

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ІНФРАСТРУКТУРИ ВІДКРИТОЇ НАУКИ В УКРАЇНІ

*Сергій Свістунов, Петро Перконос, Валерій Резніченко,
Сергій Суботін, Євген Твердохліб*

Зростаюча складність наукових задач та їхня ресурсна смність потребує поєднання інформаційних, обчислювальних, телекомунікаційних та інших ресурсів спільнот, необхідних для ведення наукових досліджень та співпраці науковців як на державному, так і на міжнародному рівні. Практика розбудови Європейської хмари відкритої науки (EOSC) показала ефективність створення спільних інфраструктур наукових спільнот для надання інформаційних та обчислювальних ресурсів науковцям для здійснення досліджень на засадах хмарних технологій та принципах відкритої науки.

Використовуючи результати Європейських ініціатив щодо створення умов для інтеграції технічних та інформаційних ресурсів наукових спільнот та забезпечення співпраці в проведенні досліджень досить актуальним стає побудова інтегрованої інфраструктури науки інтероперабельної з Європейською інфраструктурою, із застосуванням стандартів та базових програмних засобів інформаційної взаємодії для впровадження запропонованих рішень. Поєднання інформаційних та обчислювальних структур розпочинається з найнижчих ланок – інституційних, відомчих та національних, які згодом інтегруються в спільні глобальні інфраструктури.

У статті розглянуті підходи до вирішення зазначених викликів часу, а саме – створення на базі використання хмарних технологій умов і структур для ефективнішої співпраці наукових колективів, що працюють над схожими науковими проблемами.

На підставі детального аналізу досвіду побудови та розвитку European Open Science Cloud та нормативних документів побудови хмари відкритої науки в Україні сформульовані основні завдання на національному та інституційному рівнях, реалізація яких, на думку авторів, є важливою для побудови основи відкритої науки в Україні. Наведено основні результати створення в Національній Академії наук України спільного інформаційного середовища для наукових досліджень як прототипу Національної хмари відкритої науки, інтегрованої до Європейської хмари відкритої науки.

Ключові слова: інформатизація наукових досліджень, національна хмара відкритої науки, хмарна інфраструктура, European Open Science Cloud.

The growing complexity of scientific tasks and their resource capacity requires the integration of resources - information, computing, telecommunications, and others are necessary for performing scientific research and for the cooperation of scientists, both at the national and international levels. Now the development of an integrated science infrastructure that is interoperable with the European infrastructure using standards and software tools for information interaction is becoming relevant.

The forming of national infrastructure should make use of the results of European initiatives regarding the integration of technical and informational resources and ensuring cooperation in conducting research. The combination of information and computing structures begins with the lowest links - institutional, departmental and national, which later will be integrating into common global infrastructures. The article considers approaches to creating conditions and structures based on the cloud technologies for more effective cooperation of scientific teams working on similar scientific problems.

The main tasks for forming the basis of the Open science cloud in Ukraine at the national and institutional levels have been formulated on the basis of a detailed analysis of the experience of developing the European Open Science Cloud and regulatory documents relative to open science cloud in Ukraine. The implementation of these tasks, according to the authors, is significant.

The main results of the development joint information environment for scientific research at the National Academy of Sciences of Ukraine as a prototype of the National Open Science Cloud integrated into the European Open Science Cloud was present.

Keywords: informatization of scientific research, national cloud of open science, cloud infrastructure, European Open Science Cloud.

Вступ

Одним із головних трендів розвитку сучасної науки є стрімке зростання тенденцій цифровізації досліджень як в експериментальному, так і в теоретичному напрямках. Надзвичайно швидке зростання обсягу даних у природничих науках привело до переходу від типу досліджень, які базуються на гіпотезах, до розвитку науки про дані, що аналізує великі масиви експериментальних даних сучасними методами штучного інтелекту, машинного навчання тощо, і моделює функціонування складних систем на базі проведеного аналізу. Такий підхід вимагає застосування високопродуктивних обчислювальних систем та ресурсів грид-інфраструктури з використанням хмарних платформ, які спрощують доступ до таких ресурсів користувачам різного рівня підготовки. Розвиток хмарної грид-інфраструктури, зокрема, створення спеціалізованих хмарних сервісів, сприятиме реалізації такого підходу.

Для ефективної участі України у Європейському дослідницькому та інноваційному просторі важливим є розвиток власної наукової цифрової інфраструктури відповідно до пріоритетних напрямів науки та економіки. Важливість інтеграції української науки в Європейську хмару відкритої науки та Європейську інфраструктуру даних було підкреслено в Розпорядженні Кабінету Міністрів України від 17 січня 2018 р. № 67-р «Про схвалення Концепції розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018—2020 роки та затвердження плану заходів щодо її реалізації».

На Національну академію наук України покладено відповідальність за розробку та проведення заходів із залучення українських науковців до участі в Європейській хмарній ініціативі та за розвиток відповідної національної цифрової інфраструктури.

Одним із головних стратегічних напрямів розбудови Європейської хмари відкритої науки (ЄХВН) та Європейської інфраструктури даних є створення хмарних платформ для проведення фундаментальних та прикладних досліджень широкими колами науковців, студентів та представниками громадянського суспільства. Для досягнення цієї мети актуальним є забезпечення доступу дослідників та студентів до хмарних сервісів аналізу даних, обчислювальних ресурсів, високопродуктивних обчислювальних засобів та ресурсів грид-інфраструктури з використанням хмарних платформ. Ця стратегія стимулює розвиток хмарної інфраструктури, на базі якої в рамках Європейської хмари відкритої науки створюються, зокрема, каталоги спеціалізованих хмарних сервісів.

Організаційні проблеми пошуку вільних ресурсів серед функціонуючих дата центрів та отримання їх у тимчасове користування можуть бути вирішені через поєднання їх в єдину інфраструктуру, в якій відстежуються усі її наявні фізичні ресурси та їх завантаження, а також налагоджені механізми взаємовідносин між власниками дата-центрів та їх користувачами відповідно до домовленостей на загальних принципах та згідно з діючим законодавством.

Ще одним підходом до розв'язання проблеми нестачі ресурсів для виконання проекту є співпраця наукових колективів, які працюють над спільною науковою проблемою, повторне використання результатів досліджень навіть в інших галузях, що мають корисні методики та засоби досліджень, а також отримані результати експериментів та розрахунків. Це може значно скоротити обсяги робіт. Для цього результати наукових досліджень, як у вигляді публікацій, так і первинних даних мають бути доступні широкому колу науковців, тобто опубліковані в загальнодоступних репозиторіях.

Розвиток Європейської хмари відкритої науки (EOSC) в Європі

Відкрита наука є політичним пріоритетом Європейської комісії з 2016 року [1], і являє собою новий підхід до наукового процесу на основі нових способів поширення знань із використанням цифрових технологій і нових засобів для спільної роботи дослідників. Ідея парадигми «відкрита наука» фіксує системні зміни самого наукового-дослідного процесу - перехід від традиційних методів публікації результатів досліджень у наукових виданнях до обміну і використання результатів досліджень і даних, як тільки вони стають доступними, з використанням цифрових технологій [2].

Термін «відкрита наука», як новий підхід до наукового процесу на основі нових способів поширення знань з використанням цифрових технологій і нових засобів для спільної роботи дослідників з'явився 2016 року [1]. За минулі роки поняття відкритої науки неодноразово змінювалося та уточнювалося. Найбільш повне визначення «відкритої науки» дано в документі «DRAFT RECOMMENDATION ON OPEN SCIENCE - General Conference UNESCO 8 September 2021 г.» [3]. Наведемо це визначення тому що, з погляду авторів, воно відображає всі аспекти відкритої науки [3], які наразі є.

«Термін «відкрита наука» означає рамкову концепцію, яка поєднує різні рухи та форми діяльності, спрямовані на те, щоб зробити наукові знання різними мовами відкритими, загальнодоступними та придатними для загального багаторазового використання, розширити наукове співробітництво та обмін інформацією на благо науки і суспільства і відкрити процеси створення, оцінки та поширення наукових знань для соціальних суб'єктів, які не входять до традиційного наукового співтовариства. Вона охоплює всі наукові дисципліни та аспекти наукової практики, у тому числі у сфері фундаментальних, прикладних, природничих, соціальних та гуманітарних наук, та ґрунтується на наступних ключових принципах: відкриті наукові знання, відкрита наукова інфраструктура, наукова комунікація, відкрита участь соціальних суб'єктів та відкритий діалог із іншими системами знань.»

Тут запроваджується поняття «Відкриті наукові знання», під яким мають на увазі доступ до наукових публікацій, дослідницьких даних, метаданих, відкритих освітніх ресурсів, програмного забезпечення, вихідних кодів та апаратного забезпечення, що знаходяться у відкритому доступі або є захищеним авторським правом та опублікованих на підставі відкритої ліцензії, що допускає доступ, повторне використання, зміну цільового призначення, адаптацію та поширення на певних умовах.

Тож «Відкриті наукові знання» [3] це:

- **наукові публікації**, які, серед іншого, включають статті в наукових журналах, що рецензуються і книги, наукові доповіді, матеріали конференцій, повинні розміщуватися у відкритих онлайн-сховищах із забезпеченням доступу до них відразу після публікації;
- **дані відкритих досліджень**, що включають, зокрема, цифрові та аналогові дані, як необроблені, так і оброблені, із супутніми метаданими, числові дані, текстові записи, зображення, аудіозаписи, протоколи, коди аналізу та робочі процеси, які мають бути відкриті і які можуть багаторазово використовуватися, зберігатися та повторно поширюватись будь-якою особою за умови зазначення джерела;
- **відкриті освітні ресурси**, які включають дидактичні, навчальні та дослідницькі матеріали на будь-яких носіях (цифрових або інших), які розміщені у громадському доступі, або були випущені під відкритою ліцензією, яка дозволяє безкоштовний доступ, використання, адаптацію та розповсюдження третіми особами без обмежень або незначними обмеженнями;
- **програмне забезпечення** з відкритим вихідним кодом і вихідні коди, які, як правило, включають програмне забезпечення, вихідний код якого в людино- і машиночитаному форматі, що модифікується, оперативно надається користувачам у зручній для них формі відповідно до відкритої ліцензії. Це дає третім особам право доступу, зміни, доповнення, вивчення, використання та/або розповсюдження про-

грамного забезпечення та його вихідного коду, дизайну або концепції, а також створення на їхній основі похідних робіт;

- **відкрите апаратне забезпечення**, під яким, як правило, розуміються проектні специфікації фізичного об'єкта, ліцензовані таким чином, що даний об'єкт може вивчатися, модифікуватися, створюватися і розповсюджуватися будь-якими особами, щоб якомога більша кількість людей мала можливість конструювати і комбінувати об'єкти апаратного забезпечення, а також ділитися знаннями про їхню конструкцію та функціонування.

Для забезпечення доступу до публікацій та даних вводиться поняття «**інфраструктура відкритої науки**». Під інфраструктурою відкритої науки мається на увазі віртуальна або фізична дослідницька інфраструктура загального користування (включаючи основне наукове обладнання та набори інструментів, такі як колекції, журнали та платформи відкритого доступу до публікацій, сховища, архіви та наукові дані, сучасні інформаційні системи, відкриті наукометричні системи, що використовуються для оцінки та аналізу різних галузей науки, відкрита інфраструктура для обчислень та обробки даних. Це дозволяє здійснювати колективний та мультидисциплінарний аналіз даних, та об'єкти цифрової інфраструктури), яка необхідна для підтримки відкритої науки і задоволення потреб різних товариств. Різні сховища даних повинні бути адаптовані до конкретних характеристик об'єктів, що розміщуються в них (публікацій, даних або кодів), місцевих умов, потреб користувачів та вимог дослідницьких спільнот, але водночас вони мають застосовувати стандарти функціональної сумісності та передові методи роботи для забезпечення належної перевірки тих матеріалів, що знаходяться в сховищах та для полегшення їх пошуку й повторного використання.

Для розвитку і поширення політики відкритої науки в Європі, Європейська Комісія запропонувала створити Європейську хмару відкритої науки (European Open Science Cloud - EOSC). EOSC, яка, власне, є об'єднанням дослідницьких інфраструктур, які працюють, репозиторіїв даних і пов'язаних з ними сервісів для підтримки наукових досліджень [4]. Ця мережа сховищ даних дозволяє дослідникам знаходити, використовувати і комбінувати набори даних, забезпечуючи основу для створення нових інструментів з обробки даних, зокрема, на основі штучного інтелекту. Відкритість даних в EOSC дотримується принципу «як можна більш відкритими і за необхідності закритими». Це особливо важливо для наборів біомедичних, військових, конфіденційних, приватних і комерційних даних, які не можна відкрити негайно, повністю або взагалі будь-коли публікувати.

У липні 2020 року в Бельгії була створена EOSC Асоціація як некомерційна міжнародна асоціація (AISBL), а в грудні 2020 року було проведено перше Засідання Генеральної Асамблеї EOSC (EOSC General Assembly), на якому було сформовано її склад. На травень 2022 року EOSC Association об'єднує 241 члена, з них: 163 учасника (Україна входить до їх числа) і 78 учасників у статусі спостерігача. Учасниками EOSC Association є провідні Європейські наукові організації, ресурсні центри, провайдери грид та хмарних сервісів, які беруть активну участь у реалізації Концепції Європейської хмари відкритої науки. Дійсним членом EOSC Association як офіційного представника від України є Інститут теоретичної фізики ім. М.М.Боголюбова НАН України [5].

Детальний опис становлення EOSC Асоціації було наведено у статті [6]. Розглянемо перші результати роботи та плани EOSC Асоціації на поточний момент.

Знаковою подією стало **4-ге Засідання Генеральної Асамблеї EOSC (EOSC Association AISBL 4th General Assembly Meeting)** яке відбулося **24/25 травня 2022 року в Брюсселі (Brussels)** в режимі очного засідання. Понад 200 учасників відвідали першу очну Генеральну Асамблею Асоціації EOSC. Делегати та представники уповноважених організацій Асоціації EOSC, члени та спостерігачі зустрілися, щоб обговорити поточний стан побудови EOSC, майбутнє EOSC і налагоджувати нові зв'язки всередині спільноти EOSC [7]. На зустрічі делегатів було ознайомлено з проектом документу «EOSC Multi-Annual Roadmap 2023-2024», який представляє плани робіт на наступні три роки та з проектом EOSC Focus, одним із дев'яти трирічних проектів програми Horizon Europe EOSC. EOSC Focus — це координаційний проект для підтримки багатьох поточних і майбутніх проектів, пов'язаних з EOSC, а також робочі програми проектів ЕС, які триватимуть послідовними траншами до 2030 року.

Розглянемо детальніше основні положення «EOSC Multi-Annual Roadmap 2023-2024» [8], в якому наведені основні рекомендації щодо розбудови та впровадження хмари відкритої науки. Слід зазначити, що даний документ враховує основні рекомендації, наведені в «DRAFT RECOMMENDATION ON OPEN SCIENCE - General Conference UNESCO 8 September 2021 г.» [9].

Рекомендації ЮНЕСКО спрямовані на вирішення наступних ключових завдань та охоплюють наступні напрямки діяльності:

- (I) сприяння загальному розумінню відкритої науки, пов'язаних з нею благ і проблем та популяризація різних шляхів її впровадження;
- (II) формування сприятливого політичного середовища для відкритої науки;
- (III) інвестиції в інфраструктуру та служби підтримки відкритої науки;
- (IV) інвестиції в людський капітал, підготовку, освіту, цифрову грамотність та створення потенціалу для відкритої науки;
- (V) формування культури відкритої науки та узгодження стимулів до її впровадження;
- (VI) сприяння застосуванню інноваційних методів відкритої науки на різних етапах наукового процесу;
- (VII) сприяння міжнародному та багатосторонньому співробітництву в контексті відкритої науки з метою скорочення розривів у цифрових технологіях та знаннях.

У документі «EOSC Multi-Annual Roadmap 2023-2024» загальні цілі деталізовані та представлені як конкретні дії по реалізації.

Загальні цілі (general objectives - GO) реалізації плану дій Європейського партнерства визначаються таким чином:

- GO1 – Забезпечити стимулювання та навчання використанню принципів та методів відкритої науки для досягнення того, щоб це стало *«новою нормою»* у науковій діяльності;
- GO2 - Забезпечити *прийняття стандартів*, а також розробку інструментів та сервісів, що дозволяють дослідникам знаходити, отримувати доступ, повторно використовувати та комбінувати результати;
- GO3 – *Створити стійку федеративну інфраструктуру*, що забезпечує відкритий обмін науковими результатами.

Як бачимо, основні зусилля спрямовані на досягнення трьох простих і конкретних цілей: **навчання, стандарти, інфраструктура.**

Далі методи реалізації поділені на конкретні цілі (Specific Objective - SO) та операційні цілі (operational objectives - OO).

Конкретні цілі (SO) наступні:

- SO1 - збільшення кількості наукових результатів доступних дослідникам, які виконують роботи, які фінансуються державою, максимально наскільки це можливо;
- SO2 - доступність репозиторіїв даних у Європі для підтримки Open Science;
- SO3 - розробка та впровадження стимулів для дослідників, які підтримують та застосовують принципи відкритої наукою;
- SO4 - збільшення кількості результатів досліджень, що відповідають принципам FAIR в Європі, які отримані за рахунок фінансування державою;
- SO5 – розвиток платформи взаємодії EOSC яка підтримує зростаючий діапазон та кількість цифрових об'єктів FAIR, включаючи дані, програмне забезпечення та інші послуги;
- SO6 - надання більшої кількості сервісів та ресурсів для забезпечення європейських досліджень можливістю знаходити та повторно використовувати дані й результати досліджень для отримання нових знань;
- SO7 - забезпечення стабільної роботи існуючої інфраструктури EOSC для підтримки дослідників у вирішенні соціальних проблем;
- SO8 - В EOSC реалізовані важливі додаткові функції для кінцевих користувачів з державного та приватного секторів;
- SO9 – EOSC все частіше встановлює зв'язки з відповідними ініціативами з регіонів по всьому світу та стає партнером у глобальній співпраці для Open Science;
- SO10 - загальні показники якості даних узгоджені та впроваджені для забезпечення того, щоб результати досліджень у рамках EOSC були готові до використання у відповідності до принципів FAIR.

Операційні цілі (operational objectives - OO), наступні:

- OO1 - розробляти нові та використовувати існуючі компоненти наявної інфраструктури EOSC (MVE - Minimum Viable EOSC) для відкритого обміну даними досліджень, публікаціями, програмним забезпеченням, інструментами та сервісами, залучаючи дедалі більшу кількість та категорії користувачів, у тому числі з державного та приватного секторів.
- OO2 – розробляти нові та розвивати існуючі системи збору та відображення інформації про кращі практики Open Science, доступні через EOSC. Для цього можна використовувати панель інструментів EOSC Observatory для моніторингу ландшафту політик, інфраструктур та відкритих ресурсів;
- OO3 - дедалі більше впроваджувати навички відкритої науки до європейських дослідницьких організацій, зокрема, й через впровадження й узгодження навчальних програм та тренінгових курсів, пов'язаних із повним життєвим циклом управління даними;
- OO4 - спільна розробка стандартів для предметної галузі та впровадження практики Open Science, взаємодіючи з дослідницькими спільнотами;
- OO5 - надавати технічні компоненти екосистеми FAIR для використання та адаптації науковими співтовариствами (включаючи відкриті специфікації, стандарти, схеми, інтерфейси прикладного програмування (API), структури метаданих, що підтримують цифрові об'єкти FAIR та їхню автоматизовану обробку);
- OO6 - забезпечити метрики та інструменти для відповідності результатів досліджень принципам FAIR та забезпечити інфраструктуру, що допомагає сертифікувати репозиторії на відповідність принципам FAIR;
- OO7 – спільна розробка першого покоління надійної загальноєвропейської мережі інфраструктур для зберігання та обміну кодами програмного забезпечення (включаючи стимули для ведення ефективної документації та обміну програмним забезпеченням для проведення досліджень);
- OO8 - спільна розробка та впровадження системи стимулювання щодо використання принципів FAIR та відкритих наукових практик у дослідженнях;
- OO9 - впроваджувати та розвивати правила участі в EOSC та процес адаптації постачальників сервісів до EOSC та поступово збільшувати кількість постачальників послуг та сервісів;
- OO10 - розгорнути та використовувати структуру AAI для керування ідентифікацією користувачів та правами доступу до даних та сервісів;

- OO11 - реалізувати політику та архітектуру Persistent Identifier (PID) EOSC, включаючи розробку глобального PID;
- OO12 - спільна розробка мінімальної структури метаданих та надання загального механізму пошуку ресурсів EOSC;
- OO13 - безперервний моніторинг і сприяння розширенню використання основних сервісів та ресурсів EOSC, доступ до інструментів та послуг EOSC-Exchange і забезпечення зворотного зв'язку з користувачами;
- OO14 - визначити моделі доступності й вартості послуг.

Реалізації зазначених цілей згідно «EOSC Multi-Annual Roadmap 2023-2024» має виконуватися на трьох рівнях:

- **Європейський рівень:** все, що робиться на європейському рівні або фінансується програмою Horizon Europe або іншими джерелами, чи то зусилля Асоціації EOSC, чи дослідницької інфраструктури, чи сервісної організації, яка працює на європейському рівні.
- **Національний рівень:** те саме, що й вище, але на рівні країни, тобто діяльність в одній із держав-членів EOSC або в країнах, що беруть участь у програмі Horizon Europe за умови, що результати діяльності дають позитивний внесок у досягнення загального результату.
- **Інституційний рівень:** знову те ж саме, що й вище, але діяльність на рівні установ, (наприклад, університет або наукова установа) та узгоджується зі стратегією країни, яка має бути приведена у відповідність до європейської стратегії.

Нормативна база побудови хмари відкритої науки в Україні

Як зазначається у документі «EOSC Multi-Annual Roadmap 2023-2024» європейський рівень реалізації EOSC здебільшого орієнтований на координацію зусиль країн-учасниць проекту та на забезпечення фінансування загальноєвропейських проектів. Основні зусилля переносяться на національний рівень та інституційний рівень. При цьому слід зазначити, що реалізація згаданих завдань на національному рівні потребує узгодженої роботи національних міністерств та відомств.

Ми не перераховуватимемо всіх завдань, які необхідно реалізувати на національному рівні для побудови основи відкритої науки в країні. Зазначимо лише, що кожна країна, виходячи зі своїх фінансових та організаційних можливостей, розробляє власний план із відкритої науки, наприклад: Франція [10], Нідерланди [11], Естонія [12].

Для України, на думку авторів, важливою є реалізація таких завдань:

- Інформаційна компанія із залучення науковців для використання сервісів EOSC.
- Розробка національної політики та визначення джерел фінансування для підтримки розвитку EOSC, стимулювання національних дослідницьких інфраструктур до об'єднання у EOSC.
- Розробка механізмів спрямування національних інвестицій щодо розвитку національних дослідницьких інфраструктур, які приймають відповідні стандарти сумісності та можуть бути об'єднані в EOSC.
- Стимулювання та заохочення наукових спільнот та підтримка національних дослідницьких інфраструктур у їх розвитку для забезпечення довгострокового доступу до FAIR даних.
- Державна фінансова підтримка витрат на управління даними, підтримка супроводу результатів досліджень (включаючи програмне забезпечення).
- Розробка навчальних програм для Open Science та навичок роботи з даними FAIR відповідно до узгоджених європейських навчальних планів та заохочення їх включення як основного елемента в дослідницьких програмах.
- Визнання дослідницьких даних та програмного забезпечення як результатів досліджень у рамках національної оцінки науки.
- Визначення спеціальних механізмів фінансування документування та обміну всіма результатами, пов'язаними з дослідженнями із програмним забезпеченням включно.
- Підтримка та стимулювання розробки, впровадження й підтримка відкритих стандартів та API для забезпечення об'єднання ресурсів та досягнення сумісності між спільнотами включно із приватним сектором.
- Стимулювання оцінки та сертифікації сховищ даних принципам FAIR, забезпечення надійності їхньої роботи, а також забезпечення сумісності в усій європейській мережі.

Як уже зазначалося раніше, основні зусилля на національному рівні спрямовані на досягнення трьох простих і конкретних цілей: **навчання, стандарти, інфраструктура**.

Під терміном «стандарти» тут розуміється не лише технічна частина з об'єднання інфраструктур та сервісів, а й законодавча підтримка принципів відкритої науки в країні.

Зупинимось докладніше на стані законодавчої підтримки в Україні.

Участь України в Європейському дослідницькому та інноваційному просторі передбачається Концепцією розвитку цифрової економіки та суспільства на 2018—2020 роки (схвалено Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 17 січня 2018 р. № 67-р) та відповідає ключовим пріоритетам, визначеним Дорожньою картою інтеграції України до Європейського дослідницького простору (ERA-UA), яка була схвалена рішенням Колегії Міністерства освіти і науки України (протокол від 22.03.2018 № 3/1-7) [13].

Беручи до уваги твердження, що «EOSC - це середовище, яке має бути реалізоване для підтримки і забезпечення переходу до відкритої науки», то створення такого середовища не може бути виконано на порожньому місці. Це має бути об'єднання вже наявних дослідницьких та е-інфраструктур країн учасників проекту і забезпечена їхня спільна робота. Іншими словами, Європейська хмара відкритої науки - це не щось нове, яке потрібно створити, а це спільне використання за новими правилами вже існуючих е-інфраструктур та дослідницьких інфраструктур.

Інтеграція наукової та інноваційної сфери України до Європейського дослідницького простору передбачає, серед іншого, об'єднання наукових, технічних та фінансових ресурсів та зусиль для вирішення питань, які становлять спільний інтерес і стосуються різних галузей науки та функціонування суспільних інституцій.

Далі наказом Міністерства освіти і науки України від **10 лютого 2021** р. № 167 була затверджена «Дорожня карта з інтеграції науково-інноваційної системи України до європейського дослідницького простору» [14].

У розділі «Розвиток дослідницької інфраструктури, стан якої забезпечує інтеграцію вчених до Європейського дослідницького простору», зокрема, вказано:

- Розробити механізми фінансування дослідницьких інфраструктур;
- Забезпечити інтеграцію українських дослідницьких інфраструктур до Європейських консорціумів дослідницьких інфраструктур (ERIC).

Як справедливо визначено авторами [15], дорожня карта має внутрішньогалузеве значення і стосується лише тієї частини національної дослідницької системи, яка підпорядкована МОН, і не стосується дослідницьких організацій академії наук та підприємницького сектору. Тому вона має обмежену сферу дії, оскільки не забезпечує євроінтеграцію всієї дослідницької системи України.

Окремий розділ цього документу був присвячений інтеграції українських е-інфраструктур до європейських е-інфраструктур та їх об'єднання. Однак, уже розроблена «Концепція розвитку українських е-інфраструктур до 2023 року», яка визначала, що в Україні функціонують такі е-інфраструктури [16] не була затверджена. Натомість розпорядженням Кабінету Міністрів України від 14 квітня 2021 р. № 322-р було прийнято «КОНЦЕПЦІЮ Державної цільової програми розвитку дослідницьких інфраструктур в Україні на період до 2026 року», яку представив МОН [17].

Основним завданням Програми розвитку є систематизація дослідницьких інфраструктур, оцінка їхньої сумісності з європейськими дослідницькими інфраструктурами, надання пріоритетного фінансування для їх подальшого розвитку та узгодженість із Дорожною картою розвитку європейських дослідницьких інфраструктур, затвердженою Європейським стратегічним форумом дослідницьких інфраструктур (ESFRI).

Реалізація заходів програми мають здійснюватися впродовж 2021-2026 років у два етапи. На першому (підготовчому) етапі (2021-2022 роки) планується низка організаційно-правових заходів: утворення комітету; розроблення положення та порядку створення, впровадження, модернізації та експлуатації дослідницьких інфраструктур; створення інструментів фінансової підтримки участі дослідницьких інфраструктур в міжнародних об'єднаннях дослідницьких інфраструктур. На другому етапі (2022-2026 роки) передбачається створення та забезпечення діяльності дослідницьких інфраструктур різних організаційно-правових форм.

Слід зазначити, що перелічені заходи першого етапу так і не були виконані.

У 2020 та 2021 році активно обговорювалися зміни до закону України «Про наукову і науково-технічну діяльність». Частково зміни були внесені - Проект Закону України «Про внесення змін до Закону України “Про наукову і науково-технічну діяльність”» [18], решта проходила активне громадське обговорення [19].

Основні зауваження до поточної редакції Проекту Закону «Про наукову і науково-технічну діяльність» стосуються усунення законодавчої неузгодженості. Згідно зі статтею 1 Закону України “Про наукову і науково-технічну діяльність” дослідницька інфраструктура - сукупність засобів, ресурсів та пов'язаних з 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 і базується на знаннях (колекції, архіви, депозитарії або банки даних наукової інформації), на інфраструктурі, заснованій на технології комунікацій (грід, комп'ютери, програмне забезпечення і мережевий зв'язок), та інших структурах унікального характеру.

Однак вкрай необхідно для нормальної роботи дослідницької інфраструктури внести зміни, які дозволять:

- адаптувати нормативно-правові акти до законодавства ЄС щодо суб'єктів, дослідницької інфраструктури та регулювання їхньої діяльності;
- оновити норми закону щодо центрів колективного користування науковим обладнанням, державних ключових лабораторій та національних наукових центрів у частині визначення їхніх основних завдань діяльності, необхідності відкритого доступу до них та способів об'єднання з метою оптимального використання основних фондів (зокрема об'єктів дослідницької інфраструктури) оборотних засобів та фінансових активів для проведення фундаментальних досліджень, прикладних наукових досліджень і науково-технічних (експериментальних) розробок, надання науково-технічних послуг, проведення наукової та науково-технічної експертизи, підготовки кадрів;
- усунути законодавчі неузгодженості, що мають місце у положеннях Закону України «Про наукову і науково-технічну діяльність» та стосуються функціонування різних суб'єктів дослідницької інфраструктури.

Окремо слід звернути увагу на законодавчу підтримку вільного доступу до репозиторіїв даних в Україні. Ще 2007 року був прийнятий Закон України «Про Основні засади розвитку інформаційного суспільства в Україні на 2007-2015 роки», в якому, зокрема, зазначено – «Забезпечити вільний доступ до результатів наукових досліджень, створених за рахунок коштів Державного бюджету України».

Окремою Постановою Кабінету Міністрів України від 21 жовтня 2015 р. № 835 «Про затвердження Положення про набори даних, які підлягають оприлюдненню у формі відкритих даних» [20] було визначено перелік даних які мали бути вільними у Єдиному державному вебпорталі відкритих даних. В чинній редакції закону перелічені міністерства та назви баз даних доступ до яких мав бути вільним. Однак в розділі «Національна академія наук» вказано «Інформація про рукописи та інші носії наукового доробку учених і діячів культури, а також архівні матеріали наукових установ Національної академії наук та інші матеріали, що мають особливу наукову, культурну та історичну цінність». Жодної конкретизації! Тому не дивно, що за останні роки в Національній академії наук України не інстальовано жодного репозитарію даних.

Окремо слід зазначити стан справ щодо цифровізації бібліотечного обслуговування в Україні.

Одним із ключових принципів відкритої науки є принцип відкритого доступу до наукової літератури, який вперше було проголошено у 2001 році у вигляді «Будапештської ініціативи відкритого доступу» [21]. Ініціатива набула чинності 14 лютого 2002 року і привела до появи нових моделей видання наукової періодики. Наступним кроком було впровадження так званого Плану S, згідно з яким: «починаючи з 2021 року, усі наукові публікації за результатами досліджень, що фінансуються коштом державних або приватних грантів, наданих національними, регіональними та міжнародними дослідницькими радами та фінансовими органами, мають публікуватися в журналах відкритого доступу, на платформах відкритого доступу або бути негайно доступними через Репозиторій відкритого доступу без обмежень» [22].

Нижче наведено короткий огляд поточного стану інформаційної структури для відкритих публікацій в Україні та в Академії наук зокрема. Більш детальний огляд представлений у чудовій монографії «Національний репозитарій академічних текстів: відкритий доступ до наукової інформації» колективу авторів О. С. Чмир, Т. К. Кваша, Т. О. Ярошенко та ін. [23].

В Україні перші електронні бібліотеки з відкритим доступом до публікацій з'явилися у 2007-2008 роках. У серпні 2011 р. Кабінетом міністрів було затверджено Державну цільову національно-культурну програму створення єдиної інформаційної бібліотечної системи «Бібліотека - XXI». На жаль, ця програма так і не почала виконуватися.

Наразі в Україні створено понад 500 науково-технічних електронних бібліотек, в основному це бібліотеки періодичних видань.

Найоб'ємнішими та популярними є такі:

- Найбільша в Україні електронна бібліотека - «Наукова періодика України» Національної бібліотеки України ім. В.І.Вернадського [24]. Містить понад 1 мільйон 280 тис. повних текстів статей з понад 2870 періодичних видань.
- «Наукова періодика України» [25] Української науково-освітньої телекомунікаційної мережі «УРАН» містить понад 530 періодичних видань.
- Наукова електронна бібліотека періодичних видань НАН України [26], створена 2008 року та підтримується Інститутом програмних систем НАН України. Містить понад 172 тис. статей із 484 журналів НАН України.
- Національний репозитарій академічних текстів [27]. Створено Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 22.07.2016 р. №504 «Про створення Національного репозитарію академічних текстів» та Постанови Кабінету Міністрів України від 19.07.2017 р. №541 «Положення про Національний репозитарій академічних текстів» [28]. Містить понад 337 тис. документів.

Поступово збільшувалося представництво українських електронних бібліотек у міжнародних каталогах, реєстрах, репозитаріях, харвестерах та базах даних відкритого доступу. Зокрема:

Реєстр наукових видань відкритого доступу **ROAR** (<http://roar.eprints.org/>). Містить 5499 видань, з них з України – 117;

Каталог репозиторіїв наукових видань відкритого доступу **OpenDOAR** (<http://www.opendoar.org/>). Містить 5898 видань, з них з України – 107;

Каталог журналів відкритого доступу **DOAJ** (<https://doaj.org/>). Містить понад 7720 тисяч статей з майже 18 тисяч журналів, з них понад 139 тисяч україномовних статей з 404 журналів з України;

Харвестер **BASE** Бібліотеки Білефельдського університету (<http://www.base-search.net/>). Містить понад 308 мільйонів документів від 10 000 провайдерів даних. З них понад 1,4 мільйона документів від 367 українських провайдерів;

Інформаційні ресурси відкритого доступу до Європейського Союзу **OpenAire**. Є одним із базових компонентів проекту ЄС European Open Science Cloud – EOSC (<https://www.openaire.eu/>). Містить понад 163 мільйона документів. Від українських провайдерів представлено 457 джерел даних;

Core – найбільша у світі колекція (понад 207 мільйонів з понад 11000 провайдерів даних) наукових статей відкритого доступу (<https://core.ac.uk/>). З України – 77 провайдерів даних;

Scopus — найбільш авторитетна бібліографічна та реферативна база даних та інструмент для відстеження цитування статей, опублікованих у наукових виданнях (<https://www.scopus.com>). Міститиме бібліографічну інформацію про понад 43000 наукових видань. Якщо у 2010 р. у Scopus було проіндексовано зміст 35 українських журналів, то у 2022 р. - 153.

Протягом останніх років успішно функціонує і наповнюється український харвестер «Система пошуку у відкритих архівах України» (<http://oai.org.ua>), в якій на сьогодні інтегровано 74 електронні бібліотеки України з більш ніж 630 000 електронними документами.

Поступово просувається на шляху інтеграції до єдиного міжнародного наукового інформаційного простору Національна академія наук України. Про це, зокрема, свідчать такі статистичні дані:

- У **Scopus** проіндексовано 63 журнали НАН України, за якими зокрема наводиться статистика CiteScore, SCImago SJR та SNIP.
- Journal Citation Reports (**JCR**) Thomson Reuters пропонує систематичний об'єктивний спосіб критичної оцінки провідних світових журналів за допомогою кількісної статистичної інформації, отриманої на основі реальних даних. У НАН України є 19 журналів, які мають імпакт-фактор JCR.
- **SCImago** – це дослідницька група із Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), University of Granada, Extremadura, Carlos III (Madrid) та Alcalá de Henares. Призначення групи - інформаційний аналіз та подання результатів з використанням засобів візуалізації. The SCImago Journal & Country Rank – це публічно доступний портал, який містить показники наукових журналів та країн, отримані на основі даних із бази даних Scopus. Відомості про цитування взято з 21 500 журналів, що публікуються більш ніж 5000 міжнародними видавцями. На порталі SCImago представлено 43 журнали НАН України.

Сайт **CWTS Journal Indicators** (<http://www.journalindicators.com>) містить загальнодоступні бібліометричні показники наукових журналів. Ці показники обчислюються в Leiden University's Centre for Science and Technology Studies (CWTS). Показники наводяться за журналами, проіндексованими у базі даних Scopus. 19 журналів НАН України представлено у CWTS Journal Indicators.

Цей невеликий за обсягом аналіз показує, що хоч і повільно процес відкриття публікацій в Україні триває.

Найбільш вагомим кроком у напрямку створення організаційних засад для відкритої науки в Україні був наказ МОН про утворення робочої групи із розроблення Національного плану щодо відкритої науки від 6 червня 2021 року №614. [29]

Проектом Національного плану заходів щодо впровадження принципів відкритої науки до 2030 року, передбачалися заходи, зокрема:

- Забезпечення відкритого доступу до наукових результатів та науково-технічної інформації;
- забезпечення відкритого доступу до дослідницької інфраструктури;
- створення умов для здійснення ефективної роботи з науково-технічною інформацією та об'єктами дослідницької інфраструктури, які є у відкритому доступі;
- популяризації науки, поширення наукових знань та залучення громадян до участі в науковій та науково-технічній діяльності;
- удосконалення системи оцінювання якості наукової та науково-технічної діяльності;
- підвищення рівня обізнаності та формування компетентності з відкритої науки;
- удосконалення законодавства відповідно до стандартів та норм Європейського Союзу у частині впровадження принципів належного управління науковими даними (принципи FAIR) та використання оптимізованих наукових даних (FAIR-дані), зокрема, їхнє застосування в процесі здійснення наукових досліджень, фінансованих із державного бюджету;
- розроблення організаційних та фінансових механізмів створення та підтримки національних, тематичних (галузевих) та інституційних репозитаріїв даних.
- Створення національної ініціативи хмари відкритої науки.
- Створення центрів компетенції з використання оптимізованих наукових даних (FAIR-даних) на базі закладів вищої освіти та наукових установ.

Громадське обговорення проекту розпорядження Кабінету Міністрів України «Про затвердження національного плану заходів щодо впровадження принципів відкритої науки до 2030 року» було проведено в березні 2022 року [30]. Подальша доля проекту авторам наразі не відома.

Якщо проаналізувати прийняті нормативні документи із реалізації плану заходів щодо відкритої науки в Україні, то можна відзначити, що вони відображають основні завдання, сформульовані в документах ЮНЕСКО та Асоціації EOSC. Проте практично повністю відсутнє фінансування на національному рівні дослідницьких інфраструктур.

У «Концепції Державної цільової програми розвитку дослідницьких інфраструктур в Україні на період до 2026 року», наприклад, зазначено «Однією із важливих причин цього процесу є відсутність системної державної політики щодо розвитку дослідницьких інфраструктур і багаторічне недофінансування капітальних видатків на підтримку та оновлення матеріально-технічної бази наукових установ та закладів вищої освіти.»

Саме тому говорити про формування національної інфраструктури відкритої науки в Україні не доводиться. А в умовах воєнного стану інвестиції в інфраструктуру недоречні. Тому ми можемо говорити, що підтримувати необхідно вже працюючі дослідницькі інфраструктури.

Національна академія наук України має усі компоненти цієї архітектури, необхідні для формування єдиного відомчого інформаційного простору, який може стати основою національної хмари відкритої науки [31], інтегрованою з EOSC. Це і високошвидкісна Академічна Мережа Обміну Даних АМОД [32], яка може бути комунікаційною основою, до якої приєднані майже всі установи НАН України, і має вихід до Європейської мережі GEANT.

У статті [6] було детально описано існуючу інфраструктуру НАН України, яка вже є основою інфраструктури хмари відкритої науки України.

Як зазначалося раніше, нижній рівень реалізації концепції відкритої науки – це наукові інститути та університети. Саме вони мають бути активними учасниками впровадження принципів відкритої науки в країні. Перерахуємо основні завдання, виконання яких можливо і необхідно виконувати зараз.

До них належать:

- Розповсюдження інформації про сервіси EOSC, популяризація використання сервісів і ресурсів EOSC за допомогою проведення конференцій, тренінгів, вебінарів як на національному рівні, так рівні EOSC.
- Розробка та впровадження базового навчання Open Science та FAIR для дослідників усіх рівнів та визнання цих навичок важливими для професійного розвитку. Така підготовка може бути включена до програм підготовки докторантів.
- Підтримка інституційних дослідницьких програм та дослідницьких спільнот, які використовують сервіси й ресурси EOSC та обмін передовим досвідом.
- Підвищення обізнаності щодо методів забезпечення FAIR та цінності довгострокового збереження даних та метаданих серед дослідницьких спільнот.
- Підтримка програми професійного розвитку для гарантування, що науковці мають необхідні навички Open Science та FAIR.
- Підтримка розробки політики відкритої науки задля створення відкритої інституційної культури.
- Підвищення обізнаності про інфраструктуру для підтримки створення, управління та обміну дослідницькими даними та програмним забезпеченням.
- Підтримка дослідницької спільноти в ухваленні як загальних стандартів, так і стандартів з певної галузі для підсилення впровадження практик FAIR і повторного використання результатів досліджень.
- Надання методичної та організаційної допомоги невеликим репозитаріям для забезпечення стабільності та сумісності через дотримання стандартів, оцінку та сертифікацію.
- Заохочування використання існуючої об'єднаної інфраструктури відкритої науки, яку підтримує EOSC, обмінюючись прикладами того, як ефективніше використовувати цю інфраструктуру для здійснення досліджень.
- Заохочення у використанні існуючих тематичних дослідницьких інфраструктур, які підтримує EOSC.
- Визначення та впровадження процедури відбору даних, програмного забезпечення та інших результатів досліджень, що мають довгострокову цінність і зберігатимуться за допомогою EOSC.

Реалізація цих завдань на рівні інститутів та університетів не потребує великих фінансових витрат, але дозволить залучити нових користувачів сервісів EOSC та забезпечити впровадження принципів відкритої науки.

Стан справ щодо побудови хмарної інфраструктури відкритої науки в Україні

Національна хмара відкритої науки є некомерційною відкритою спільнотою, призначеною для підтримки та ресурсного забезпечення наукових досліджень шляхом поєднання та спільного використання обчислювальних та інформаційних ресурсів в єдину інфраструктуру (єдиний науковий інформаційний простір - ЄНІП).

Національну хмару відкритої науки передбачається будувати на принципах відкритих даних та принципах федералізації, які полягають в наступному:

- Інформаційні та обчислювальні ресурси залучаються до спільної інфраструктури на добровільній взаємовигідній основі;
- функціонування інфраструктури здійснюється під контролем наглядової ради, яка формується з представників провайдерів та користувачів ресурсів на вибірній основі, і яка визначає організаційні принципи функціонування та ухвалює рішення щодо залучення ресурсів та виділення їх для використання, та які обов'язкові для виконання усіма постачальниками та споживачами ресурсів інфраструктури;
- Ресурси, що залучаються до інфраструктури, повинні підтримувати загальноприйняті стандарти та використовувати перевірені рішення;
- Ресурси, що залучаються до інфраструктури мають відповідати FAIR принципам;
- Ресурси в інфраструктурі мають бути відкриті настільки, наскільки це можливо, та закриті настільки, наскільки це необхідно (виходячи з державної та відомчої політики).

Архітектурно ЄНІП будується на базі хмарних технологій та поєднує такі основні ресурси та хмарні сервіси:

- Обчислювальні ресурси сконцентровані в дата центрах провайдерів та надаються в користування як IaaS (інфраструктура як сервіс).
- Електронні публікації, які зберігаються в електронних бібліотеках і електронних виданнях та представлені в централізованих каталогах (харвестерах), що надають сервіси пошуку публікацій (харвестери забезпечують пошук в усіх зареєстрованих в ньому бібліотеках), отримання повних текстів та публікацію власних праць.
- Репозиторії наукових даних, які дають можливість зберігати та накопичувати результати експериментальних досліджень, спостережень та чисельного моделювання, а також пошук та доступ до необхідних результатів.
- Програмні засоби для обробки та аналізу накопичених даних доступні як SaaS, PaaS а також як передвстановлені версії ПЗ у вигляді образів віртуальних машин або DOCKER-контейнерів, накопичених у репозиторіях.

Поєднання ресурсів в єдину інфраструктуру здійснюється за допомогою порталу ЄНІП (CloudHub ЄНІП: <https://cloudhub.bitp.kiev.ua/about-cloudportal/>), який підтримує каталоги усіх поєднаних ресурсів та забезпечує єдину точку доступу до ресурсів, залучених до інфраструктури за допомогою їхнього WEB інтерфейсу, або за допомогою вбудованого в портал WEB інтерфейсу та API ресурсу.

Інтеграція ЄНІП з EOSC здійснюється шляхом залучення національних ресурсів до інфраструктури EOSC наряду з ЄНІП, а також забезпечення доступу до каталогу та сервісів EOSC через CloudHub ЄНІП.

Для того, щоб розпочати їх поєднання було створено пілотний проєкт єдиної точки доступу - CloudHub ЄНІП, в якому була реалізована підсистема підтримки ресурсного забезпечення наукових проєктів за допомогою, якої було апробовано та відпрацьовано механізми залучення ресурсів до інфраструктури, виділення їх для використання та забезпечення доступу до ресурсів.

Методологічною основою підсистеми підтримки є Workflow парадигма, згідно з якою всі процеси супроводжуються електронними документами, в яких фіксуються та накопичуються дані процесів ресурсного забезпечення в міру їх виконання. Документи зберігаються в базі даних, забезпечують інформаційну взаємодію учасників процесу та облік стану ресурсів. Актуальний стан обсягів ресурсів інфраструктури дозволяє швидко проаналізувати співвідношення потрібних та наявних ресурсів і обґрунтовано прийняти рішення щодо їх розподілу.

Основними процесами, що підтримуються підсистемою, є приєднання дата центру (ДЦ) до ЄНІП, виділення для проєкту ресурсів, які супроводжуються відповідними документами.

Приєднання ДЦ до ЄНІП ініціюється адміністратором ДЦ, подаючи через портал заявку, в якій він надає основні відомості про хмарне забезпечення та його API, а також обсяги ресурсів, які можуть бути передані в розпорядження ЄНІП. Заявка зберігається в системі та доступна для перегляду адміністратору ЄНІП. Адміністратор ЄНІП оцінює сумісність АПІ з порталом, узгоджує заявку з наглядовою радою та затверджує або відхиляє заявку адміністратора ДЦ залежно від результатів узгодження. В разі ухвалення, ДЦ реєструється в порталі ЄНІП та після налаштування та перевірки під'єднання його виділені ресурси стають доступними для використання в ЄНІП.

Виділення ресурсів ЄНІП для виконання наукового проєкту ініціюється його керівником шляхом подання через портал заявки, в якій він надає основні відомості про проєкт, обсяги ресурсів та термін, на який вони потрібні.

Адміністратор ЄНІП оцінює можливість виділення заявлених ресурсів, використовуючи поточний стан, який відстежується в обліковій моделі, узгоджує заявку з наглядовою радою та затверджує або відхиляє заявку керівника проєкту залежно від результатів узгодження. В разі ухвалення, проєкт та його виконавці реєструються в порталі ЄНІП та можуть доступатися до ресурсів через створення та використання віртуальних машин у межах виділених обсягів.

Розроблені засоби були апробовані для об'єднання трьох дата центрів НАН України, що можна вважати початком розбудови ЄНІП - національної федеративної хмари відкритої науки та виділення з загального пулу квот для розробки компонент порталу CloudHub, на яких були розгорнуті віртуальні машини з необхідним програмним забезпеченням - Web сервер та сервер бази даних, а також інтегроване середовище для розробки функціонала порталу на РНР, до яких виконавці проєкту могли доступатись зі своїх робочих місць незалежно від їх фізичного перебування.

Наведена схема хмарної інфраструктури України станом на лютий 2022 року. На жаль, військові дії ставлять під сумнів працездатність дата центру ХФТІ, але ці ресурси ЄНІП можна швидко підмінити та навіть збільшити, приєднуючи інші дата центри НАН України та організовуючи на них продовження проєктів установ, які втратили свою обчислювальну інфраструктуру, доки вони не відновлять свої потужності.

У рамках порталу CloudHub ЄНІП розпочато формування каталогу інформаційних ресурсів та сервісів для підтримки наукових досліджень. Ці сервіси представлені посиланнями на WEB інтерфейс та дають змогу доступитись до відповідного сервісу (електронної бібліотеки, видання, репозиторію, тощо). На сьогодні каталог сервісів вбудовано безпосередньо в контент порталу та потребує залучення розробника порталу для додавання сервісу до каталогу. Розповсюдження методології залучення дата центрів до хмарної інфраструктури та підключення сервісів до каталогу ЄНІП могло б значно розширити номенклатуру сервісів ЄНІП шляхом самореєстрації сервісів що вже працюють, безпосередньо їхніми розробниками або провайдерами.

Зокрема, на ресурсах ЄНІП (дата центр ІТФ) розгорнуто сервіс підтримки репозиторію програмних проєктів на базі широко відомої системи GITLAB. Крім підтримки централізованого репозиторію компонентів програмної системи та контролю їхніх версій при сумісній їх розробці система дозволяє планувати роботи по створенню програмних систем, відстеження планів та забезпечення взаємодії виконавців. Хоча початково система GITLAB призначалася для підтримки програмних проєктів її можна використовувати для підтримки будь-яких наукових проєктів та накопичувати в репозиторії не тільки програмні коди, а й проєктні, звітні та інші матеріали.

Розгорнута система використовувалась для накопичення матеріалів та організації взаємодії виконавців розробників порталів. Так само розгорнутий сервіс може використовуватись для супроводу інших, виконуваних на ресурсах ЄНІП наукових проєктів.

Сервіс GITLAB є зручним для супроводу конкретного проєкту, але не є репозиторієм, що відповідає FAIR принципам оскільки не має засобів анотування матеріалів, проєктів та їх пошуку в репозиторії. Крім того, сховище системи оптимізовано для накопичення відносно не великих за обсягом даних, переважно текстового змісту. Поза тим, наукові дослідження можуть бути пов'язані з накопиченням результатів експериментів, спостережень, моделювання процесів, які можуть бути використані іншими науковцями. Для цього на ресурсах

дата центру ППС був розгорнутий сервіс підтримки розподілених наукових даних IRODS, який дозволяє підтримувати каталог та анотування в ньому великих масивів даних, розміщених на вузлах розподіленого сховища. Ця система лежить в основі сервісу репозиторію наукових даних EUDAT та забезпечує пошук потрібних даних, доступу до них та реплікації даних за високопродуктивним протоколом GRID FTP між вузлами сховища, а також на обчислювальні вузли користувачів для аналізу та обробки даних за власною методикою та власними засобами. Зокрема, ця система була використана в ППС для тимчасового переміщення образів віртуальних машин на вузол в дата центрі ІТФ на період оновлення версії хмарного проміжного забезпечення OpenStack. Надалі вона може бути використана для організації відкритого репозиторію наукових даних НХВН.

Висновки

Військова агресія Росії та активні бойові дії призвели до катастрофічних руйнувань критичної інфраструктури в Україні.

В рамках Програми інформатизації НАН України започатковані роботи щодо створення спільного інформаційного середовища для наукових досліджень як прототипу Національної хмари відкритої науки, інтегрованої до Європейської хмари відкритої науки з огляду на Європейський досвід побудови EOSC.

Проте станом на серпень 2022 року грид інфраструктура НАНУ суттєво скоротилася:

- не працює кластер Національного наукового центру «Харківський фізико-технічний інститут» (ННЦ ХФТІ) НАН України, який представляв Україну в експерименті CMS у ЦЕРНі. Суттєві руйнування корпусів інституту призвели до того, що кластер ввести в експлуатацію найближчим часом не є можливим;
- не працюють кластери Інституту сцинтиляційних матеріалів НАН України, Фізико-технічного інституту низьких температур ім. Б.І. Веркіна НАН України, Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є.Пухова НАН України.

Крім того, серверне обладнання ще працюючих кластерів, не оновлювалося за останні кілька років, що позначається на надійності надання обчислювальних послуг користувачам. У період воєнного стану основне завдання – це підтримка працездатності працюючих елементів інфраструктури. Наявні в Україні обчислювальні ресурси, що є в Україні, не можуть розв'язувати проблему підтримки наукових досліджень у повному обсязі, й тому виникає завдання максимально використати наявні обчислювальні ресурси європейського проекту EOSC.

Така можливість є. Український національний Грид, який з 2012 року був інтегрований до Європейської Грид інфраструктури на технічному рівні, а з 2020 року став асоційованим членом EGI, що дає можливість користувачам використовувати спільні обчислювальні ресурси Європейської федеративної хмарної інфраструктури EGI [33], яка є складовою частиною EOSC.

Щоразу, коли нова наукова спільнота виявляє інтерес до EGI Federal Cloud, команда підтримки (до складу якої входять члени EGI.eu та представники технічних експертів з National Grid Initiatives), організовує особисту, або веб-зустріч для збору вимог, визначення кращої стратегії для інтеграції додатків і сервісів спільноти та визначення повного робочого плану інтеграції. [34].

Після виконання необхідних організаційних дій користувач може використовувати для доступу до хмарної інфраструктури один із доступних додатків:

- **EGI AppDB VM operations dashboard** - веб-графічний інтерфейс для керування віртуальними машинами в інфраструктурі EGI;
- **Infrastructure Manager Dashboard** веб-графічний інтерфейс для керування віртуальними машинами розроблений в Universitat Politècnica de Valencia;
- **fedcloud** клієнт командного рядка для взаємодії OpenStack в EGI Federal Cloud.

Більш детально з методикою роботи можна ознайомитися на сайті за посиланням <https://cloudhub.bitp.kiev.ua/instruction/howto-use-egi-resource/>.

І це не єдиний проект у Європі. На даний момент створена та успішно працює мережа суперкомп'ютерів, виконана в рамках реалізації проекту EuroHPC [https://eurohpc-ju.europa.eu/index_en].

Жодна європейська країна не має такого потенціалу самостійної розробки суперкомп'ютерних ресурсів світового рівня. Співпраця, обмін знаннями та об'єднання ресурсів на європейському рівні є важливими, тому EuroHPC JU об'єднує ресурси й досвід 31 європейської країни та партнерів для створення найсучаснішої європейської супер комп'ютерної екосистеми.

Зараз п'ять суперкомп'ютерів EuroHPC JU працюють у Болгарії, Чехії, Фінляндії, Люксембурзі та Словенії [<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/fcbe3b95-c9bd-11ec-b6f4-01aa75ed71a1>]. В Італії, Португалії та Іспанії триває будівництво ще трьох суперкомп'ютерів, а найближчим часом заплановано створення нових систем. Інвестиції, здійснені Спільним підприємством, мають вирішальне значення для розвитку супер комп'ютерної екосистеми світового рівня в Європі, яка підвищує європейську конкурентоспроможність та інновації.

Дослідники з академічних кіл, дослідницьких інститутів, органів державної влади та промисловості країн-членів ЄС та країн, які беруть участь у програмі Horizon 2020, можуть подати заявки та отримати доступ до суперкомп'ютерів EuroHPC. З липня 2015 року Україна є асоційованим членом програми «Горизонт 2020» (Horizon 2020), тож має можливість користуватися тими ж привілеями, що й країни ЄС.

Проте забезпечити доступ до ресурсів проекту EuroHPC може Академія наук України подавши відповідний запит згідно з умовами проекту.

Така переорієнтація користувачів на активне використання доступних ресурсів EOSC та других проєктів дозволить забезпечити безперервність наукових робіт в Україні. Для успішної реалізації цього необхідно сконцентрувати зусилля на інформаційній підтримці користувачів, а саме:

- залучення дослідницьких спільнот для розширення їх участі в EOSC за допомогою проведення конференцій, участі у вебінарах та конференціях, що проводяться EOSC, а також національних та регіональних тристоронніх заходів.
- Заохочування використання об'єднаної інфраструктури відкритої існуючої науки, яку підтримує EOSC, ділячися досвідом ефективного використання цієї інфраструктури для проведення досліджень, і вказуючи відповідні ресурси та послуги під час взаємодії з дослідниками.

Для інформування науковців необхідно забезпечити участь у **I-й Міжнародній конференції «Відкрита наука та інновації в Україні 2022»**, яка відбудеться **27-28 жовтня 2022 року** й присвячена Міжнародному Тижню Відкритого доступу [35].

Розбудова академічної хмарної інфраструктури дозволить поступово розширювати ступінь інтеграції до національного та міжнародного рівня, підвищуючи забезпеченість наукових досліджень ресурсами, та ефективно їх використовувати.

Література

1. Open innovation, open science, open to the world - a vision for Europe. <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/open-innovation-open-science-open-world-vision-europe>
2. D3.1: Policy Landscape Review. <https://eoscpilot.eu/sites/default/files/eoscpilot-d3.1.pdf>
3. Проєкт рекомендації по открытой науке - Генеральная конференция ЮНЕСКО 8 сентября 2021 г / https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000378841_rus
4. M. Wilkinson, M. Dumontier, I. Aalbersberg et al., The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship, Scientific Data volume 3, Article number: 160018 (2016)
5. The EOSC Secretariat. <https://www.eoscsecretariat.eu/>
6. С.Я. Свистунов, П.І. Перконос, С.В. Субботін, Є.М.Твердохліб – На шляху до створення Української національної хмари відкритої науки- ISSN 1727-4907. Проблеми програмування. 2021. No 3 , с.27-39 ,DOI: <https://doi.org/10.15407/pp2021.03.027>
7. <https://eosc.eu/news/wrap-eosc-association-general-assembly4>
8. EOSC Multi-Annual Roadmap 2023-2024 – https://eosc.eu/sites/default/files/2022-05/20220523_MAR_02_GL.pdf
9. DRAFT RECOMMENDATION ON OPEN SCIENCE – General Conference UNESCO 8 September 2021 г - <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000378841>
10. Second French Plan for Open Science -Generalising open science in France 2021-2024 / <https://www.ouvrirelscience.fr/second-national-plan-for-open-science/>
11. National Plan Open Scienc – https://www.openscience.nl/files/openscience/2019-02/nationalplanopenscience_en.pdf
12. <https://www.etag.ee/wp-content/uploads/2017/03/Open-Science-in-Estonia-Principles-and-Recommendations-final.pdf>
13. Дорожня карта інтеграції України до Європейського дослідницького простору (ERA-UA) -<https://mon.gov.ua/storage/app/media/kolegiya-ministerstva/2018/05/1-dorozhnya-karta-integratsii-ukraini-do-evro.pdf>
14. <https://mon.gov.ua/ua/npa/pro-zatverdzhennya-dorozhnoyi-karti-z-integraciyi-naukovo-innovacijnoyi-sistemi-ukrayini-do-evropejskogo-doslidnickogo-prostoru>
15. Європейський дослідницький простір та Україна: проблеми і перспективи інтеграції / С.В. Іванов, В.П. Антонюк // Економічний вісник Донбасу. — 2020. — № 3 (61). — С. 166-176. DOI: 10.12958/1817-3772-2020-3(61)-166-176
16. Проєкт концепції розвитку українських дослідницьких інфраструктур, заснованих на технології комунікацій. <https://mon.gov.ua/ua/news/stvoreno-proekt-konceptsiyi-rozvitku-ukrayinskih-doslidnickih-infrastruktur-zasnovanih-na-tehnologiyi-komunikacij>
17. КОНЦЕПЦІЯ Державної цільової програми розвитку дослідницьких інфраструктур в Україні на період до 2026 року - <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/322-2021-%D1%80#Text>
18. - Проєкт Закону України «Про внесення змін до Закону України “Про наукову і науково-технічну діяльність”» - <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/848-19#Text>
19. <https://mon.gov.ua/ua/news/mon-proponuye-udoskonaliti-pravovi-normi-shodo-doslidnickoyi-infrastrukturi-ta-nadannya-derzhavnoyi-pidtrimki-molodim-vchenim>
20. «Про затвердження Положення про набори даних, які підлягають оприлюдненню у формі відкритих даних» - <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/835-2015-%D0%BF#Text>
21. Budapest Open Access Initiative. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.budapestopenaccessinitiative.org/>.
22. Plan S. Making full and immediate Open Access a reality [Електронний ресурс]. URL: <https://www.coalition-s.org/>.
23. Національний репозитарій академічних текстів: відкритий доступ до наукової інформації : монографія / О. С. Чмир, Т. К. Кваша, Т. О. Ярошенко та ін. – К. : ДНУ «УкрІНТЕІ», 2017. – 200 с. - http://www.uin-tei.kiev.ua/sites/default/files/repozitarij_2017.pdf
24. http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&S21CNR=20&Z21ID
25. <http://journals.uran.ua>
26. <http://dspace.nbuv.gov.ua/>
27. <https://nrat.ukrintei.ua/>
28. Постанова Кабінету Міністрів України від 19.07.2017 №541 «Положення про Національний репозитарій академічних текстів» <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/541-2017-%D0%BF#Text>
29. Наказ МОН про утворення робочої групи із розроблення Національного плану щодо відкритої науки - <https://mon.gov.ua/storage/app/media/gromadske-obgovorennya/2022/03/11/NO.projekt.planu.zakhodiv.do.rozp.KMU-Pro.zatv.nats.planu.zakhodiv.shchodo.vidkr.nauky-2030.11.03.2022.pdf>
30. <https://mon.gov.ua/ua/news/mon-proponuye-do-gromadskogo-obgovorennya-projekt-rozporyadzhennya-kabinetu-ministriv-ukrayini-pro-zatverdzhennya-nacionalnogo-planu-zahodiv-shodo-vprovadzhennya-principiv-vidkritoyi-nauki-do-2030-roku>
31. КОНЦЕПЦІЯ формування Національної хмари відкритої науки, що інтегрована до Європейської хмари відкритої науки на 2018—2020 роки. Проєкт
32. Академічна мережа обміну даними. <http://www1.nas.gov.ua/infrastructures/amod/Pages/about.aspx>
33. EGI: advanced computing for research. <https://www.egi.eu/about/>
34. EnolFernández-del-Castillo, DiegoScardaci, Álvaro LópezGarcía · The EGI Federated Cloud e-Infrastructure - DOI:10.1016/j.procs.2015.09.235
35. <https://dntb.gov.ua/news>

References

1. Open innovation, open science, open to the world - a vision for Europe. <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/open-innovation-open-science-open-world-vision-europe>
2. D3.1: Policy Landscape Review. <https://eoscpilot.eu/sites/default/files/eoscpilot-d3.1.pdf>
3. Draft recommendation on open science - UNESCO General Conference September 8, 2021 / https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000378841_rus
4. M. Wilkinson, M. Dumontier, I. Aalbersberg et al., The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship, Scientific Data volume 3, Article number: 160018 (2016)
5. The EOSC Secretariat. <https://www.eoscsecretariat.eu/>
6. S.Ya. Svystunov, P.I. Perkonos, S.V. Subbotin, E.M. Tverdokhlib - On the way to the creation of the Ukrainian national cloud of open science - ISSN 1727-4907. Programming problems. 2021. No. 3, c.27-39, DOI: <https://doi.org/10.15407/pp2021.03.027>
7. <https://eosc.eu/news/wrap-eosc-association-general-assembly4>
8. EOSC Multi-Annual Roadmap 2023-2024 - https://eosc.eu/sites/default/files/2022-05/20220523_MAR_02_GL.pdf
9. DRAFT RECOMMENDATION ON OPEN SCIENCE - General Conference UNESCO September 8, 2021 - <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000378841>
10. Second French Plan for Open Science -Generalising open science in France 2021-2024 / <https://www.ouvri.la-science.fr/second-national-plan-for-open-science/>
11. National Plan Open Science - https://www.openscience.nl/files/openscience/2019-02/nationalplanopenscience_en.pdf
12. <https://www.etag.ee/wp-content/uploads/2017/03/Open-Science-in-Estonia-Principles-and-Recommendations-final.pdf>
13. Road map of Ukraine's integration into the European Research Area (ERA-UA) -<https://mon.gov.ua/storage/app/media/kolegiya-ministerstva/2018/05/1-dorozhnyia-karta-integratsii-ukraini-do-evro.pdf>
14. <https://mon.gov.ua/ua/npa/pro-zatverdzhennya-dorozhnoyi-karti-z-integratsiyi-naukovo-innovatsionoyi-sistemi-ukrayini-do-yevropejskogo-doslidnickogo-prostoru>
15. European research space and Ukraine: problems and prospects of integration / S.V. Ivanov, V.P. Antonyuk // Economic Bulletin of Donbass. — 2020. — No. 3 (61). — P. 166-176. DOI: 10.12958/1817-3772-2020-3(61)-166-176
16. Concept project for the development of Ukrainian research infrastructures based on communications technology. <https://mon.gov.ua/ua/news/stvoreno-proekt-koncepciyi-rozvitku-ukrayinskih-doslidnickih-infrastruktury-zasnovanih-na-tehnologiyi-komunikacij>
17. CONCEPT of the State target program for the development of research infrastructures in Ukraine for the period until 2026 - <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/322-2021-%D1%80#Text>
18. Draft Law of Ukraine «On Amendments to the Law of Ukraine «On Scientific and Scientific-Technical Activities»» - <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/848-19#Text>
19. <https://mon.gov.ua/ua/news/mon-proponuye-udoskonaliti-pravovi-normi-shodo-doslidnickoyi-infrastruktury-ta-nadannya-derzhavnoyi-pidtrimki-molodim-vchenim>
20. «On approval of the Regulation on data sets to be made public in the form of open data» - <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/835-2015-%D0%BF#Text>
21. Budapest Open Access Initiative. [Electronic resource]. URL: <https://www.budapestopenaccessinitiative.org/>.
22. Plan S. Making full and immediate Open Access a reality [Electronic resource]. URL: <https://www.coalition-s.org/>.
23. National repository of academic texts: open access to scientific information: monograph / O. S. Chmyr, T. K. Kvasha, T. O. Yaroshenko and others. - K.: DNU «UkrINTEI», 2017. - 200 p. - http://www.uin-tei.kiev.ua/sites/default/files/repozitariy_2017.pdf
24. http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&S21CNR=20&Z21ID
25. <http://journals.urau.ua>
26. <http://dspace.nbuv.gov.ua/>
27. <https://nrat.ukrintei.ua/>
28. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated 19.07.2017 No. 541 «Regulations on the National Repository of Academic Texts» <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/541-2017-%D0%BF#Text>
29. Order of the Ministry of Education and Culture on the formation of a working group for the development of the National Plan for Open Science - <https://mon.gov.ua/storage/app/media/gromadske-obgovorennya/2022/03/11/HO.projekt.planu.zakhodiv.do.rozp.KMU-Pro.zatv.nats.planu.zakhodiv.shchodo.vidkr.nauky-2030.11.03.2022.pdf>
30. <https://mon.gov.ua/ua/news/mon-proponuye-do-gromadskogo-obgovorennya-projekt-rozporyadzhennya-kabinetu-ministriv-ukrayini-pro-zatverdzhennya-natsionalnogo-planu-zahodiv-shodo-vprovadzhennya-principiv-vidkritoyi-nauki-do-2030-roku>
31. CONCEPT of forming the National Open Science Cloud integrated into the European Open Science Cloud for 2018-2020. Project
32. Academic data exchange network. <http://www1.nas.gov.ua/infrastructures/amod/Pages/about.aspx>
33. EGI: advanced computing for research. <https://www.egi.eu/about/>
34. EnolFernández-del-Castillo, DiegoScardaci, Álvaro LópezGarcía - The EGI Federated Cloud e-Infrastructure - DOI:10.1016/j.procs.2015.09.235
35. <https://dntb.gov.ua/news>

Одержано 11.08.2022

Про авторів:

Свістунов Сергій Якович,
кандидат технічних наук, завідувач відділу,
e-mail: svistunov@bitp.kiev.ua,
Кількість публікацій – 77,
ORCID ID 0000-0001-6502-4634.

Перконос Петро Іванович,
науковий співробітник,
e-mail: Perkonos@nas.gov.ua,
Кількість публікацій – 27,
ORCID ID 0000-0002-5958-0260

Суботін Сергій Васильович,
науковий співробітник,
e-mail: subbotin@protoka.kiev.ua,
Кількість публікацій – 16,
ORCID ID 0000-0002-5958-0259

Твердохліб Євген Миколайович,
кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник,
e-mail: Eugene@nas.gov.ua,
Кількість публікацій – 20,
ORCID orcid.org/0000-0001-6594-5468

Резніченко Валерій Анатолійович,
кандидат фізико-математичних наук,
провідний науковий співробітник
E-mail: reznichenko.valery47@gmail.com,
Кількість публікацій – 67, індекс Хірша 12,
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4451-8931>.

Місце роботи авторів:

Інститут теоретичної фізики
ім. М.М. Боголюбова НАН України,
03143, м. Київ вул. Метрологічна, 14-б,
Тел.: +38(044) 521-34-94, E-mail: svistunov@bitp.kiev.ua

Інститут програмних систем НАН України
03680, Київ, проспект Академіка Глушкова, 40,
корп. 5, тел. +38(044) 526 6408,
e-mail: Perkonos@nas.gov.ua

Прізвища та ініціали авторів і назва доповіді українською мовою: Свістунів С.Я.,
Перконос П.І., Резніченко В.А., Суботін С.В., Твердохліб Є.М.
Особливості формування інфраструктури відкритої науки в Україні

Прізвища та ініціали авторів і назва доповіді англійською мовою: Svistunov S.Ya.,
Perkonos P.I., Reznichenko V.A., Subotin S.V., Tverdokhlib E.M.
Peculiarity of the organization of the infrastructure of open science in Ukraine

Відповідальний виконавець для роботи з редактором при підготовці статті до друку:

Перконос Петро Іванович, e-mail: Peter@protoka.kiev.ua,
тел. (+38) 050 310 9028