

**А. В. ЯЦИШИН**, д-р пед. наук, с. н. с.

**Г. Я. МОЗОЛЕВИЧ**, канд. техн. наук, доц.

**Т. М. ЯЦИШИН**, д-р техн. наук, доц.

**А. С. СУХІХ**, канд. пед. наук

## РОЛЬ Е-ІНФРАСТРУКТУР У ПІДТРИМЦІ НАУКОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ: ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

**Резюме.** У статті окреслено роль е-інфраструктур у підтримці наукової діяльності та розглянуто виклики і перспективи, що пов'язані з її використанням. У цифровому світі е-інфраструктури відіграють важливу роль у полегшенні доступу до наукової інформації, спільному використанні даних і співпраці між науковими колективами. Здійснено огляд основних видів е-інфраструктур України (Український Національний Грід (УНГ), Українська науково-освітня телекомунікаційна мережа (УРАН), GÉANT та Національний репозитарій академічних текстів (НРАТ)) та описано їх ключові характеристики. До головних переваг використання е-інфраструктури для підтримки та виконання наукових досліджень зараховуємо такі: доступ до інфраструктури та ресурсів; підтримка різних наукових галузей; спільна робота та колаборація; висока продуктивність та ефективність; інтеграція з міжнародними ініціативами; забезпечення безпеки та конфіденційності; сприяння розвитку національної науково-технологічної спільноти. Описано основні функції е-інфраструктур. Наголошено на важливому впливі е-інфраструктури на наукову спільноту, а саме: відбулися значні зміни в організації та спілкуванні науковців завдяки е-інфраструктурам і зараз взаємодія між науковими галузями та науковими спільнотами відбувається через платформи е-інфраструктур. Описано досвід авторів статті щодо популяризації цифрових сервісів та е-інфраструктур шляхом проведення наукових масових заходів для українських учених. Наголошено на більш активному використанні вченими та здобувачами освіти е-інфраструктур і розумінні їх потенціалу для підвищення ефективності та якості наукових досліджень.

**Ключові слова:** цифрова трансформація, е-інфраструктура, наукова діяльність, цифрові сервіси.

### ВСТУП

Цифрова трансформація науки в умовах євроінтеграції означає перехід до використання сучасних цифрових технологій та інструментів у науковій діяльності з метою покращення результативності, ефективності та конкурентоспроможності.

На сайті Міністерства освіти та науки (МОН) України зазначено, що “цифрова трансформація у сфері освіти і науки — це комплексна робота над побудовою екосистеми цифрових рішень у сфері освіти та науки, включно зі створенням безпечного електронного освітнього середовища, забезпеченням необхідної цифрової інфраструктури закладів та установ освіти і науки, підвищення рівня цифрової компетентності, цифровою трансформацією процесів та послуг, а також автоматизацією збору і аналізу даних” [20].

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Розвиток цифрових сервісів та інфраструктур є важливим фактором для інтеграції України до Європейського дослідницького простору та Єдиного цифрового ринку Європейського Союзу. Такі глобальні виклики, як пандемія

і російська агресія, виявили необхідність активного використання цифрових сервісів та е-інфраструктур у наукових установах (НУ) для задоволення освітньо-наукових потреб.

У Законі України “Про наукову і науково-технічну діяльність” від 26 листопада 2015 р. № 848-VIII (зі змінами та доповненнями) поняття “дослідницька інфраструктура” визначено “як сукупність засобів, ресурсів та пов'язаних із ними послуг, які використовуються науковим співтовариством для проведення досліджень на найвищому рівні, що охоплює найважливіші об'єкти наукового устаткування та обладнання або набори приладів, ресурси, що базуються на знаннях (колекції, архіви, депозитарії або банки даних наукової інформації), інфраструктуру, засновану на технології комунікацій (грід, комп'ютери, програмне забезпечення і мережевий зв'язок), та інші структури унікального характеру. Дослідницькі інфраструктури можуть бути локально розташованими, віртуальними або розподіленими (організована мережа ресурсів), державними або приватними. Дослідницькі інфраструктури можуть входити до міжнародних мереж”. Також у документі зазначено, що “Держава забезпечує: створення сучасної

наукової інфраструктури і системи інформаційного забезпечення наукової і науково-технічної діяльності, інтеграцію освіти, науки і виробництва” [12].

У проєкті документа “Концепція реалізації державної політики розвитку українських е-інфраструктур до 2023 року” [19] подано визначення поняття “Е-інфраструктура”, де вказано, що це “окремий різновид цифрових інфраструктур, основним завданням яких є отримання, зберігання, управління та інтеграція дослідницьких даних, їх глибинний аналіз, візуалізація, створення моделей на їх основі, інші види обробки наукової інформації та даних, а також послуги обчислення та комунікації, які надаються шляхом використання мережі Інтернет і, як наслідок, можуть здійснюватися не обмежуючись рамками однієї інституції”. Термін “е-інфраструктура” об’єднує в собі цифрові технології (апаратне та програмне забезпечення тощо), ресурси (дані, послуги, цифрові бібліотеки, архіви, репозитарії тощо), комунікації (протоколи, права доступу, мережі тощо), а також інституції, що необхідні для їх координації, використання наявних потужностей та управління ними [19].

Україна має різноманітні типи е-інфраструктур, які виконують різні функції та завдання, пристосовані до потреб суспільства. Особливу увагу варто приділити цифровим сервісам та е-інфраструктурам, які підтримують розвиток науково-освітнього простору та забезпечують його ефективну роботу. Головними видами е-інфраструктур України є [19]:

- е-інфраструктури, які призначені для проведення розподілених обчислень, зокрема Національна цифрова інфраструктура для розподілених обчислень Український Національний Грід (УНГ);
- е-інфраструктури, які призначені для накопичення, зберігання, систематизації, аналізу та надання доступу до наукових даних і публікацій, зокрема Національний репозитарій академічних текстів (НРАТ);
- е-інфраструктури, які призначені для забезпечення комунікації та мережевого зв’язку, зокрема з європейськими та світовими е-інфраструктурами через мережу GÉANT, Українська науково-освітня телекомунікаційна мережа (УРАН);
- Українська академічна і дослідницька мережа Інституту фізики конденсованих систем НАН України (УарНЕТ).

Поряд з іншими ініціативами, в Україні з 2019 р. виконується програма цифрових реформ, яку підтримує EU4Digital. На сайті <https://eufordigital.eu/uk> вказано, що програма

EU4Digital охоплює низку заходів, що спрямовані на розвиток ключових сфер цифрової економіки та суспільства згідно з нормами та практиками ЄС. У рамках цієї ініціативи ЄС сприяє зниженню тарифів на роумінг, розширенню доступу до високошвидкісного широкосмугового зв’язку з метою стимулювання економіки та розширення електронних послуг, забезпеченню кібербезпеки та гармонізації цифрових структур у суспільстві в різних галузях знань, підвищенню кваліфікації та створенню робочих місць у цифровій індустрії. Ініціатива EU4Digital сприяє доступу до загальноєвропейських онлайн-сервісів для громадян, державних установ і підприємств, щоб підтримати стійку цифрову трансформацію.

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Наразі розвиток дослідницьких інфраструктур є темою для досліджень зарубіжних і вітчизняних дослідників. Проаналізуємо їх детальніше.

Зарубіжні вчені [9] вказують на те, що цифрові інфраструктури, які надають цифрові можливості, такі як зберігання та обчислювальні послуги, відчувають постійно зростаючий попит на споживання даних, який, як очікується, лише зросте в майбутньому. Описано результати проведеного дослідження щодо застосування цифрових інфраструктур. Дослідники дійшли висновків про те, що цифрова інфраструктура стане більш розподіленою, поки не буде можливим динамічно розподіляти ресурси відповідно до часу, простору та енергії. Численні рішення підтримають цю зміну, проте передбачається, що цифрові інфраструктури зможуть стабільно розвиватися лише шляхами: а) отримання ширшої обізнаності про цифрову стійкість; б) забезпечення відповідальності кожної сторони за їх стійкість у всьому ланцюжку створення вартості; в) встановлення міждоменної взаємодії [9].

Колективом зарубіжних вчених у роботі [5] визначено, що дослідницькі інфраструктури та їхні сховища даних розміщують дані та роблять їх доступними для дослідників, але рідко пропонують обчислювальне середовище для аналізу даних. Розглянуто чинні підходи до покращення доступу до даних про навколишнє середовище, щоб сприяти більш швидкому аналізу даних в обчислювальних середовищах і, таким чином, сприяти більш бездоганній інтеграції даних та аналізу. Аналізуючи сучасні підходи та рішення, які впроваджують провідні світові дослідницькі інфраструктури навколишнього середовища, висвітлено наявні методи інтерфейсу сховищ даних із обчислювальними середовищами та виклики, які виникають у майбутньому. Це проблематично, з огляду на нові вимоги до FAIR

(доступних для пошуку, доступних, сумісних і повторно використовуваних) даних загалом, і проблематично для бездоганної інтеграції даних і аналізу зокрема. Описано ключовий підхід, що включає програмні бібліотеки, які оптимізують читання даних і метаданих в обчислювальних середовищах. Запропоновано дорожню карту та ключові моменти дій для гармонізації технологій, які створюють основу для ефективної інтеграції даних та аналізу [5].

У публікації [1] подано короткий аналіз тематичних сервісів EOSC. Досвід, що отримано від тематичних сервісів, можна перенести на нові сервіси для прийняття структури екосистеми EOSC. Окреслено рекомендації щодо інтеграції тематичних служб в екосистему EOSC щодо автентифікації та авторизації (об'єднанні регіональні або тематичні рішення, що базуються на EduGAIN), рішення FAIR для збереження даних і метаданих (як під час каталогізації, так і для збереження даних, наприклад, B2SHARE EUDAT), служби керування ресурсами, що є незалежними від хмарних платформ (наприклад, Infrastructure Manager), і рішення для керування робочим навантаженням [1].

Підтримуємо думку, висловлену зарубіжними вченими [10], про те, що дослідницькі інфраструктури відіграють ключову роль у технологічному розвитку, підтримуючи науку, технології та інновації. Для наукової спільноти, а також для створення державної наукової політики необхідно мати огляд наявних дослідницьких інфраструктур. Потрібна інформація про те, які інфраструктури доступні, хто ними керує та які послуги вони надають. Програмний модуль дослідницької інфраструктури має відповідати вимогам системи CRIS. Він повинен містити чітко визначений робочий процес та інтерфейс користувача. Другою вимогою до створеної моделі даних було досягнення максимального рівня сумісності CERIF, включаючи зв'язок з головними об'єктами CRIS. Представлено короткий огляд ситуації в Словаччині з використанням е-інфраструктур, досвід впровадження Карти дослідницької інфраструктури та її інтеграції до інформаційної системи SK CRIS [10].

У дослідженні [6] вказано, що розробка та впровадження цифрових систем поточних досліджень (CRIS) є одним із найбільш прозорих і практичних підходів до керування дослідницькою інформацією на національному рівні. Процес побудови та впровадження таких систем є складним і трудомістким, а успішні результати значною мірою залежать від створеної дослідницької інформаційної інфраструктури країни, сумісності систем і якості інформації, яка в них зберігається. Здійснено аналіз чинної україн-

ської науково-дослідницької інформаційної інфраструктури та визначено, які бази даних можна повторно використовувати та інтегрувати з національною Українською системою поточних наукових досліджень (URIS). Аналіз показав, що існують функціональні бази даних і реєстри, які збирають дані про дослідницьку діяльність і можуть бути використані як джерела даних для URIS. Зокрема, це Єдина державна електронна база з питань освіти є потенційним джерелом даних про ЗВО, Національний репозитарій академічних текстів щодо метаданих про наукову продукцію, внутрішня база даних Національного фонду досліджень України та база даних про наукові проекти, які ведуть УкрІНТЕІ. Також виявлено, що в українській дослідницькій інфраструктурі відсутній повний, актуальний реєстр дослідників. Описано виклики та рішення для подальших кроків у розбудові національного CRIS [6].

У публікації [13] підсумовано, що освітня е-інфраструктура суттєво підвищує рівень технічних можливостей і конкурентоспроможність української освіти. Вона надає унікальні можливості для дистанційного навчання. Окрім того, е-інфраструктура має потенціал підвищити якість освітніх послуг, сприяти розвитку науки та інноваційних продуктів, а також комерціалізації досліджень в Україні.

Подібний до попереднього висновок зроблено в праці [22] стосовно того, що створення єдиної Платформи всеукраїнського цифрового наукового простору та розвиток українських е-інфраструктур сприятиме підвищенню конкурентоздатності української науки на світовій арені та входженню наукової молоді в міжнародний дослідницький простір.

Досвід створення та розвитку European Open Science Cloud проаналізовано в статті [21]. Також коротко описано Стратегію побудови Національної хмари відкритої науки в Україні.

Оскільки цифрові технології постійно вдосконалюють і з'являються нові види цифрових сервісів та е-інфраструктур доцільним є дослідження ролі е-інфраструктур у підтримці наукової діяльності вітчизняними вченими та визначення обізнаності дослідників щодо їх можливостей для виконання наукової діяльності.

**Мета статті** полягає в тому, щоб розглянути роль е-інфраструктур у підтримці наукової діяльності, дослідити ситуацію з доступом до е-інфраструктур та обізнаністю дослідників щодо їх можливостей для виконання наукових досліджень.

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Цифрова трансформація науки в умовах євроінтеграції має на меті забезпечити відкри-

тість, прозорість та міжнародну взаємодію в науковій сфері. Вона сприяє розвитку міжнародних наукових зв'язків, обміну досвідом і передачею знань. Окрім того, цифрова трансформація дає змогу зберігати, організовувати та легко доступними значні обсяги наукових даних, що сприяє розвитку нових досліджень і знань.

Підтримуємо думку, висловлену в публікації [14], що важливим стає завдання розроблення екосистеми дослідницьких е-інфраструктур в Україні, що відображатиме основні напрями політики щодо формування та розвитку екосистеми дослідницьких е-інфраструктур відкритої науки. Ці е-інфраструктури створюють можливості для науковців, викладачів, студентів долучатися до відкритих наукових процесів на будь-якому етапі наукової роботи. Водночас у публікації [14] наголошено на проблемах, що потребують розв'язання під час впровадження принципів відкритої науки в Україні, а саме першочерговим є:

- розроблення та затвердження національних процедур і показників забезпечення якості дослідницької діяльності на основі принципів і підходів відкритої науки;
- визначення та обґрунтування показників для оцінювання стану дослідницької інфраструктури ЗВО та наукових установ;
- розроблення Національної наукометричної бази UkrScience;
- розроблення цифрової платформи Ukrainian Open Science для національної системи забезпечення якості дослідницької діяльності на основі принципів і підходів відкритої науки;
- удосконалення системи державного фінансування ЗВО відповідно до якості результатів їх дослідницької діяльності через запровадження критеріїв і показників забезпечення якості дослідницької діяльності на основі принципів і підходів відкритої науки;
- стимулювання розвитку та забезпечення підтримки національних дослідницьких інфраструктур, що забезпечують відкритий доступ та їх інтеграцію у європейську та глобальні екосистеми дослідницьких е-інфраструктур.

Таким чином, освітня е-інфраструктура значно підвищує рівень технічних можливостей і конкурентоспроможність нашої освіти, наприклад, у дистанційній формі навчання, яка на сьогодні вже є невід'ємною частиною навчального процесу багатьох освітніх закладів, а також може стати значним кроком до підвищення рівня освітніх послуг і розвитку науки в освіті, розробки інноваційних продуктів, комерціалізації досліджень в Україні [13].

Коротко опишемо основні е-інфраструктури в Україні, що є доцільними для застосування для підтримки наукової діяльності.

**Національна грид-інфраструктура.** Національна цифрова інфраструктура для розподілених обчислень Український Національний Грид є важливим компонентом розвитку наукових досліджень і обчислювальних потужностей в Україні. Ця система забезпечує інфраструктуру для проведення великомасштабних обчислювальних розрахунків, обміну даними та спільної роботи між науковими установами, дослідниками та іншими учасниками наукової спільноти.

На сайті НАН України [23] зазначено, що Україна приєдналася до Ради Європейської грид-інфраструктури (EGI.eu). Афілійовані учасники мають тимчасовий статус членства (від 12 до 24 місяців), еквівалентний асоційованим учасникам, які ще не мають національної стратегії розвитку е-інфраструктур і відповідної фінансової підтримки держави та хочуть оцінити інтерес наукових співтовариств до таких е-інфраструктур. Е-інфраструктура EGI є глобальною мережею центрів оброблення даних і хмарних провайдерів, яка отримує фінансування від різних держав. Ця е-інфраструктура покриває всю Європу та інші країни світу. EGI пропонує широкий спектр послуг у сфері обчислень і зберігання даних, а також забезпечує підтримку дослідникам, багатонаціональним проектам та дослідницьким інфраструктурам. Послуги EGI надаються через об'єднану хмару EGI та центри оброблення даних EGI. Ці послуги доступні для всіх учасників академічних досліджень і бізнесу через EGI Marketplace. За допомогою EGI можна отримати доступ до понад 850 тис. логічних процесорів і 650 PB дискового й стрічкового накопичувачів. EGI тісно співпрацює з іншими е-інфраструктурами: EUDAT, GEANT, OpenAIRE, PRACE [23]. Також EGI виступає координатором проекту Європейської хмари відкритої науки (EOSC-hub), який об'єднує широку групу національних і міжнародних постачальників послуг в єдиний хаб для європейських дослідників та інноваторів. Цей проект надає дослідникам можливість отримати доступ до європейських дослідницьких інфраструктур та використовувати різноманітні ресурси е-інфраструктур для проведення передових досліджень [23].

**Національний репозитарій академічних текстів (НРАТ).** На сайті НРАТ (<https://nrat.ukrintei.ua/polityka-nrat>) вказано, що це загальнодержавна електронна база даних, яка накопичує, зберігає та систематизує академічні тексти. Головною метою НРАТ є сприяння розвитку освітньої, наукової, науково-технічної та інноваційної діяльності шляхом поліпшення

доступу до академічних текстів і підтримки наукової доброчесності. Ресурси НРАТ є допоміжними інструментами для проведення експертизи академічних текстів на предмет плагіату. Згідно з законодавством, НРАТ може здійснювати інформаційну інтеграцію з іншими базами даних, включаючи ресурси відкритих даних України та інших країн, а також бази даних центральних органів виконавчої влади.

У публікації [25] вказано, що НРАТ надає відкритий доступ до інформації, що міститься в ньому, зокрема до реєстру академічних текстів (дисертацій, звітів, статей) та їх електронних версій, а також інших пов'язаних даних, що розміщені на умовах відкритого доступу. Цей репозитарій постійно оновлюється, додаються як архівні матеріали, так і нові, які були оприлюднені та зареєстровані відповідно до чинного порядку. Створення НРАТ є значимою подією для підтримки відкритої науки в Україні. Термінологія, що пов'язана з “відкритим доступом до публічної інформації”, “відкритими даними” та “відкритим доступом”, була введена до нормативно-правового простору України завдяки Регламенту НРАТ [25].

Наприклад, щоденно відбувається оновлення новин на порталі НРАТ, що сприяє ознайомленню вчених із новими трендами в науковій та освітній галузі, інформуванню про різноманітні наукові заходи (конференції, семінари, круглі столи, онлайн-курси тощо). У розділі “Міжнародна підтримка” НРАТ можна ознайомитися з такими різноманітними пропозиціями від закордонних організацій для вчених, як стипендії, гранти тощо. Вчені можуть скористатися НРАТ, щоб отримати безкоштовний доступ до різних матеріалів, зокрема дисертації, наукові статті, звіти про дослідження тощо, які можуть бути корисними для проведення наукових досліджень. Особливо це важливо під час вибору тематики дослідження, написання дисертаційної роботи, визначення актуальної теми та на пряму подальшого наукового пошуку, а також для ознайомлення з уже створеними науковими публікаціями (наприклад, дисертаційними роботами) та напрацюваннями інших вчених у відповідній галузі.

**Національна електронна науково-інформаційна система (URIS).** На початку свого створення система URIS планувалась як центр об'єднання даних про результати наукової та науково-технічної діяльності українських наукових установ, ЗВО та самого наукового персоналу. Однак дослідження, проведені на першому етапі розробки системи, показали, що значна частина необхідних даних ще не оцифрована, збирається без належного контролю і не може

бути надійним джерелом інформації. У цей момент URIS виконує такі функції: агрегацію даних про сферу наукової та науково-технічної діяльності України; автоматизація визначених процедур і процесів суб'єктів сфери науки України; агрегацію інформації для вчених, на єдиному ресурсі; об'єднання даних, їх презентація та забезпечення користувачів аналітичними інструментами для їх дослідження; забезпечення формування даних, відсутніх у доступних джерелах інформації; забезпечення підтвердження даних верифікованими користувачами систем [16]. Головним запланованим результатом функціонування URIS є забезпечення відкритості даних про вітчизняну науку, а також до інших результатів належить спрощення процесів і процедур [16]:

- 1) пошуку інформації, даних, обладнання, послуг і ресурсів для проведення наукових досліджень;
- 2) пошуку виконавців наукоємних проєктів;
- 3) підготовки аналітичної інформації для прийняття управлінських рішень;
- 4) заповнення заявок, форма, звітів для вітчизняних учених, наукових установ і ЗВО;
- 5) презентація результатів вітчизняних досліджень у світовому науковому просторі.

**Українська науково-освітня телекомунікаційна мережа УРАН (УРАН™).** На сайті (<http://uran.ua/~ukr/net-org.htm>) вказано, що головною метою функціонування мережі УРАН є надання установам, організаціям та фізичним особам у галузях освіти, науки та культури України інформаційних послуг на основі інтернет-технологій, які задовольняють їхні професійні потреби та сприяють їхньому розвитку. Ці послуги передбачають швидкий доступ до інформації, обмін нею, поширення, накопичення та обробку для проведення наукових досліджень, здійснення дистанційного навчання, використання телематичних методів, функціонування електронних бібліотек, віртуальних лабораторій, проведення телеконференцій, використання дистанційних методів моніторингу тощо. Мережа УРАН побудована за ієрархічним принципом: у кожному місті України, що є значним осередком наукової та освітньої діяльності, створюється регіональний вузол мережі на базі університету або наукової установи міста.

На сайті мережі УРАН (<http://uran.ua/~ukr/net-org.htm>) зазначено, що вона фізично об'єднує понад 80 науково-дослідницьких та освітніх закладів, що мають 180 точок підключення. Мережа УРАН також володіє власними волоконно-оптичними мережами, які охоплюють 15 міст України та мають загальну протяжність близько 230 км.

**Пан'європейська мультигігабітна науково-освітня мережа GÉANT.** GÉANT є мережею, що об'єднує понад 8000 наукових установ і більш ніж 40 млн користувачів. За допомогою GÉANT можна проводити спільні наукові дослідження, кооперуватися для наукової діяльності та впроваджувати освітні програми. На сайті (<http://uran.ua/projects/geant/first.htm>) зазначено, що асоціація УРАН забезпечує українській науково-освітній спільноті доступ до мережі GÉANT і єдина має контракт з оператором мережі GÉANT — британською компанією GÉANT Ltd. (колишня DANTE Ltd.) — за принципом “одна країна — одна науково-освітня мережа”.

У праці [11] вказано, що GÉANT є координатором проекту EaPConnect, активно сприяє розвитку та інтеграції шести країн Східного партнерства та їх науково-освітніх спільнот в Європейський дослідницький простір (ERA). GÉANT об'єднує спеціалізованих телекомунікаційних операторів, створених для задоволення потреб науково-освітніх спільнот країн Європи в інформаційно-комп'ютерних технологіях, у єдину пан'європейську мережу для науки та освіти. Вітчизняним науковцям і освітянам відкривається доступ до провідних дослідницьких інфраструктур світу через ці канали GÉANT, що дає змогу ефективно брати участь у міжнародних наукових проєктах.

На сайті (<https://eufordigital.eu/uk/discover-eu/eap-connect>) зазначено, що EaPConnect (2020–2025 рр.) є частиною європейської ініціативи EU4Digital, яка передбачає розширення мережевої інфраструктури та послуг для досліджень й освіти для зменшення цифрового розриву. До основних цілей цього проєкту віднесено: 1) розширення мережі інфраструктури і послуг для досліджень та освіти; 2) розвиток

зв'язків з іншими європейськими інфраструктурами та ініціативами; 3) збільшення стійкості зв'язку міжнародної мережі та національних дослідницьких та освітніх мереж, щоб мати змогу продовжувати підтримувати їх національні екосистеми з досліджень та освіти; 4) підтримати участь науковців і викладачів Східного партнерства в міжнародній співпраці, щоб вони були присутні в європейських ініціативах та проєктах.

У публікації [26] на **рис. 1** схематично подано основні інфраструктури та послуги, які мають увійти до EOSC, і їх взаємодію між собою, як у ЄС, так і наявні елементи для побудови Національного хабу в Україні. Розглянемо короткий опис цього рисунка:

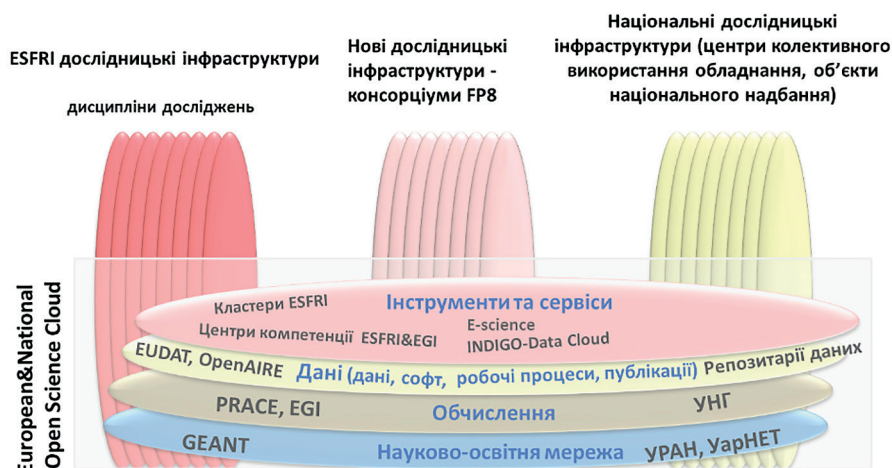
1) першим горизонтальним шаром знизу є мережа GEANT;

2) другим шаром є е-інфраструктури для обчислень та обробки даних для будь-яких наукових дисциплін (PRACE та EGI), для України — Український національний грид;

3) третім шаром є е-інфраструктури, що надають сервіси з обміну та збереження даних як незалежно від дисциплін, так і зі специфічними відмінностями для певних широких спільнот (EUDAT та OpenAire), для України — частково Національний репозитарій текстів, репозитарії наукових інститутів і ЗВО;

4) четвертим шаром є тематичні сервіси й інструменти, що їх розробляють віртуальні організації, структури e-Science; центри компетенції дослідницьких інфраструктур. Це “платформи як сервіс” та “софт як сервіс”, (наприклад, INDIGO Data Cloud);

5) вертикально представлені дослідницькі інфраструктури, що використовують багатодисциплінарні “горизонтальні” е-інфраструктури, а з іншого боку — надають тематичні дані, сервіси



**Рис. 1.** Основні інфраструктури та послуги, які мають увійти до EOSC [26]

та платформи для загального використання з допомогою власної “вертикальної” цифрової інфраструктури. Усе це і відображає Європейську хмару відкритої науки [26].

Опис **рис. 1** детально описано в праці [26]. На нашу думку, цей рисунок є вдалим прикладом візуалізації взаємозв’язків між дослідницькими е-інфраструктурами та послугами, які вони надають для вчених і освітан.

Колективом вчених у роботі [24] наголошено, що широке застосування цифрових технологій з метою надання вільного доступу до інформації та знань є базовим принципом цифрового суспільства. Цифрове суспільство суттєво змінило традиційні уявлення про працю, освіту, культуру, спілкування та соціальне життя. Розвиток цифрової культури громадян є ключовою умовою успішної побудови цифрового суспільства. Тому важливим є проведення цілеспрямованого навчання та підвищення кваліфікації фахівців різних галузей економіки, зокрема освітан і вчених, з метою оволодіння цифровою компетентністю. Саме ці фахівці є ключовими учасниками в процесі цифровізації освіти і науки, забезпечуючи її успішну реалізацію.

Створення широких можливостей комунікації між учасниками та проведення науково-методичних заходів в інноваційному форматі стало можливим завдяки цифровізації освітнього процесу та науково-методичної роботи. Тому Офісом підтримки вченого за сприяння Директорату науки та інновацій МОН України було організовано і проведено два наукові заходи, які мали популяризаційне та консультативне спрямування. Опишемо ці заходи їх детальніше.

**І. Круглий стіл “Цифрова трансформація науки в умовах Євроінтеграції” (наукові установи)** було проведено 8 листопада 2022 р. в онлайн-форматі. Загалом для участі у круглому столі зареєструвалося понад 500 осіб, але фактично взяло участь у заході та отримали сертифікати 296 осіб. Організаторами заходу були: Директорат науки та інновацій МОН України, Директорат цифрової трансформації МОН України, Офіс підтримки вченого, Рада молодих вчених НАН України, Державна установа “Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України”, Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г. Є. Пухова НАН України, Відділення фізики гірничих процесів Інституту геотехнічної механіки ім. М. С. Полякова НАН України, Інститут цифровізації освіти НАПН України, Державна установа “Інститут ринку і економіко-екологічних досліджень НАН України”, Рада молодих вчених НАПН України.

Модераторами круглого столу були: *Анна Яцишин* — д-р пед. наук, голова Ради молодих

вчених Державної установи “Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України”, провідна наукова співробітниця Інституту цифровізації освіти НАПН України, координаторка Офісу підтримки вченого; *Теодозія Яцишин* — д-р техн. наук, професорка кафебри технологій захисту навколишнього середовища Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу, старша наукова співробітниця Державної установи “Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України”, координаторка Офісу підтримки вченого.

У роботі круглого столу виступили з доповідями і повідомленнями: *Григорій Мозолевич* — канд. техн. наук, керівник експертної групи з питань інтеграції до Європейського дослідницького простору Директорату науки та інновацій МОН України; *Андрій Василенко* — канд. геолог. наук, державний експерт експертної групи з питань цифрової трансформації освіти і науки Директорату цифрової трансформації МОН України; *Валерій Биков* — дійсний член НАПН України, д-р техн. наук, директор Інституту цифровізації освіти НАПН України; *Євгеній Преображенський* — виконавчий директор Асоціації УРАН; *Ольга Єрмакова* — д-р екон. наук, завідувачка відділу економіко-екологічного розвитку приморських регіонів, Державна установа “Інститут ринку і економіко-екологічних досліджень НАН України”; *Андрій Хорольський* — канд. техн. наук, старший науковий співробітник та голова Ради молодих вчених Відділення фізики гірничих процесів Інституту геотехнічної механіки ім. М. С. Полякова НАН України, секретар Ради молодих учених при Міністерстві освіти і науки України, секретар Ради молодих вчених при Відділенні фізики і астрономії Національної академії наук України; *Ольга Пінчук* — канд. пед. наук, заступниця директора з науково-експериментальної роботи, Інститут цифровізації освіти НАПН України; *Аліса Сухих* — канд. пед. наук, заступниця голови Ради молодих вчених НАПН України, заступниця голови Ради молодих учених при МОН України, голова Ради молодих вчених Інституту цифровізації освіти НАПН України, координаторка Офісу підтримки вченого.

На круглому столі, під час виступів та обговорень було наголошено, що розвиток цифрових сервісів та цифрових інфраструктур — запорука інтеграції України до Європейського дослідницького простору та Єдиного цифрового ринку Європейського Союзу. Глобальні виклики (пандемія, російська агресія) показали необхідність активного застосування в наукових установах цифрових сервісів та е-інфраструктур для забезпечення освітньо-наукових потреб. Також під час круглого столу було презентовано опиту-

вання щодо рівня та масштабу залучення українських наукових установ до е-інфраструктур, яке підготували Офіс підтримки вченого за сприяння Директорату науки та інновацій МОН України та Директорату цифрової трансформації МОН України. Анкету презентували Теодозія Яцишин та Аліса Сухіх.

Питання розвитку та застосування в науково-освітньому просторі України та Європейському дослідницькому просторі ідей, підходів і технологій відкритої науки обговорювалися в межах чотирьох сесій, які функціонували в рамках круглого столу.

Сесія 1. Цифровізація науки: від макрорівня (EOSC, GEANT, URIS, HPAT) до мікрорівня (інституційні репозитарії, системи для узагальнення звітних даних тощо).

Сесія 2. Національний план щодо відкритої науки: нормативно-правові акти в середньостроковій перспективі.

Сесія 3. Забезпечення відкритого доступу до дослідницької інфраструктури. Створення єдиної бази даних про результати наукової та науково-технічної діяльності / концепція державної політики розвитку е-інфраструктур / розвитку дослідницьких інфраструктур / створення єдиної бази даних про результати наукової та науково-технічної діяльності (URIS).

Сесія 4. Цифрові сервіси для науковців.

Наразі вчені застосовують цифрові сервіси та е-інфраструктури для забезпечення широкого спектру науково-освітніх потреб, проте з розвитком цифрових систем, виникають нові цифрові сервіси, а тому варто ділитися досвідом і поширювати кращі вітчизняні та зарубіжні практики.

**II. Круглий стіл “Цифрова трансформація наукової діяльності у закладах вищої освіти в умовах євроінтеграції” (заклади вищої освіти)** було проведено 31 січня 2023 р. в онлайн-форматі. Загалом для участі в круглому столі зареєструвалося понад 1200 осіб, але фактично взяли участь у заході та отримали сертифікати 1036 осіб. Метою заходу було обговорення досвіду застосування в ЗВО цифрових сервісів та е-інфраструктур, розгляд особливостей застосування інструментів відкритої науки, особливості цифровізації наукової діяльності та обмін досвідом.

Круглий стіл тривав понад 3 години та складався з трьох сесій.

Сесія 1. Цифровізація науки: від макрорівня (EOSC, GEANT, URIS, HPAT) до мікрорівня. Забезпечення відкритого доступу до дослідницької інфраструктури (спікерами були: Григорій Мозолевич, Андрій Василенко, Давід Дібук, Євгеній Преображенський, Михайло Хижняк, Денис Гриньов та Девід Хеінс).

Сесія 2. Національний план щодо відкритої науки: нормативно-правові акти в середньостроковій перспективі (спікерами були: Олександр Березко та Григорій Мозолевич).

Сесія 3. Успішні кейси: цифрова трансформація наукової діяльності в закладах вищої освіти України (спікерами були: Андрій Морозов, Тетяна Вакалюк, Олег Спірін, Галина Луценко, Ольга Петроє та інші колеги, які брали участь у дискусії).

Також було презентовано опитування щодо рівня та масштабу залучення закладів вищої освіти до е-інфраструктур (Теодозія Яцишин та Аліса Сухіх).

Модераторами круглого столу були Анна Яцишин та Теодозія Яцишин. До участі в круглому столі долучилися: представники Директорату науки та інновацій та Директорату цифрової трансформації МОН України; Amazon AWS; Асоціація УРАН; EPAM (IT-компанія партнер Amazon AWS); виконавці проекту OCRE (відкриті хмарні ресурси для науки та освіти, проект засновано при сприянні GEANT та ЕС); керівники та працівники ЗВО та наукових установ України. Відеозапис круглого столу розміщено на YouTube каналі Офісу підтримки вченого ([https://www.youtube.com/watch?v=5ErwBCV6Bsl&ab\\_channel=ScholarSupportOffice](https://www.youtube.com/watch?v=5ErwBCV6Bsl&ab_channel=ScholarSupportOffice)). Світлина зроблені під час проведення круглого столу подані на **рис. 2–3**.

На нашу думку, головними результатами організованих і проведених авторами цієї статті двох масштабних наукових масових заходів (загальна кількість учасників 1332 особи) було:

- представлено досвід застосування у ЗВО цифрових сервісів та е-інфраструктур, зокрема відбувся обмін досвідом і кращими практиками;
- презентовано нові можливості для України щодо використання е-інфраструктур;
- обговорено виклики та перешкоди щодо застосування у ЗВО цифрових сервісів та е-інфраструктур;
- надано рекомендації щодо ефективної цифрової трансформації наукової діяльності в ЗВО;
- окреслено напрями співпраці між ЗВО, науковими установами та іншими зацікавленими сторонами;
- представлено експертів у галузі цифрової трансформації наукової діяльності, що дасть ученим змогу консультувати один одного та спільно розвивати інноваційні підходи;
- окреслено пріоритетні напрями цифрової трансформації наукової діяльності у ЗВО та наукових установ тощо.

Опитування “Рівень та масштаб залучення українських закладів вищої освіти та наукових установ до е-інфраструктур” було проведено



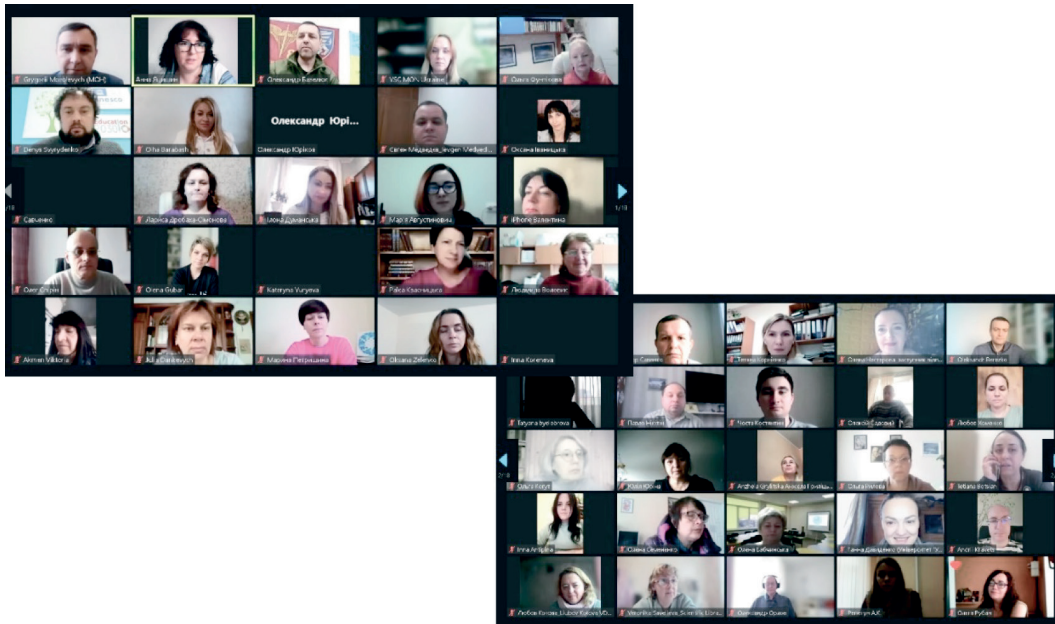


Рис. 2. Світлини зроблені під час проведення круглого столу “Цифрова трансформація науки в умовах Євроінтеграції” (31 січня 2023 р.)

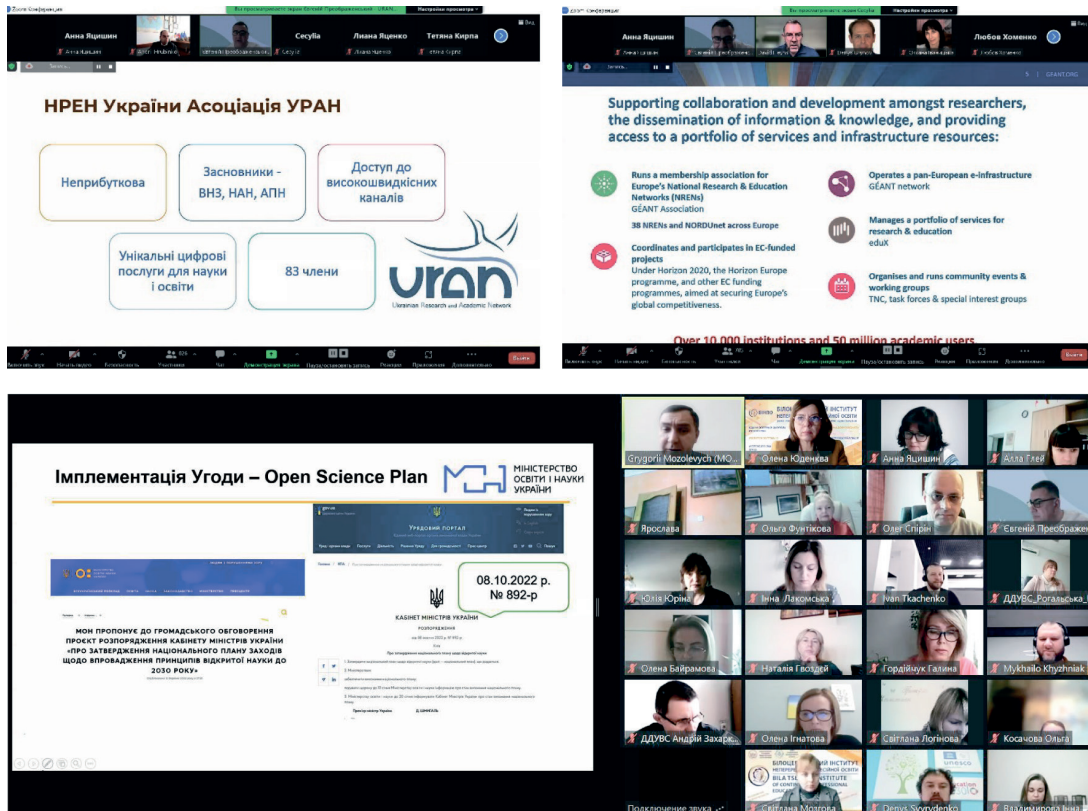


Рис. 3. Світлини зроблені під час проведення круглого столу “Цифрова трансформація науки в умовах Євроінтеграції” (31 січня 2023 р.)

Офісом підтримки вченого за сприяння Директорату науки та інновацій МОН України тривало з листопада 2022 р. до квітня 2023 р. методом

індивідуального анкетного опитування. Анкету поширювали через звернення до керівників ЗВО, наукових установ із проханням про участь

в опитуванні, а також через соціальні мережі (Facebook, Instagram) і були розміщені на сайті Офісу підтримки вченого. Наприклад, за результатами опитування 88,5 % представників ЗВО та 100 % наукових установ, які взяли участь у дослідженні, зазначили, що мають потребу у використанні е-інфраструктур (**рис. 4**). Детальний опис проведеного опитування буде представлено в аналітичних матеріалах і розміщено на сайті Офісу підтримки вченого та інших організацій.

Отже, у результаті проведеного дослідження і на підставі аналізу наукових джерел [1–3; 5–6; 8–10; 13–15; 18; 21–27] зроблено декілька узагальнень щодо ролі е-інфраструктур у підтримці наукової діяльності, за такими аспектами.

1. *Спільна робота над дослідженнями*: е-інфраструктура дає змогу науковим колективам спільно працювати над дослідженнями, обмінюватися даними та результатами, сприяючи співпраці та творчій взаємодії.

2. *Доступ до цифрових ресурсів, інструментів та інформаційно-аналітичні матеріали*: е-інфраструктура відіграє ключову роль у підтримці наукової діяльності, забезпечуючи доступ до цифрових ресурсів, інструментів та інформаційних технологій; застосування цифрових технологій допомагає автоматизувати наукові процеси, збільшує продуктивність та ефективність досліджень; дає змогу ефективно управляти науковими даними, забезпечуючи їх зберігання, обробку та аналіз.

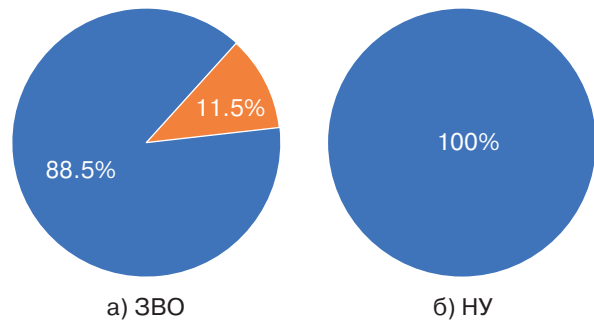
3. *Відкритість та прозорість наукової діяльності*: е-інфраструктура сприяє розвитку відкритої науки, відкритості та прозорості наукової діяльності, забезпечуючи можливість вільного доступу до наукових публікацій, даних і результатів досліджень для широкої громадськості, що сприяє зростанню наукової грамотності та інновацій; широкий доступ до наукометричних баз даних і репозитаріїв забезпечує науковцям можливість швидкого пошуку та отримання актуальної інформації для проведення наукових досліджень.

4. *Візуалізація даних і моделювання*: е-інфраструктура розширює можливості для візуалізації даних і моделювання, що дає змогу науковим дослідникам краще розуміти складні процеси та виявляти нові закономірності.

5. *Управління знаннями та міжнародна співпраця*: е-інфраструктура сприяє розширенню міжнародної співпраці й обміну знаннями, забезпечуючи глобальну наукову спільноту засобами віртуального спілкування та співпраці.

## ВИСНОВКИ

В Україні активно розпочався етап розвитку й підтримки національних е-інфраструктур для досліджень і гармонізації з європейськи-



**Рис. 4.** Розподіл відповідей представників ЗВО (а) та наукових установ (б) на запитання “Чи є потреба використання е-інфраструктур у Вашій організації?”

ми і світовими науковими ініціативами з відкритої науки й відкритих інновацій. Розвиток національних е-інфраструктур та застосування міжнародних е-інфраструктур розширює можливості значно підвищити рівень наукових досліджень і покращити якість освітніх послуг. Також е-інфраструктури сприяють розвитку національної наукової спільноти шляхом обміну досвідом і співпраці між науковими установами та закладами вищої освіти.

Здійснено огляд основних видів е-інфраструктур України (Український Національний Грід (УНГ), Українська науково-освітня телекомунікаційна мережа (УРАН), GÉANT та Національний репозитарій академічних текстів (НРАТ) та описано їх основні характеристики.

До головних переваг використання е-інфраструктури для підтримки та виконання наукових досліджень зараховуємо: доступ до інфраструктури та ресурсів; підтримка різних наукових галузей; спільна робота та колаборація; висока продуктивність та ефективність; інтеграція з міжнародними ініціативами; забезпечення безпеки та конфіденційності; сприяння розвитку національної науково-технологічної спільноти.

Вважаємо, що е-інфраструктури відіграють важливу роль у підтримці наукових досліджень, забезпечуючи різноманітні функції для наукової спільноти, а саме:

- 1) зберігання та архівування даних;
- 2) підтримка відкритої науки;
- 3) публікація та доступ до наукових публікацій;
- 4) доступ до спеціалізованих інструментів та програмного забезпечення;
- 5) колаборація та співпраця;
- 6) доступ до міжнародних наукових мереж;
- 7) використання обчислювальних ресурсів;
- 8) забезпечення кібербезпеки.

3-поміж *перспектив розвитку е-інфраструктур* визначимо такі:

- розбудова національних е-інфраструктури вимагає спільних зусиль наукової спільноти, державних органів та інших зацікавлених сторін для розвитку та підтримки цифрових інструментів і ресурсів, що сприятимуть науковому прогресу та інноваціям;
  - розробка стандартів і протоколів е-інфраструктур допомагає забезпечити сумісність, взаємодію та обмін інформацією між різними науковими інституціями, сприяючи створенню єдиної наукової спільноти;
  - розвиток е-інфраструктур сприяє розширенню можливостей для використання штучного інтелекту, машинного навчання та аналізу даних у наукових дослідженнях, що дає змогу зробити більш точні та високопродуктивні висновки;
  - розвиток е-інфраструктур вимагає уваги до кібербезпеки та захисту наукової інформації, забезпечуючи конфіденційність і цілісність даних;
  - вплив е-інфраструктур на наукову спільноту потребує дослідження, а саме: зміни в організації та спілкуванні науковців завдяки е-інфраструктурі; особливості взаємодії між науковими галузями та спільнотами через е-інфраструктури;
  - розвиток е-інфраструктур вимагає розробки та вдосконалення цифрових технологій та інструменти для підтримки наукової діяльності;
  - застосування штучного інтелекту, аналітики даних та інших сучасних методів у науці;
  - розробка та оновлення рекомендацій щодо особливостей використання е-інфраструктур у наукових дослідженнях.
- У подальших наукових публікаціях плануємо детально представити результати проведеного опитування щодо рівня та масштабу залучення українських ЗВО та наукових установ до е-інфраструктур.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *Calatrava A.* A survey of the European Open Science Cloud services for expanding the capacity and capabilities of multidisciplinary scientific applications / A. Calatrava, H. Asorey, J. Aсталos, A. Azevedo, F. Benincasa, I. Blanquer, J. Sánchez-Ferrero // *Computer Science Review*. — 2023. — No. 49. — 100571. <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2023.100571>.
2. *D'ippolito B.* Research collaboration in Large Scale Research Infrastructures: Collaboration types and policy implications / B. D'ippolito, C. C. Ruling // *Research Policy*. — 2019. — No. 48 (5). — P. 1282–1296. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2019.01.011>.
3. *Demchenko Y.* Cloud Computing Infrastructure for Data Intensive Applications / Y. Demchenko, F. Turkmen, C. de Laat, C.-H. Hsu, C. Blanchet, C. Loomis // *Big Data Analytics for Sensor-Network Collected Intelligence*. — 2017. — P. 21–62. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809393-1.00002-7>.
4. EU4Digital: Об'єднання дослідницьких та освітніх спільнот (EaPConnect) [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://eufordigital.eu/uk/discover-eu/eap-connect>.
5. *Huber R.* Integrating data and analysis technologies within leading environmental research infrastructures: Challenges and approaches / R. Huber, C. D'Onofrio, A. Devaraju, J. Klump, H. W. Loescher, S. Kindermann, M. Stocker // *Ecological Informatics*. — 2021. — No. 61. — 101245. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2021.101245>.
6. *Kaliuzhna N.* Research Information Infrastructure in Ukraine: first steps towards building a national CRIS / N. Kaliuzhna, S. Auhunas // *Procedia Computer Science*. — 2022. — No. 211. — P. 230–237. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.10.196>.
7. Open Clouds for Research Environments [Electronic resource]. — Access mode: <https://www.ocre-project.eu>.
8. *Qiao L.* Scientific effects of large research infrastructures in China / L. Qiao, R. Mu, K. Chen // *Technological Forecasting and Social Change*. — 2016. — 112. — P. 102–112. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.07.029>.
9. *Verdecchia R.* The future of sustainable digital infrastructures: A landscape of solutions, adoption factors, impediments, open problems, and scenarios / R. Verdecchia, P. Lago, C. de Vries // *Sustainable Computing: Informatics and Systems*. — 2022. — 35. — 100767. <https://doi.org/10.1016/j.suscom.2022.100767>.
10. *Zendulková D.* Map of Research Infrastructure as a tool of the Information System for Research, Development, and Innovation / D. Zendulková, G. Gavurníková, J. Turňa // *Procedia Computer Science*. — 2022. — No. 211. — P. 47–56. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.10.175>.
11. Доступ до каналів пан'європейської мережі для науки і освіти GÉANT [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://panorama.urau.ua/services-ukr/kanaly-geant>.
12. Про наукову і науково-технічну діяльність [Електронний ресурс]: Закон України від 26 листоп. 2015 р. № 848-VIII. — Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/848-19#Text>.
13. Зуб С. Розвиток е-інфраструктури в системі освіти і науки України / С. Зуб, А. Прокопенко, І. Яловега // *Новий колегіум*. — 2020. — № 1 (99). — С. 8–14. <https://doi.org/10.30837/nc.2020.1.08>.
14. *Кремень В. Г.* Науково-методичне забезпечення цифровізації освіти України: стан, проблеми, перспективи: наукова доповідь загальним зборам НАПН України «Науково-методичне забезпечення цифровізації освіти України: стан, проблеми, перспективи», 18–19 листопада 2022 р. / В. Г. Кремень, В. Ю. Биков, О. І. Ляшенко, С. Г. Литвинова, В. І. Луговий, Ю. І. Мальований, О. П. Пінчук, О. М. Топузов // *Вісник Національної академії педагогічних наук України*. — 2022. — № 4(2). — С. 1–49. <https://doi.org/10.37472/v.naes.2022.4223>.
15. *Мар'єнко М. В.* Платформа відкритої науки та застосування її компонентів в освітньому процесі / М. В. Мар'єнко, М. П. Шишкіна // *Інформаційні технології в освіті*. — 2020. — № 4(45).
16. Національна електронна науково-інформаційна система (URIS) [Електронний ресурс] // Сайт МОН України. — Режим доступу: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/cifrova-osvita/elektronna-naukovo-informacijna-sistema>.

17. Національний репозитарій академічних текстів [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://nrat.ukrintei.ua/polityka-nrat>.
  18. Ночвай В. Розвиток е-інфраструктур для досліджень та інновацій [Електронний ресурс] / В. Ночвай // Смарт вектори Києва: матеріали конф. (Київ, 31 травня 2019 р.). — Режим доступу: [https://dei.kyivcity.gov.ua/files/2019/6/3/rozvytok\\_e\\_infracstruktur.pdf](https://dei.kyivcity.gov.ua/files/2019/6/3/rozvytok_e_infracstruktur.pdf).
  19. Проєкт «Концепція реалізації державної політики розвитку українських е-інфраструктур до 2023 року» [Електронний ресурс] // Сайт МОН України. — Режим доступу: <https://mon.gov.ua/ua/news/mon-pronoyue-do-gromadskogo-obgovorennya-proyekt-rozporядzhennya-kmu-shhodo-shvalennya-konceptiyi-realizaciyi-derzhavnoyi-politiki-rozvitku-ukrayinskih-e-infracstruktur-do-2023-roku>.
  20. Сайт МОН України [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://mon.gov.ua/ua/tag/cifrova-transformaciya-osviti-ta-nauki>.
  21. Свистунов С. Я. На шляху до створення української національної хмари відкритої науки / С. Я. Свистунов, П. І. Перконос, С. В. Субботін, Є. М. Твердохліб // Проблеми програмування. — 2021. — № 3.
  22. Тарнавська С. В. Українські дослідницькі е-інфраструктури як інструмент інтеграції молодих вчених у міжнародний науковий простір / С. В. Тарнавська, Х. В. Середа // Наукова молодь-2019: матеріали VII Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених (Київ, 4 жовт. 2019 р.). — Київ : ЦП Компрінт, 2019. — 134 с.
  23. Україна приєдналася до Ради Європейської грид-інфраструктури (EGI.eu) [Електронний ресурс] / Сайт НАН України. — Режим доступу: <https://www.nas.gov.ua/UA/Messages/Pages/View.aspx?MessageID=4701/>.
  24. Цифрова трансформація освіти і науки: теорія і практика: збірник наукових праць [Електронний ресурс] / за ред. В. Ю. Бикова, А. В. Яцишин. — Київ : ФОП Ямчинський О. В., 2019. — 123 с. — Режим доступу: <https://lib.iitta.gov.ua/718758>.
  25. Чмир О. Національний репозитарій академічних текстів у системі відкритої науки: сучасний стан та майбутній розвиток / О. Чмир // Відкрита наука та інновації в Україні 2022: матеріали I Міжнар. конф. (Київ, 27–28 жовт. 2022 р.). — Київ : УкрІНТЕІ, 2022. <http://doi.org/10.35668/978-966-479-129-5>.
  26. Шевченко А. Досягнення України у сфері цифровізації науки / А. Шевченко // Дзеркало тижня. — 2018. — 26 жовтня. — Режим доступу: <https://zn.ua/ukr/science/dosyagnennya-ukrayini-u-sferi-cifrovizaciyi-nauki-292176.html>.
  27. Яцишин А. В. Цифрові відкриті системи у підготовці аспірантів і докторантів: монографія / А. В. Яцишин. — Київ : ЦП Компрінт, 2020. — 416 с.
- REFERENCES**
1. Calatrava, A., Asorey, H., Astalos, J., Azevedo, A., Benincasa, F., Blanquer, I., ... & Sánchez-Ferrero, J. (2023). A survey of the European Open Science Cloud services for expanding the capacity and capabilities of multidisciplinary scientific applications. *Computer Science Review*, 49, 100571. <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2023.100571>.
  2. D'ippolito, B., & Rüling, C. C. (2019). Research collaboration in Large Scale Research Infrastructures: Collaboration types and policy implications. *Research Policy*. 48(5), 1282–1296. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2019.01.011>.
  3. Demchenko, Y., Turkmen, F., de Laat, C., Hsu, C.-H., Blanchet, C., & Loomis, C. (2017). Cloud Computing Infrastructure for Data Intensive Applications. *Big Data Analytics for Sensor-Network Collected Intelligence*. 21–62. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809393-1.00002-7>.
  4. EU4Digital: EU4Digital: Obiednannia doslidnytskykh ta osvitynih spilnot (EaPConnect) [Uniting research and educational communities]. Retrieved from: <https://eufordigital.eu/uk/discover-eu/eap-connect> [in Ukr.].
  5. Huber, R., D'Onofrio, C., Devaraju, A., Klump, J., Loescher, H. W., Kindermann, S., ... & Stocker, M. (2021). Integrating data and analysis technologies within leading environmental research infrastructures: Challenges and approaches. *Ecological Informatics*. 61, 101245. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2021.101245>.
  6. Kaliuzhna, N., & Auhunas, S. (2022). Research Information Infrastructure in Ukraine: first steps towards building a national CRIS. *Procedia Computer Science*. 211, 230–237. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.10.196>.
  7. Open Clouds for Research Environments. Retrieved from: <https://www.ocre-project.eu>.
  8. Qiao, L., Mu, R., & Chen, K. (2016). Scientific effects of large research infrastructures in China. *Technological Forecasting and Social Change*. 112, 102–112. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.07.029>.
  9. Verdecchia, R., Lago, P., & de Vries, C. (2022). The future of sustainable digital infrastructures: A landscape of solutions, adoption factors, impediments, open problems, and scenarios. *Sustainable Computing: Informatics and Systems*. 35, 100767. <https://doi.org/10.1016/j.suscom.2022.100767>.
  10. Zendulková, D., Gavurníková, G., & Turňa, J. (2022). Map of Research Infrastructure as a tool of the Information System for Research, Development, and Innovation. *Procedia Computer Science*. 211, 47–56. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.10.175>.
  11. Dostup do kanaliv panievropeiskoi merezhi dlia nauky i osvity GÉANT [Access to the channels of the pan-European network for science and education]. Retrieved from: <https://panorama.uran.ua/services-ukr/kanaly-geant>. [in Ukr.].
  12. Pro naukovu i naukovo-tekhnichnu diialnist: Zakon Ukrainy, № 848-VIII. [On scientific and scientific and technical activity: Law of Ukraine, No. 848-VIII]. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/848-19#Text>. [in Ukr.].
  13. Zub, S., Prokopenko, A., & Yaloveha, I. (2020). Rozvytok e-infracstruktury v systemi osvity i nauky Ukrainy. [Development of e-infracstructure in the system of education and science of Ukraine. New collegium]. *Novyi kolehium* [New collegium]. 1 (99), 8–14. <https://doi.org/10.30837/nc.2020.1.08>. [in Ukr.].
  14. Kremen, V. H., Bykov, V. Iu., Liashenko, O. I., Lytvynova, S. H., Luhovyi, V. I., Malovanyi, Yu. I., Pinchuk, O. P., & Topuzov, O. M. (2022). Naukovometodychne zabezpechennia tsyfrovizatsii osvity ukrainy: stan, problemy, perspektyvy: Naukovo dopovid zahalnym zboram NAPN Ukrainy «Naukovometodychne zabezpechennia tsyfrovizatsii osvity Ukrainy: stan, problemy, perspektyvy», 18–19 lystopada 2022 r. [Scientific and methodological support of digitalization of education in Ukraine: state, problems, prospects: Scientific report to the

- general meeting of the National Academy of Sciences of Ukraine «Scientific and methodical support of digitalization of education in Ukraine: state, problems, prospects», November 18-19, 2022]. *Visnyk Natsionalnoi akademii pedahohichnykh nauk Ukrainy* [Bulletin of the National Academy of Pedagogical Sciences of Ukraine]. 4(2), 1–49. <https://doi.org/10.37472/v.naes.2022.4223>. [in Ukr.].
15. Marienko, M. V., & Shyshkina, M. P. (2020). Platforma vidkrytoi nauky ta zastosuvannia yii komponentiv v osvithomu protsesi. [The platform of open science and the application of its components in the educational process]. *Informatsiini tekhnologii v osviti* [Information technologies in education]. 4(45). [in Ukr.].
  16. Natsionalna elektronna naukovu-informatsiina sistema (URIS). [National Electronic Scientific Information System (URIS)]. *The website of the Ministry of Education and Culture of Ukraine*. Retrieved from: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/cifrova-osvita/elektronna-naukovo-informacijna-sistema>. [in Ukr.].
  17. Natsionalnyi repozytarii akademichnykh tekstiv. [National repository of academic texts]. Retrieved from: <https://nrat.ukrintei.ua/polityka-nrat>. [in Ukr.].
  18. Nochvai, V. Rozvytok e-infrastruktur dlia doslidzhen ta innovatsii. [Development of e-infrastructures for research and innovation]. *Smart vektory Kyryeva* [Smart vectors of Kyiv: conference materials. (Kyiv, May 31, 2019)]. Retrieved from: [https://dei.kyivcity.gov.ua/files/2019/6/3/rozvytok\\_e\\_infrastruktur.pdf](https://dei.kyivcity.gov.ua/files/2019/6/3/rozvytok_e_infrastruktur.pdf). [in Ukr.].
  19. Proekt «Kontseptsiia realizatsii derzhavnoi polityky rozvytku ukrainskykh e-infrastruktur do 2023 roku» [The project “Concept of implementation of the state policy for the development of Ukrainian e-infrastructures until 2023”]. *Sait MON Ukrainy* [Website of the Ministry of education and sciences of Ukraine]. Retrieved from: <https://mon.gov.ua/ua/news/mon-proponuye-do-gromadskogo-obgovorennya-proyekt-rozporjadzhennya-kmu-shodoshvalennya-koncepciyi-realizaciyi-derzhavnopolitiki-rozvitku-ukrayinskih-e-infrastruktur-do-2023-roku> [in Ukr.].
  20. Sait MON Ukrainy [Website of the Ministry of education and sciences of Ukraine]. Retrieved from: <https://mon.gov.ua/ua/tag/cifrova-transformaciya-osviti-ta-nauki>. [in Ukr.].
  21. Svystunov, S. Ia., Perkonos, P. I., Subbotin, S. V., & Tverdokhlib, Ye. M. (2021). Na shliakhu do stvorennia ukrainsnoi natsionalnoi khmary vidkrytoi nauky [On the way to the creation of the Ukrainian national cloud of open science]. *Problemy prohramuvannia* [Programming problems]. 3. [in Ukr.].
  22. Tarnavska, S. V., & Sereda, Kh. V. (2019). Ukrainski doslidnytski e-infrastruktury yak instrument intehratsii molodykh vchenykh u mizhnarodnyi naukovyi prostir [Ukrainian research e-infrastructures as a tool for integrating young scientists into the international scientific space]. *Naukova molod-2019* [Scientific Youth-2019: VII All-Ukrainian Scientific and Practical Conference of Young Scientists (Kyiv, October 4, 2019)]. Kyiv, 134 p. [in Ukr.].
  23. Ukraina pryiednalasia do Rady Yevropeiskoi hrid-infrastruktury (EGI.eu) [Ukraine joined the European Grid Infrastructure Council (EGI.eu)]. *The website of the National Academy of Sciences of Ukraine*. Retrieved from: <https://www.nas.gov.ua/UA/Messages/Pages/View.aspx?MessageID=4701/>. [in Ukr.].
  24. Bykov, V. lu., & Iatsyshyn, A. V. (2019). Tsyfrova transformatsiia osvity i nauky: teoriia i praktyka [Digital transformation of education and science: theory and practice]. Kyiv. 123 p. Retrieved from: <https://lib.iitta.gov.ua/718758>. [in Ukr.].
  25. Chmyr, O. (2022). Natsionalnyi repozytarii akademichnykh tekstiv u systemi vidkrytoi nauky: suchasnyi stan ta maibutnii rozvytok [National repository of academic texts in the system of open science: current state and future development]. *Vidkryta nauka ta innovatsii v Ukraini 2022* [Open science and innovation in Ukraine 2022: materials of the 1st International Conference (Kyiv, October 27–28, 2022)]. Kyiv. <http://doi.org/10.35668/978-966-479-129-5>. [in Ukr.].
  26. Shevchenko, A. (2018). Dosiahnennia Ukrainy u sferi tsyfrovizatsii nauky [Achievements of Ukraine in the field of digitization of science. Mirror of the week]. *Dzerkalo tyzhnia* [The mirror of the day]. Retrieved from: [https://zn.ua/ukr/science/dosyagnennya-ukrayini-u-sferi-cifrovizaciyi-nauki-292176\\_.html](https://zn.ua/ukr/science/dosyagnennya-ukrayini-u-sferi-cifrovizaciyi-nauki-292176_.html). [in Ukr.].
  27. Iatsyshyn, A. V. (2020). Tsyfrovi vidkryti systemy u pidhotovtsi aspirantiv i doktorantiv [Digital open systems in the training of graduate and doctoral students]. Kyiv. 416 p. [in Ukr.].

**A. V. Iatsyshyn**, D. Sc. in Pedagogy, Senior Researcher

**G. Ya. Mozolevych**, PhD in Engineering, Associate Professor

**T. M. Yatsyshyn**, D. Sc. in Engineering, Associate Professor

**A. S. Sukhikh**, PhD in Pedagogy, Senior Researcher

## THE ROLE OF E-INFRASTRUCTURE IN SUPPORTING SCIENTIFIC ACTIVITIES: CHALLENGES AND PERSPECTIVES

**Abstract.** *The article outlines the role of e-infrastructures in supporting scientific activities and discusses the challenges and prospects associated with their utilization. In the digital world, e-infrastructures play a crucial role in facilitating access to scientific information, enabling data sharing, and fostering collaboration among research communities. An overview of the main types of e-infrastructures in Ukraine, such as the Ukrainian National Grid (UNG), Ukrainian Research and Academic Network (URAN), GEANT, and the National Repository of Academic Texts (NRAT), is provided, along with their key characteristics. The main advantages of utilizing e-infrastructures to support and conduct scientific research can be summarized as follows: access to infrastructure and resources, support for various scientific fields, collaboration and cooperation, high productivity and efficiency, integration with international initiatives, ensuring security and confidentiality, and fostering the development of the national scientific and technological community. The primary functions of e-infrastructures are described. Emphasis is placed on the significant impact of e-infrastructures on the scientific community, including notable changes in the organization and communication among researchers facilitated by e-infrastructures. Currently, interaction between scientific fields and communities takes place through e-infrastructures platforms. The experience of the*

article's authors in popularizing digital services and e-infrastructures through the organization of scientific mass events for Ukrainian scientists is described. Emphasis is placed on the increased utilization of e-infrastructures by researchers and students, as well as their understanding of the potential for enhancing the efficiency and quality of scientific research.

**Keywords:** digital transformation, e-infrastructures, scientific activity, digital services.

#### ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ

**Яцишин Анна Володимирівна** — д-р пед. наук, с. н. с., ДНУ “Український інститут науково-технічної експертизи та інформації”, Інститут цифровізації освіти НАПН України, Офіс підтримки вченого, вул. Антоновича, 180, м. Київ, Україна, 03150; anna13.00.10@gmail.com; ORCID: 0000-0001-8011-5956

**Мозолевич Григорій Якович** — канд. техн. наук, доц., Директорат науки та інновацій МОН України, просп. Берестейський, 10, м. Київ, 01135; ORCID: 0000-0002-4715-1645

**Яцишин Теодозія Михайлівна** — д-р техн. наук, доц., ДНУ “Український інститут науково-технічної експертизи та інформації”, Офіс підтримки вченого, вул. Антоновича, 180, м. Київ, Україна, 03150; ORCID: 0000-0001-7723-2086

**Сухіх Аліса Сергіївна** — канд. пед. наук, ДНУ “Український інститут науково-технічної експертизи та інформації”, Інститут цифровізації освіти, Офіс підтримки вченого, Антоновича, 180, м. Київ, Україна, 03150; ORCID: 0000-0001-8186-1715

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Iatsyshyn A. V.** — D. Sc. in Pedagogy, Senior Researcher, UkrISTEI, Institute for Digitalisation of Education of the National Academy of Educational Sciences of Ukraine, Scientist Support Office, 180, Antonovycha street, Kyiv, Ukraine, 03150; +38 (066) 311-19-52; anna13.00.10@gmail.com; ORCID: 0000-0001-8011-5956.

**Mozolevych G. Ya.** — PhD in Engineering, Associate Professor, Directorate of Science and Innovations of the Ministry of Education and Science of Ukraine, 10, Beresteiska Street, Kyiv, Ukraine, 01135; ORCID: 0000-0002-4715-1645.

**Yatsyshyn T. M.** — D. Sc. in Engineering, UkrISTEI, Scientist Support Office, 180, Antonovycha street, Kyiv, Ukraine, 03150; ORCID: 0000-0001-7723-2086.

**Sukhikh A. S.** — PhD in Pedagogy, Senior Researcher, Institute of Digitalization of Education of the NAES of Ukraine, Scientist Support Office, 180, Antonovycha street, Kyiv, 03150; ORCID: 0000-0001-8186-1715.



#### ШАНОВНІ ПРЕДСТАВНИКИ ЗАКЛАДІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ ТА НАУКОВИХ УСТАНОВ, НАУКОВЦІ, ВИНАХІДНИКИ!

В УкрІНТЕІ впроваджено послугу “Комплексне інформаційне обслуговування”. Це актуальна і систематизована інформація з питань трансферу технологій, науково-технічного та інноваційного розвитку, що надсилається в онлайн-режимі і призначена для здійснення наукової та інноваційної діяльності. Видання надсилаються протягом року згідно з вказаною на сайті Інституту періодичністю. До вашої уваги інформаційний пакет “Комплексний” (8 видань):

- фаховий журнал “Наука, технології, інновації”;
- інформаційний бюлетень “Дослідження, технології та інновації у Європейському Союзі”;
- дайджест новин “Наука, технології, інновації”;
- дайджест трансферу технологій;
- “Збірник рефератів дисертацій, НДР та ДКР”;
- “Бюлетень реєстрації НДР та ДКР”;
- бюлетень “План проведення наукових, науково-технічних заходів в Україні”;
- “Закони та підзаконні акти, директивні документи у сфері вищої освіти, науки, науково-технічної інформації, науково-технологічного та інноваційного розвитку України”.

#### КОНТАКТИ:

телефон (044) 521-00-39,

e-mail: uintei.ua@gmail.com, uintei.info@gmail.com

Детальніше на сайті УкрІНТЕІ: [www.uintei.kiev.ua](http://www.uintei.kiev.ua)