивне навчання. Цей метод навчання полягає в тому, щоб вчителі були свідомими своїх власних дій та рішень у використанні відкритих наукових ресурсів. Вчителям слід регулярно рефлексувати про свої дії, вивчати результати своєї роботи та постійно вдосконалюватися.

Бажано використовувати *підходи*, які можуть бути ефективними у процесі навчання вчителів використанню середовищ відкритої науки (див. рис. 11).



Рис. 11. Підходи до навчання вчителів щодо використання середовищ відкритої науки

Практичний підхід. Навчання повинно бути побудоване на практичних завданнях та вправах, які дозволяють вчителям практично використовувати відкриті наукові ресурси. Наприклад, вчителі можуть вивчати, як використовувати бази даних, розробляти веб-сайти та використовувати онлайн інструменти для аналізу даних.

Комунікативний підхід. Вчителі можуть навчатися від інших вчителів та науковців, які вже використовують середовища відкритої науки. Колеги можуть ділитися досвідом та знаннями з використання відкритих наукових ресурсів, що дозволить вчителям вивчати нові ідеї та методи.

Розвивальний підхід. Цей підхід полягає в тому, щоб дозволити вчителям розвивати свої знання та навички використання середовищ відкритої науки відповідно до їх потреб та інтересів. Вчителям слід дати можливість вивчати питання, які їх цікавлять та які відповідають їхнім потребам.

Мультимедійний підхід. Цей підхід використовує різноманітні мультимедійні засоби та інтерактивні технології для навчання вчителів використанню середовищ відкритої науки. Наприклад, вчителі можуть використовувати відео-уроки, онлайн-курси та вебінари для вивчення нових ідей та методів.

Індивідуальний підхід. Індивідуальний підхід орієнтується на потреби та можливості конкретного вчителя, забезпечуючи навчання на основі його особистих потреб та інтересів. Цей підхід передбачає розвиток індивідуальних навичок та знань кожного вчителя в окремо взятій сфері відкритої науки. Вчителі можуть працювати з наставниками, щоб отримати індивідуальну підтримку та поради щодо використання відкритих наукових ресурсів.

Контекстуальний підхід. Цей підхід включає в себе навчання вчителів, як використовувати відкриті наукові ресурси в контексті їхньої власного навчального предмету. Вчителі можуть вивчати, як використовувати відкриті дані та ресурси в своїй освітній практиці для досягнення цілей навчання та розвитку учнів, зокрема щоб підвищити свою ефективність навчання.

Дослідницький підхід. Цей підхід дозволяє вчителям самостійно досліджувати та використовувати відкриті наукові ресурси, щоб вдосконалити свої методи та практики. Вчителі можуть брати участь у проектах відкритої науки, співпрацювати з науковими групами та використовувати відкриті дані для проведення своїх досліджень.

Враховуючи зазначені підходи та застосовуючи окреслені форми й методи

навчання вчителям можна дати можливість навчитися використовувати відкриті наукові ресурси та інструменти в ефективний спосіб.

IV. Приклади використання середовища відкритої науки вчителями фізики та математики

Середовище відкритої науки може бути корисним як для вчителів математики, так і для *вчителів фізики*, оскільки воно надає доступ до великої кількості наукових даних, досліджень та інформації про нові досягнення у певній галузі наук. Це дозволяє вчителям бути в курсі останніх тенденцій у науці, а також надає можливість залучати учнів до активного вивчення науки та проведення досліджень.

Виокремимо основні напрями використання середовища відкритої науки вчителями природничо-математичних предметів (рис. 12).

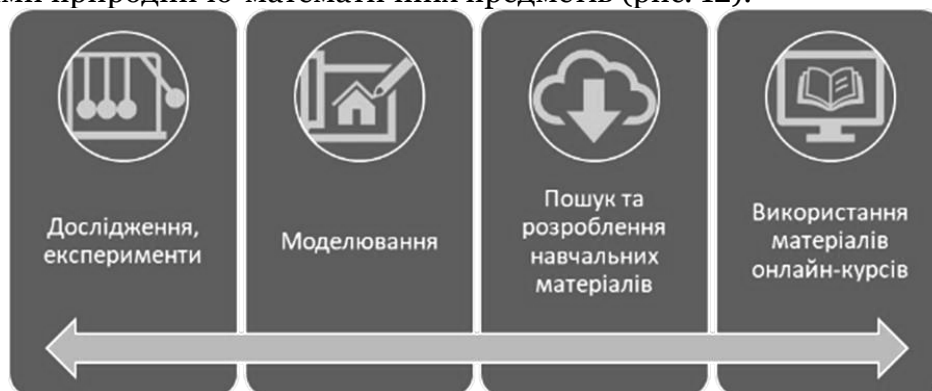


Рис. 12. Напрями використання середовища відкритої науки вчителями природничо-математичних предметів

Ось декілька прикладів використання середовища відкритої науки вчителями фізики.

Використання відкритих даних для досліджень. Вчитель фізики може використовувати відкриті дані, наприклад зі спостережень сонячної активності, для дослідження фізичних явищ та проведення експериментів. Такі дані можна використовувати для вивчення астрономії, питань радіації та інших тем навчання.

Використання відкритих програмних засобів для моделювання. Вчитель може використовувати відкриті програмні засоби, такі як PhET Interactive Simulations для дослідження процесів та явищ природи або LTspice для моделювання фізичних систем, наприклад електричного кола або електромагнітних полів; Tracker для використання відеозаписів з метою аналізу рухів та дослідження законів фізики; Open Source Physics для використання набору інструментів та матеріалів, що включає в себе симуляції, програмне забезпечення для моделювання фізичних явищ, відкриті підручники та інші ресурси. Засоби відкритої науки, візуальні симуляції та інтерактивні дослідження можуть допомогти учням зрозуміти фізичні явища та закони.

Використання відкритих джерел для пошуку та розроблення матеріалів. Вчитель може використовувати відкриті джерела для пошуку матеріалів для своїх уроків, таких як ілюстрації, діаграми, відео та ін. Також, вчитель може використовувати відкриті джерела для розробки власних матеріалів.

Використання відкритих онлайн-курсів. Вчитель може використовувати відкриті онлайн-курси для самонавчання та підвищення своїх знань та навичок у фізиці. Наприклад, він може вивчати нові фізичні теорії та методи

дослідження, які він потім може використовувати на своїх уроках.

Середовище відкритої науки може допомогти вчителям залучати учнів до процесу наукових досліджень та дозволяє їм самостійно досліджувати фізичні явища та закономірності.

Використання середовища відкритої науки може бути доречним та корисним для *вчителів математики*, оскільки воно дозволяє отримати доступ до великої кількості статистичних даних, формул, теорем, довідкової інформації та інших ресурсів, що можуть допомогти вчителям у підготовці та проведенні уроків.

Крім того, середовище відкритої науки може допомогти вчителям математики залучати учнів до процесу наукових досліджень та розвитку математичних навичок та формування дослідницьких компетентностей. Таке середовище також може бути корисним для учнів, які працюють над реалізацією проєктів, зокрема для участі в конкурсі Малої академії наук та мають інтереси у певних галузях математики. У середовищі створюються умови для здійснення самостійного дослідження певних математичних проблем та тем.

Таким чином, використання середовища відкритої науки може допомогти вчителям математики забезпечити більш ефективне та цікаве вивчення математики учнями, а також підвищити їхні математичні здібності та зробити навчальний процес більш інтерактивним та зручним для учнів. Існує багато способів, які вчитель математики може використовувати середовища відкритої науки, розглянемо їх.

Використання відкритих математичних даних для навчання учнів. Вчитель математики може використовувати відкриті дані про економіку, демографію, природничі науки тощо для того, щоб показати учням, як математика використовується у реальному світі.

Використання відкритих джерел для пошуку та розробки матеріалів: Вчитель може використовувати відкриті джерела для пошуку матеріалів для своїх уроків, таких як завдання, презентації, тести тощо. Також, вчитель може використовувати відкриті джерела для розробки власних матеріалів.

Використання відкритих програмних засобів для викладання математики. Вчитель може використовувати відкриті програмні засоби, такі як GeoGebra для створювати графіки, діаграми та інтерактивні симуляції; SageMath для здійснення математичних обчислень, яке містить велику бібліотеку математичних функцій та інструментів; Maxima може бути корисним для викладання алгебри, тригонометрії та інших математичних дисциплін. Вони можуть бути корисним для розроблення та виконання складних математичних обчислень та моделювання. Ці засоби можуть допомогти учням зрозуміти складні математичні концепції шляхом візуалізації та інтерактивного взаємодії з матеріалами.

Використання відкритих онлайн-курсів. Вчитель може використовувати відкриті онлайн-курси для самонавчання та підвищення своїх знань та навичок у математиці. Наприклад, він може опанувати новими математичними методами та інструментами, які він може використовувати на своїх уроках.

Деталізуємо окреслену методику для застосування середовища відкритої науки на уроках геометрії.

Використання відкритих даних для дослідження геометричних форм. Вчитель може використовувати відкриті дані, такі як геодезичні дані або картографічні дані, для дослідження геометричних форм та їх взаємодії. Наприклад, він може запропонувати учням вивчати зміну форми Землі на основі

геодезичних даних або досліджувати форму географічних об'єктів, таких як озера та гірські хребти, на основі картографічних даних.

Використання відкритих програмних засобів для проведення бінарних уроків (геометрія та інформатика). Вчителі можуть використовувати відкриті програмні засоби, такі як Scratch або Python, для викладання програмування на уроках геометрії. Наприклад, можна створювати програми для моделювання геометричних об'єктів та їх взаємодії, такі як моделі побудови геометричних тіл або руху тіл у просторі.

Використання відкритих джерел для дослідження історії геометрії. Вчитель може використовувати відкриті джерела, такі як архіви та електронні бібліотеки, для дослідження історії геометрії та її розвитку. Наприклад, він може запропонувати досліджувати історію побудови геометричних тіл або вивчати розвиток теорії тригонометрії.

Використання відкритих джерел для дослідження застосування геометрії в різних галузях. Вчитель може використовувати відкриті джерела, такі як відкриті бази даних та електронні ресурси, для дослідження застосування геометрії в різних галузях, таких як архітектура, інженерія, географія та інші. Наприклад, він може запропонувати учням досліджувати геометричні принципи, які використовуються в архітектурі, для побудови будівель, та вивчати геометричні принципи, які застосовуються в інженерії, для розробки машин та механізмів.

Використання відкритих програмних засобів для моделювання геометричних об'єктів. Вчитель може використовувати відкриті програмні засоби, такі як GeoGebra або SketchUp, для моделювання геометричних об'єктів на уроках геометрії. Наприклад, він може запропонувати учням створювати тривимірні моделі геометричних тіл або моделі взаємодії між геометричними об'єктами.

Використання відкритих джерел для вивчення геометрії в різних культурах. Вчитель може використовувати відкриті джерела, такі як етнографічні дослідження та електронні архіви, для вивчення геометрії в різних культурах. Наприклад, він може запропонувати учням досліджувати геометрію у мистецтві та архітектурі різних культур, щоб допомогти їм краще зрозуміти значення та використання геометрії в різних аспектах життя.

Ці приклади демонструють, що вчителі, які володіють навичками ефективного використання середовищ відкритої науки, можуть досягати кращих результатів у навчанні учнів. Крім того, вони можуть допомогти учням краще зрозуміти значення науки для суспільства та показати, як вона пов'язана з реальним життям. Відповідно, використання середовищ відкритої науки може стати важливим інструментом для підвищення якості навчання та формування наукової грамотності та дослідницьких компетентностей учнів.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок. Освіта стає все більш важливою для розвитку суспільства, тому вчителі мають велику відповідальність у формуванні наукової грамотності своїх учнів та студентів. Використання середовищ відкритої науки може бути цінним інструментом для досягнення цієї мети. Зокрема, якщо вчителі використовують такі ресурси та середовища, вони можуть забезпечити доступ своїм учням до актуальної наукової інформації та матеріалів, що допоможе учням краще зрозуміти значення науки для суспільства та зацікавити їх у вивченні наукових предметів. Крім того, вчителі можуть використовувати середовища відкритої науки для створення своїх власних дидактичних матеріалів, які були б

пристосовані до потреб та інтересів їхніх учнів.

Одним із важливих аспектів, де вчителі можуть досягати кращих результатів завдяки використанню середовищ відкритої науки, є підвищення мотивації учнів до вивчення науки та збільшення їх інтересу до навчання. Використання різних наукових ресурсів та інтерактивних інструментів, доступних у середовищах відкритої науки, дозволяє показати учням, як наука пов'язана з реальним життям, та допомагає учням бачити, як їхні знання можуть мати практичне застосування. Крім того, вчителі можуть створювати інтерактивні та інноваційні уроки, що позитивно впливатиме на якість навчання та сприяти кращому засвоєнню матеріалу учнями.

Середовища відкритої науки можуть бути дієвим інструментом для формування в учнів сучасних поглядів на оточуючий світ, створення більш збалансованого та актуального освітнього середовища, яке забезпечує доступ до різноманітних наукових ресурсів та інформації, дозволяє учням досліджувати світ на основі сучасних наукових даних та розробок, розвивати критичне мислення та мотивацію до навчання, забезпечує змогу зрозуміти, як відбувається науковий пошук та розвиток науки.

Запропонована методика може стати дієвим інструментом впровадження підходів відкритої науки в освітню практику вчителів нової української школи. Комбінація різних форм навчання може дати вчителям широкий огляд можливостей відкритої науки та допомогти їм зрозуміти, як використовувати ці принципи у своїй роботі, а комбінування різних підходів може бути найефективнішим способом навчання вчителів використанню середовищ відкритої науки, оскільки це дозволяє врахувати різні потреби та стилі навчання. Зазначимо, що комбінуючи різні методи навчання, вчителі можуть знайти той, який підходить їм найбільше, та дозволить їм досягти успіху у використанні середовищ відкритої науки в педагогічній практиці.

До перспективи подальших розвідок маємо віднести обґрунтування науково-організаційних заходів та правових аспектів використання підходів відкритої науки в закладах загальної середньої освіти.

В статті представлено результати виконання проекту "Хмаро орієнтовані системи відкритої науки у навчанні і професійному розвитку вчителів" (реєстраційний номер: 2020.02/0310), що фінансується Національним фондом досліджень України.

Список використаних джерел:

1. Atenas, J, Havemann, L & Priego, E 2015, 'Opening teaching landscapes: The importance of quality assurance in the delivery of open educational resources', *Open Praxis*, №7 (4). Pp. 299-309. Available from: <<https://doi.org/10.5944/openpraxis.7.4.233>>. [15 April 2023].
2. Banker, DA & Manning, D 2023, 'Open Educational Resources: The Promise, Practice, and Problems in Tertiary and Post-secondary Education', *Open Educational Resources in Higher Education. Future Education and Learning Spaces*. Springer, Singapore. pp. 55-76. Available from: <https://doi.org/10.1007/978-981-19-8590-4_4>. [15 April 2023].
3. Butcher, N & Wilson-Strydom, M 2008, 'Technology and Open Learning: The Potential of Open Education Resources for K-12 Education', *International Handbook of Information Technology in Primary and Secondary Education*, № 20. Available from: <https://doi.org/10.1007/978-0-387-73315-9_42>. [15 April 2023].
4. Fecher, B, Friesike, S & Hebing, M 2015, 'What Drives Academic Data Sharing?', *PLoS ONE*, 10 (2): e0118053. Available from: <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118053>>. [15 April 2023].

5. Fialkowski, M, Calabrese, A et. al. 2020, 'Open Educational Resource Textbook Impact on Students in an Introductory Nutrition Course', *Journal of Nutrition Education and Behavior*, № 4 (52), pp. 359-368. Available from: <<https://doi.org/10.1016/j.jneb.2019.08.006>>. [15 April 2023].
6. Jhangiani, R, Pitt, R et. al. 2016, 'Exploring Faculty Use of Open Educational Resources at British Columbia Post-Secondary Institutions', *BCcampus Research Report*. Available from: <<http://oro.open.ac.uk/45178/>>. [15 April 2023].
7. Morin, H, Curry, J 2022, 'Open Educational Resources for K-12 Teachers: A Sustainable Plan', *TechTrends*, № 66, pp. 938-944. Available from: <<https://doi.org/10.1007/s11528-022-00799-6>>. [15 April 2023].
8. Munafò, M, Nosek, B, Bishop, D. et al. 2017, 'A manifesto for reproducible science', *Nat Hum Behav*, № 1 (0021). Available from: <<https://doi.org/10.1038/s41562-016-0021>>. [15 April 2023].
9. Peters, MA 2017, 'Open Education and Education for Openness', *Encyclopedia of Educational Philosophy and Theory*. Springer, Singapore. Available from: <https://doi.org/10.1007/978-981-287-588-4_411>. [15 April 2023].
10. Piwowar, HA & Vision, TJ 2013, 'Data reuse and the open data citation advantage', *PeerJ*, №1, e175. Available from: <<https://doi.org/10.7717/peerj.175>>. [15 April 2023].
11. The European Commission 2018, *Open Science Monitor*. Available from: <<https://cutt.ly/F5vpCS2>>. [15 April 2023].
12. The Open Education Consortium 2020, *Open Education*. Available from: <<https://www.oecconsortium.org>>. [15 April 2023].
13. The Public Library of Science 2020, *Open Access*. Available from: <<https://www.plos.org/open-access/>>. [15 April 2023].
14. UNESCO 2020, *Open Science*. Available from: <<https://www.unesco.org/en/open-science>>. [15 April 2023].
15. UNESCO 2021, *UNESCO Recommendation on Open Science*. Available from: <<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379949>>. [15 April 2023].
16. *Zim GeoGebra* 2020. Available from: <https://www.geogebra.org/static/uploads/newsletter/2021-01/2020_year_in_review_en.pdf>. [15 April 2023].
17. *Zim PhET* 2020. Available from: <<https://phet.colorado.edu/files/phet-annual-report-2020.pdf>>. [15 April 2023].
18. Коваленко, ВВ, Мар'єнко, МВ & Сухих, АС 2021, 'Сучасний стан використання хмаро орієнтованих систем відкритої науки у вітчизняному освітньому просторі у закладах освіти', *Освітній дискурс*, № 38 (11-12), с. 56-64. Доступно: <[https://doi.org/10.33930/ed.2019.5007.38\(11-12\)-4](https://doi.org/10.33930/ed.2019.5007.38(11-12)-4)>. [25 Квітня 2023].
19. Коваленко, ВВ, Литвинова, СГ, Мар'єнко, МВ & Шишкіна, МП 2020, 'Хмаро орієнтовані системи відкритої науки у навчанні і професійному розвитку вчителів: зміст основних понять дослідження', *Фізико-математична освіта*, (3-2 (25)), с. 67-74. Доступно: <<https://doi.org/10.31110/2413-1571-2020-025-3-028>>. [15 Квітня 2023].
20. Ковальова, ОА, & Ярмач, СВ 2021, 'Реалізація цінностей відкритої науки засобами публікаційної діяльності юних дослідників', *Інноваційні практики наукової освіти: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції* (Київ, 8-11 грудня 2021 р.). Київ: Інститут обдарованої дитини НАПН України, 570 с.
21. Копаньєв, В 2017, 'Наукова комунікація: від відкритого доступу до відкритої науки', *Бібліотекознавство. Документознавство. Інформологія*, № 2, с. 35-45. Доступно: <<https://www.ceeol.com/search/article-detail?id=583012>>. [15 Квітня 2023].
22. Мар'єнко, М, Носенко, Ю & Шишкіна, М 2021, 'Засоби і сервіси європейської хмари відкритої науки для підтримки науково-освітньої діяльності', *Фізико-математична освіта*, № 31 (5), с. 60-66. Доступно: <<https://doi.org/10.31110/2413-1571-2021-031-5-009>>. [15 Квітня 2023].

References:

1. Atenas, J, Havemann, L & Priego, E 2015, 'Opening teaching landscapes: The importance of quality assurance in the delivery of open educational resources', *Open Praxis*, № 7 (4). Pp. 299-309. Available from: <<https://doi.org/10.5944/openpraxis.7.4.233>>. [15 April 2023].
2. Banker, DA & Manning, D 2023, 'Open Educational Resources: The Promise, Practice, and Problems in Tertiary and Post-secondary Education', *Open Educational Resources in Higher Education. Future Education and Learning Spaces*. Springer, Singapore. pp. 55-76. Available from: <https://doi.org/10.1007/978-981-19-8590-4_4>. [15 April 2023].
3. Butcher, N & Wilson-Strydom, M 2008, 'Technology and Open Learning: The Potential of Open Education Resources for K-12 Education', *International Handbook of Information Technology in Primary and Secondary Education*, № 20. Available from: <https://doi.org/10.1007/978-0-387-73315-9_42>. [15 April 2023].
4. Fecher, B, Friesike, S & Hebing, M 2015, 'What Drives Academic Data Sharing?', *PLoS ONE*, 10 (2): e0118053. Available from: <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118053>>. [15 April 2023].
5. Fialkowski, M, Calabrese, A et. al. 2020, 'Open Educational Resource Textbook Impact on Students in an Introductory Nutrition Course', *Journal of Nutrition Education and Behavior*, № 4 (52), pp. 359-368. Available from: <<https://doi.org/10.1016/j.jneb.2019.08.006>>. [15 April 2023].
6. Jhangiani, R, Pitt, R et. al. 2016, 'Exploring Faculty Use of Open Educational Resources at British Columbia Post-Secondary Institutions', *BCcampus Research Report*. Available from: <<http://oro.open.ac.uk/45178/>>. [15 April 2023].
7. Morin, H, Curry, J 2022, 'Open Educational Resources for K-12 Teachers: A Sustainable Plan', *TechTrends*, № 66, pp. 938-944. Available from: <<https://doi.org/10.1007/s11528-022-00799-6>>. [15 April 2023].
8. Munafò, M, Nosek, B, Bishop, D. et al. 2017, 'A manifesto for reproducible science'. *Nat Hum Behav*, № 1 (0021). Available from: <<https://doi.org/10.1038/s41562-016-0021>>. [15 April 2023].
9. Peters, MA 2017, 'Open Education and Education for Openness', *Encyclopedia of Educational Philosophy and Theory*. Springer, Singapore. Available from: <https://doi.org/10.1007/978-981-287-588-4_411>. [15 April 2023].
10. Piwowar, HA & Vision, TJ 2013, 'Data reuse and the open data citation advantage', *PeerJ*, №1, e175. Available from: <<https://doi.org/10.7717/peerj.175>>. [15 April 2023].
11. The European Commission 2018, *Open Science Monitor*. Available from: <<https://cutt.ly/F5vpCS2>>. [15 April 2023].
12. The Open Education Consortium 2020, *Open Education*. Available from: <<https://www.oecconsortium.org>>. [15 April 2023].
13. The Public Library of Science 2020, *Open Access*. Available from: <<https://www.plos.org/open-access/>>. [15 April 2023].
14. UNESCO 2020, *Open Science*. Available from: <<https://www.unesco.org/en/open-science>>. [15 April 2023].
15. UNESCO 2021, *UNESCO Recommendation on Open Science*. Available from: <<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379949>>. [15 April 2023].
16. *Zvit GeoGebra (Report GeoGebra)* 2020. Available from: <https://www.geogebra.org/static/uploads/newsletter/2021-01/2020_year_in_review_en.pdf>. [15 April 2023].
17. *Zvit PhET (Report PhET)* 2020. Available from: <<https://phet.colorado.edu/files/phet-annual-report-2020.pdf>>. [15 April 2023].
18. Kovalenko, VV, Marienko, MV & Sukhikh, AS 2021, 'Suchasnyi stan vykorystannia khmaro oriientovanykh system vidkrytoi nauky u vitchyznianomu osvithomu prostori u zakladakh osvity (The current state of use of cloud-oriented systems of open science in the domestic educational space in educational institutions)', *Osvitnii dyskurs*. № 38 (11-12), s. 56-64. Dostupno: <[https://doi.org/10.33930/ed.2019.5007.38\(11-12\)-4](https://doi.org/10.33930/ed.2019.5007.38(11-12)-4)>. [25 April 2023].

19. Kovalenko, VV, Lytvynova, SH, Marienko, MV & Shyshkina, MP 2020, 'Khmaro oriientovani systemy vidkrytoi nauky u navchanni i profesiinomu rozvytku vchyteliv: zmist osnovnykh poniat doslidzhennia (Cloud-oriented systems of open science in teaching and professional development of teachers: the content of the main concepts of the study)', *Fizyko-matematychna osvita*, (3-2 (25)), s. 67-74. Dostupno: <<https://doi.org/10.31110/2413-1571-2020-025-3-028>>. [15 April 2023].
20. Kovalova, OA & Yarmak, SV 2021, 'Realizatsiia tsinnosti vidkrytoi nauky zasobamy publikatsiinoi diialnosti yunyh doslidnykiv (Realization of the values of open science by means of publishing activities of young researchers)', *Innovatsiini praktyky naukovi osvity: materialy Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii* (Kyiv, 8–11 Hrudnia 2021 r.). Kyiv: Instytut obdarovanoi dytyny NAPN Ukrainy, 570 s.
21. Kopaniev, V 2017, 'Naukova komunikatsiia: vid vidkrytoho dostupu do vidkrytoi nauky (Scientific communication: from open access to open science)', *Bibliotekoznavstvo. Dokumentoznavstvo. Informolohiia*, № 2, s. 35-45. Dostupno: <<https://www.cceol.com/search/article-detail?id=583012>>. [15 April 2023].
22. Marienko, M, Nosenko, Yu & Shyshkina, M 2021, 'Zasoby i servisy yevropeiskoi khmary vidkrytoi nauky dlia pidtrymky naukovo-osvitnoi diialnosti (Tools and services of the European cloud of open science to support scientific and educational activities)', *Fizyko-matematychna osvita*, № 31 (5). s. 60-66. Dostupno: <<https://doi.org/10.31110/2413-1571-2021-031-5-009>>. [15 April 2023].