

С.Я. Свистунов, П.І. Перконос, С.В. Субботін, Є.М. Твердохліб

НА ШЛЯХУ ДО СТВОРЕННЯ УКРАЇНСЬКОЇ НАЦІОНАЛЬНОЇ ХМАРИ ВІДКРИТОЇ НАУКИ

Наведені основні результати створення в Національній Академії наук України прототипу Національної хмари відкритої науки, інтегрованої до European Open Science Cloud.

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

Вступ

Сучасні наукові дослідження потребують величезних витрат та значних інформаційних ресурсів для реєстрації даних у процесі проведення експериментів, кількісного моделювання процесів, обробки накопичених даних. Тому найчастіше для виконання поточних наукових проектів установам не вистачає власних обчислювальних потужностей.

З іншого боку, специфіка процесу наукових досліджень та пошуковий характер наукової діяльності обумовлює нерівномірність завантаження обчислювальних ресурсів наукових установ і обчислювальних потужностей, які були задіяні для виконання проекту, а після його закінчення простоюють. Проблему нестачі ресурсів для виконання проекту можна вирішити за рахунок використання тимчасово вільних ресурсів в інших наукових установах. Однак пошук обчислювальних ресурсів дата центрів та встановлення договірних відносин є суттєвою організаційною проблемою, а використання таких ресурсів пов'язане з технічними проблемами розгортання та налаштування робочого середовища проекту в дата-центрі.

Хмарні технології за рахунок віртуалізації забезпечують динамічний перерозподіл та ізоляцію фізичних обчислювальних ресурсів та використання їх як окремих одиниць з віддаленим доступом через Інтернет і таким чином спрощують технічні аспекти виділення вільних обчислювальних ресурсів дата-центрів в тимчасове користування іншим науковим установам, які їх потребують.

Організаційні проблеми пошуку вільних ресурсів серед наявних дата цен-

трів та отримання їх в тимчасове користування можуть бути вирішені за рахунок об'єднання в єдину інфраструктуру, в якій відстежуються усі її наявні фізичні ресурси та їх завантаження, а також налагоджені механізми взаємовідносин між власниками дата-центрів та їхніми користувачами у відповідності з домовленостями на загальних принципах та згідно діючого законодавства.

Ще одним підходом до вирішення проблеми нестачі ресурсів для виконання проекту є співпраця наукових колективів, працюючих над спільною науковою проблемою, а також повторне використання результатів досліджень навіть в інших галузях, які 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 повинні бути доступні широкому колу науковців, тобто опубліковані в загальнодоступних репозиторіях.

1. Європейська хмара відкритої науки

Парадигма відкритих даних, відома як «будапештська ініціатива» [1], розвинута в декларації Європейської хмари відкритої науки (European Open Science Cloud - EOSC), яка поширює їх не тільки на публікації, а й на будь-які наукові дані та наукове співробітництво на базі використання хмарних технологій, а також передбачає практичні кроки розбудови спільної інфраструктури для колективного доступу до

інформаційних наукових ресурсів в Європі і в світі.

Відкрита наука є політичним пріоритетом Європейської комісії з 2016 року [2], і являє собою новий підхід до наукового процесу на основі нових способів поширення знань з 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, щойно вони стають доступними, з використанням цифрових технологій [3]. Для подальшої реалізації парадигми відкритої науки була створена консультативна група з представників дослідницького співтовариства, яка отримала назву - Європейська платформа політики відкритої науки (European Open Science Policy Platform) [4].

Для розвитку і поширення політики відкритої науки в Європі Європейська Комісія запропонувала створити Європейську хмару відкритої науки (European Open Science Cloud - EOSC). EOSC по суті є об'єднанням існуючих дослідницьких інфраструктур, репозиторіїв даних і пов'язаних з ними сервісів для підтримки наукових досліджень, роблячи дані досліджень сумісними і доступними відповідно принципами FAIR [5]. Ця мережа сховищ даних дозволяє дослідникам знаходити, використовувати і комбінувати пов'язані набори даних, забезпечуючи основу для створення нових інструментів з обробки даних, зокрема, на основі штучного інтелекту. Відкритість даних в EOSC дотримується принципу «якомога 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.

Розвиток EOSC за останні п'ять років можна розбити на кілька етапів: початковий етап, перехідний період та період формування структури EOSC асоціації.

Основне завдання початкового етапу створення EOSC (з 2017 по 2019 рік) - це

формування архітектури, визначення основних вимог до сервісів і дослідницьких інфраструктур, які склали основу EOSC і формування команди виконавців, котрі беруть участь у проєкті. На цьому етапі Європейська комісія інвестувала близько 320 мільйонів євро для фінансування проєктів в рамках програми Horizon 2020 для побудови основ EOSC. Ці інвестиції були спрямовані на розробку нового загальноєвропейського механізму доступу до існуючих електронних і дослідницьких інфраструктур, на координацію національних ініціатив і національних проєктів з метою підключення європейських дослідницьких інфраструктур до EOSC, на створення і впровадження принципів FAIR, а також для впровадження системи сертифікації FAIR даних. Для координації робіт були створені дві експертні групи, які представили рекомендації щодо архітектури EOSC [6], плану реалізації EOSC [7], а також рекомендації щодо впровадження принципів FAIR [8].

На початковому етапі було реалізовано понад 35 проєктів, які заклали основи архітектури побудови EOSC і продемонстрували різноманітність підходів і складність практичної реалізації. У проєкті EOSCpilot була запропонована структура і політика управління EOSC, а також розглянуті підходи до сумісності існуючих дослідницьких інфраструктур для різних наукових галузей [9]. Проєкт EOSC-hub об'єднав постачальників сервісів для створення єдиної точки входу для пошуку, доступу та використання широкого спектру обчислювальних і інформаційних ресурсів [10]. П'ять кластерних проєктів орієнтувалися на об'єднання дослідницьких інфраструктур в EOSC по різних наукових галузях, а саме: науки про навколишнє середовище ENVRI-FAIR [11], науки про життя EOSC-Life [12], астрономія і фізика елементарних частинок ESCAPE [13], дослідження фотонних і нейтронних пучків PaNOSC [14], соціальні та гуманітарні науки SSHOC [15]. П'ять регіональних проєктів були спрямовані на координацію зусиль національних проєктів із підтримки EOSC для європейських країн EOSC-Nordic [16], EOSC-

Pillar [17], EOSC-Synergy [18], ExPaNDS [19] і NI4OS-Europe [20]. Нарешті, в проєкті HNSciCloud була створена гібридна хмарна платформа для підтримки високопродуктивних обчислень і обробки великих обсягів даних з використанням ресурсів комерційних провайдерів HNSciCloud [21], ARCHIVER [22] і OCRE [23].

Початковий етап створення EOSC був пов'язаний з програмою фінансування Horizon-2020, яка закінчилася в грудні 2020 року. 2018 році була опублікована дорожня карта реалізації EOSC, в якій представлена стратегія і шість основних напрямків реалізації: архітектура, дані, сервіси, політика доступу, інтерфейси, а також модель управління EOSC [24]. Ця дорожня карта не тільки охоплює перший етап реалізації EOSC (2018-2020 роки), але також визначала напрямки розвитку на другому етапі реалізації EOSC в рамках нової програми фінансування Horizon Europe на 2021-2027 роки. Дорожня карта передбачає створення пан'європейської федерації дослідницьких інфраструктур, об'єднаних навколо федеративного ядра, що забезпечує доступ до широкого спектру сервісів, які надаються на національному, регіональному та інституційному рівнях.

Із метою об'єднання розробників, провайдерів сервісів і користувачів та для забезпечення плавного переходу від першого до другого етапу впровадження EOSC була розроблена трирівнева структура управління, яка успішно працювала в 2019-2020 роках [25]. Основним елементом управління стала Виконавча рада EOSC (EOSC Executive Board), що складалася з восьми членів, які представляли найбільші дослідницькі інфраструктури, і трьох незалежних експертів. Основними завданнями Виконавчої ради було надання консультацій та підтримка стратегії розвитку, реалізації, моніторингу і звітності в EOSC [26]. Керуюча рада EOSC (EOSC Governance Board), що складалася з представників держав-членів ЄС та асоційованих членів ЄС, забезпечила контроль і підтримку діяльності Виконавчої ради [27]. Форум учасників проєкту (EOSC Stakeholder Forum), що складався з представників організацій учасників, пред-

ставників проєктів, забезпечував широке обговорення процесу реалізації EOSC [28]. Структура управління EOSC підтримувалася в проєкті EOSCsecretariat.eu, який не тільки виконує функції секретаріату, а й забезпечує організацію заходів і збір пропозицій від спільноти щодо спільної розробки та реалізації EOSC [29].

У ході своєї роботи Виконавча рада визначила пріоритетні галузі наукових досліджень, які мають тематичні дослідні інфраструктури для включення їх в EOSC. Вона також створила шість робочих груп, що складаються з експертів учасників проєктів, які виконувалися на початковому етапі реалізації EOSC, і представників організацій, зацікавлених у використанні сервісів EOSC [30]. Можна відзначити кілька, на наш погляд, провідних робочих груп. Група WG Architecture визначала технічні вимоги до дослідницьких інфраструктур, які необхідні для включення і спільного функціонування федерації EOSC, включаючи інтерфейси прикладного програмування (API), інфраструктуру автентифікації і авторизації (AAI) [31]. Група WG FAIR сконцентрувала зусилля на визначенні вимог для розробки, оцінки і сертифікації сервісів EOSC з метою забезпечення міждисциплінарної сумісності через FAIR [32]. Група WG Landscape проводила аналіз готовності наявних дослідницьких інфраструктур в Європі, які можуть бути підключені до EOSC [33].

Основні цілі Виконавчої ради та робочих груп були визначені в документі Стратегічний план реалізації (SIP) [34], а також у плані роботи на 2019-2020 роки [35]. Завершальним результатом роботи Виконавчої ради була розробка рекомендацій щодо механізмів та можливих форм управління на другому етапі реалізації EOSC в 2021-2027 роках.

На основі цих рекомендацій 29 липня 2020 року в Бельгії була створена EOSC Асоціація як некомерційна міжнародна асоціація (AISBL). 21 жовтня 2020 року було проведено EOSC Symposium, на якому були представлені проєкти основних документів EOSC, зокрема, EOSC Association Statutes. 17 грудня 2020 року було проведено перше Засідання Генеральної Асамблеї

EOSC (EOSC General Assembly), на якому визначено її склад. EOSC Association наразі об'єднує 142 члени, з них: 21 учасник із дійсним мандатом від країни (Україна входить в це число) і 49 учасників у статусі спостерігача. Учасниками EOSC Association є провідні Європейські наукові організації, ресурсні центри, провайдери грид та хмарних сервісів, які беруть активну участь в 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 [29].

Окремо слід відзначити результати, отримані в проєкті EOSC-hub, де представлено еталонну технічну архітектуру для EOSC, покликану полегшити доступ до сервісів, забезпечити технічні та організаційні умови для інтеграції і створення сервісів, а також для їх ефективного використання в наукових дослідженнях. Хоча формально основним завданням проєкту EOSC-hub було проєктування, розробка і підтримка функціонування порталу EOSC [36], пілотна версія якого була введена в експлуатацію в листопаді 2018 року, в проєкті була забезпечена розробка та підтримка допоміжних компонентів порталу, таких як веб-сайт з його інформаційними розділами, інфраструктура автентифікації і авторизації (AAI), проксі-сервер, сумісний з архітектурою AARC Blueprint на основі технології EGI Check-in, єдиний каталог сервісів EOSC. На сьогодні каталог сервісів EOSC налічує близько 250 сервісів для дослідників, що працюють в різних галузях науки. У порталі EOSC-hub інтегровані додаткові інструменти для поліпшення взаємодії з користувачем і розширення його функціональних можливостей: служба підтримки користувачів, система моніторингу, а також система обліку використання ресурсів.

У проєкті EOSC-hub були визначені принципи взаємодії та інтеграції нових сервісів і розроблені технічні вимоги, яким повинні задовольняти нові сервіси, які будуть інтегровані в портал. Ці вимоги ґрунтуються на інтерфейсах, які задокументовані і добре зарекомендували себе у використанні та інтеграції, та засновані на стандартах або API-інтерфейсах, що по-

легшують використання сервісів EOSC для спільнот користувачів.

Поряд із цим, у проєкті була проведена велика робота з інтеграції понад 30 тематичних сервісів великих дослідницьких спільнот як от: CLARIN, CMS/DODAS, ECAS/ENES, GEOSS, OPENCoastS, WeNMR, EO Pillar, DARIAH, LifeWatch. І тепер вони доступні європейським дослідникам через портал EOSC. В цілому ці тематичні сервіси успішно завершили 40 сценаріїв використання технічної інтеграції з 19 різними сервісами з портфеля послуг електронних інфраструктур EGI, EUDAT і INDIGO.

Крім того, в рамках проєкту було створено та забезпечено ефективну роботу 8 центрів компетенції для використання і спільної розробки сервісів для наступних дослідницьких спільнот: ELIXIR, Fusion (ITER), Argo, SeaDataNet, EISCAT_3D, EPOS-ORFEUS, LOFAR спільноти SKA, ICOS, eLTER і Disaster Mitigation.

Із впевненістю можна констатувати, що проєкт EOSC-hub представив прототип Європейського хмари відкритої науки і є хорошим прикладом для національних наукових співтовариств із розробки та впровадження національних стратегій хмари відкритої науки і дорожньої карти її реалізації.

2. Національна стратегія побудови хмари відкритої науки

Якщо притримуватися тверджень, 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 - учасниць проєкту і забезпечена їхня спільна робота. Іншими словами, Європейська хмара відкритої науки - це не щось нове, що потрібно створити, а це спільне використання за новими правилами вже існуючих е-інфраструктур та дослідницьких інфраструктур.

Згідно проєкту Концепції розвитку українських е-інфраструктур в Україні існують такі е-інфраструктури [37]:

• е-інфраструктури, які призначені для проведення розподілених обчислень, зо-

крема Національна цифрова інфраструктура, призначена для розподілених обчислень: Український Національний Грід (УНГ);

- е-інфраструктури, які призначені для забезпечення комунікації та мережевого зв'язку, зокрема Українська академічна мережа обміну даних (АМОД), Українська науково-освітня телекомунікаційна мережа (УРАН) та Українська академічна і дослідницька мережа ІФКС НАН України (УарНЕТ), призначені для забезпечення комунікації та мережевого зв'язку;

- е-інфраструктури, які призначені для накопичення, зберігання, систематизації та надання доступу до наукових даних, зокрема Національний репозиторій академічних текстів (НРАТ), призначений для накопичення, зберігання, систематизації та надання доступу до наукових даних.

Основним завданням е-інфраструктур є отримання, зберігання, обмін, управління та інтеграція наукових даних, їх глибинний аналіз, візуалізація, послуги обчислення та комунікації, а також інші послуги обробки інформації, які надаються через мережу Інтернет, не обмежуючись рамками однієї інституції.

Національна академія наук України має усі компоненти цієї архітектури, необхідні для формування єдиного відомчого інформаційного простору, який може стати основою Національної хмари відкритої науки [38], інтегрованою з EOSC.

Це і високошвидкісна Академічна Мережа Обміну Даних АМОД [39], яка може слугувати як комунікаційна основа, до якої приєднані майже всі установи НАН України, і має вихід в Європейську мережу GEANT.

Це грід-кластери НАН України [40], які можуть бути основою обчислювального ресурсу такої інфраструктури. З 2007 року по 2013 роки за цільової державної науково-технічної програми «Грід - інфраструктура та її використання», а з 2014 року по сьогодні за Програмою інформатизації Національної Академії наук України побудовано та функціонує Український національний Грід, який з 2012 року був інтегрований до Європейської Грід - інфраструктури на технічному рівні, а з 2020 року став асоційованим членом EGI.

Як показала практика формування EOSC [41], грід-кластери можуть бути природно адаптовані для використання як хмарного дата - центру шляхом встановлення відповідного проміжного програмного забезпечення [42]. Низка дата - центрів, а саме: Інститут теоретичної фізики ім.М.М.Боголюбова НАН України (ІТФ), Інститут програмних систем НАН України (ІПС), Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України (ІК), Національний науковий центр Харківський фізико - технічний інститут НАН України (ХФТІ) вже мають досвід використання хмарного забезпечення інтегрованою до Європейських інфраструктур. Окрім того дата - центри ІТФ, ХФТІ вже підключені до Європейської федеративної хмарної інфраструктури EGI [41], яка є складовою частиною EOSC.

В Україні підтримується Наукова електронна бібліотека періодичних видань НАН України (NASPLIB) [43], що об'єднує близько 500 видань. Вона є бібліотекою відкритого доступу і передбачає безкоштовний доступ читачів до наукової інформації в Інтернеті з правом проводити пошук, читати, завантажувати, копіювати, розповсюджувати, посилатися на повнотекстові статті, тощо. Тобто використовувати її законно, без фінансових, юридичних і технічних перешкод, що відповідає Будапештській Ініціативі Відкритого Доступу. До NASPLIB підключені міжнародні наукометричні та бібліометричні сайти, які надають статистичну інформацію з використання статей та журналів.

NASPLIB присутня у багатьох міжнародних реєстрах [44], зокрема: Registry of Open Access Repositories, OpenDOAR, Bielefeld University Library, інформаційний ресурс EOSC – OpenAire, Core та інших, що забезпечує взаємодію з ними та автоматичний глобальний доступ до публікацій, зареєстрованих в цих репозиторіях з використанням механізмів харвестінгу.

Однак, незважаючи на існування в НАН України системи колективного використання цінного наукового обладнання, дані, що отримуються в цих центрах, закриті і не мають цифрового формату, який дозволяє використовувати їх повторно.

Участь НАН України в процесі побудови Національної хмари відкритої науки 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, що вказані в тексті Дорожньої карти 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).

Основними напрямками гармонізації наукових ініціатив України з Європейським дослідницьким та інноваційним простором має бути:

- розбудова інтероперабельних цифрових інфраструктур для потреб закладів освіти та науки, підключення до освітньої мережі GEANT та системи розподілених обчислень, збору, зберігання та обробки даних європейської грид-інфраструктури;

- відкриття доступу до даних та публікацій, здійснених за рахунок державного фінансування.

Виходячи з вищезазначеного та з огляду на Європейський досвід побудови EOSC архітектурний устрій спільного інформаційного середовища для наукових досліджень (єдиний науковий інформаційний простір - ЄНІП) має враховувати наступні положення.

Інтеграційне середовище повинно мати комунікаційну основу, з допомогою якої здійснюється інформаційна взаємодія та переміщення даних у процесі опрацювання, з використанням узгоджених протоколів передачі даних.

Забезпечення гнучкого динамічного перерозподілу ресурсів для проведення наукових досліджень у разі необхідності потребує інтеграції технічних ресурсів окремих наукових установ та спільнот в єдиний пул – хмару загального користування.

Забезпечення накопичення та спільного використання даних передбачає розміщення та зберігання їх у загальнодоступних репозиторіях, що мають засоби зберігання, пошуку та отримання даних у всьому інформаційному просторі.

Забезпечення спільного використання напрацьованих методів та інструментів для обробки накопичених даних передбачає розміщення в єдиному просторі на FAIR-принципах сервісів, що втілюють ці принципи.

Враховуючи досвід побудови EOSC, в Україні розбудову Національної хмари відкритої науки (НХВН) доцільно розпочати, базуючись на існуючій грид-інфраструктурі, яка побудована за моделлю EGI. Першим етапом розбудови кореневої інфраструктури майбутньої НХВН може стати створення об'єднаної хмари УНГ, що сертифікована в об'єднаній хмарі EGI. Для формування об'єднаної хмари УНГ необхідно оновити комп'ютерне обладнання ресурсних грид-центрів, що сертифіковані в EGI для надання грид-сервісів.

Об'єднання Академічною мережею обміну даними (АМОД-УарНет) сертифікованих хмар, що функціонують на цих ресурсах з гарантованим пулом ресурсів загального користування, дозволить узгодити системи управління, стандарти та сервіси зі стандартами Європейської хмари відкритої науки, зокрема, проектом EOSC-Hub.

На другому етапі необхідно забезпечити інтероперабельність інфраструктури зі зрілими сервісами від цифрових бібліотек, архівів, медичних, екологічних та інших інформаційних систем і репозиторіїв, банків даних центрів колективного використання обладнання.

На шляху до створення національної хмари відкритої науки має відбутись розробка та впровадження порталу доступу до хмарним ресурсів і сервісів за аналогією з європейським порталом, розробленим в проекті EOSC-Hub.

3. Портал доступу до хмарної інфраструктури НАН України

Формування Національної хмарної інфраструктури пропонується виконувати шляхом добровільного надання ресурсів хмарними провайдерами Національної академії наук України. Станом на грудень 2020 року в Україні існує чотири інсталяції хмарних кластерів (рис. 1) під керуванням програмної системи OpenStack [42].

Cloud infrastructure of Ukraine

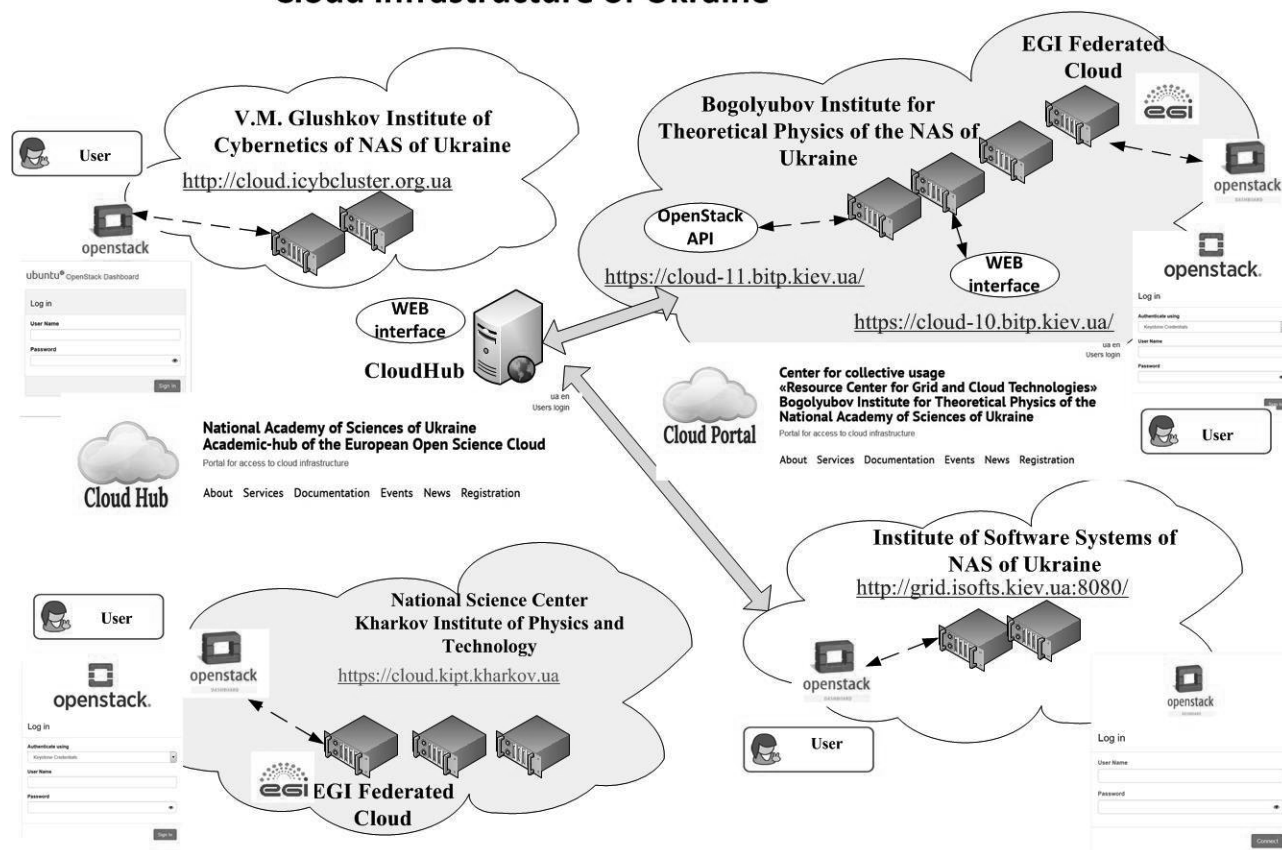


Рис.1. Хмарна інфраструктура НАН України

Два хмарних кластери ІТФ і ХФТІ, які сертифіковані і входять до складу EGI Federal Cloud, і хмарні кластери ІК і ІПС меншої обчислювальної потужності і обслуговують локальні проекти наукової спільноти інститутів.

Для тестування та практичної реалізації бізнес-процесів ресурсного забезпечення наукових проєктів два хмарні кластери ІТФ та ІПС були об'єднані порталом CloudHub для реалізації єдиної точки доступу до ресурсів. Обидва хмарні кластери були зареєстровані в порталі як складові хмарної інфраструктури із зазначенням виділених у розпорядження порталу обсягів ресурсів та адрес програмних сервісів їх хмарного програмного забезпечення.

Реєстрація хмарних ресурсних центрів виконується за межами порталу згідно бізнес-процесу, який складається з наступних кроків:

1. Адміністратор ресурсного центру надає заяву адміністратору порталу про реєстрацію дата центру за власною ініціативою

або як відповідь на запит від адміністратора порталу.

2. Для реєстрації ресурсного центру в порталі адміністратор ресурсного центру надає наступні дані: назву ресурсного центру, параметри доступу, контактні дані адміністратора, обсяги ресурсів (віртуальні сервери, дискові накопичувачі тощо), які виділяються в загальне користування.

Отримання ресурсів для виконання проєкту здійснюється шляхом подання через портал заявок на ресурсне забезпечення, реєстрації проєкту і його користувачів у порталі. Для виконання проєкту виділяються наявні вільні ресурси дата центрів в рамках замовлених обсягів в заявці.

На даний час портал Cloud HUB забезпечує таку функціональність:

- підтримка реєстру дата центрів та облік виділених квот у спільне користування в дата центрах;
- підтримка реєстру наукових установ та користувачів і регламентований доступ до виконання процедур ресурсного забезпечення наукових проєктів в ЄНП;

- прийом від наукових установ заявок на відкриття проектів та узгодження обсягів ресурсів в ЄНІП для виконання проекту;

- прийом та виконання заявок на отримання ресурсів в ЄНІП на основі моніторингу квот та фактично задіяних ресурсів в дата центрах в активних наукових проєктах в реляційній базі даних порталу (рис.2).

- надання виконавцям через WEB інтерфейс інформації про виділені проєкту віртуальні машини та реквізити доступу до них.

У порталі CloudHub користувач отримує власний робочий кабінет (рис.3), який виконує функції робочого середовища та надає веб-інтерфейс для взаємодії з відповідним хмарним кластером щодо створення/управління/доступу до віртуальних серверів і створення необхідної інфраструктури проєкту, виходячи з доступних типових образів віртуальних машин, які завантажені в хмарному середовищі OpenStack. Крім того, портал дає можливість використовувати стандартний інтерфейс OpenStack - DashBoard для керування виділеними ресурсами.

Після виконання робіт віртуальна машина може бути зупинена, а її ресурси можуть бути використані на інші потреби. При

цьому поточний стан віртуальної машини (snapshot) з усіма налаштуваннями може бути збережений на виділеному віртуальному носії в дата центрі.

Реалізовані в порталі CloudHub бізнес-процеси підтримки ресурсного забезпечення наукового проєкту пройшли тестування на прикладі проєкту розробки порталу та загальної репозиторію програмного забезпечення.

Проєкту загальної репозиторію були виділені ресурси в дата центрі ІПС, де була створена віртуальна машина на основі операційної системи Linux. До створеної машини забезпечено віддалений доступ, розгорнута система GitLab [45] для підтримки керування проєктами та контролю версій проєкту. Віртуальній машині виділено зовнішню IP-адресу. Запущена вона на постійній основі для забезпечення сервісу керування проєктами ЄНІП. У рамках проєкту були створені дві віртуальні машини – сервер порталу та сервер розробника. На сервері порталу розгорнуто WEB сервер APACH разом із СКБД mySQL. На сервері розробника розгорнуто інтегроване середовище WAMP для PHP платформи та система контролю версій GIT.

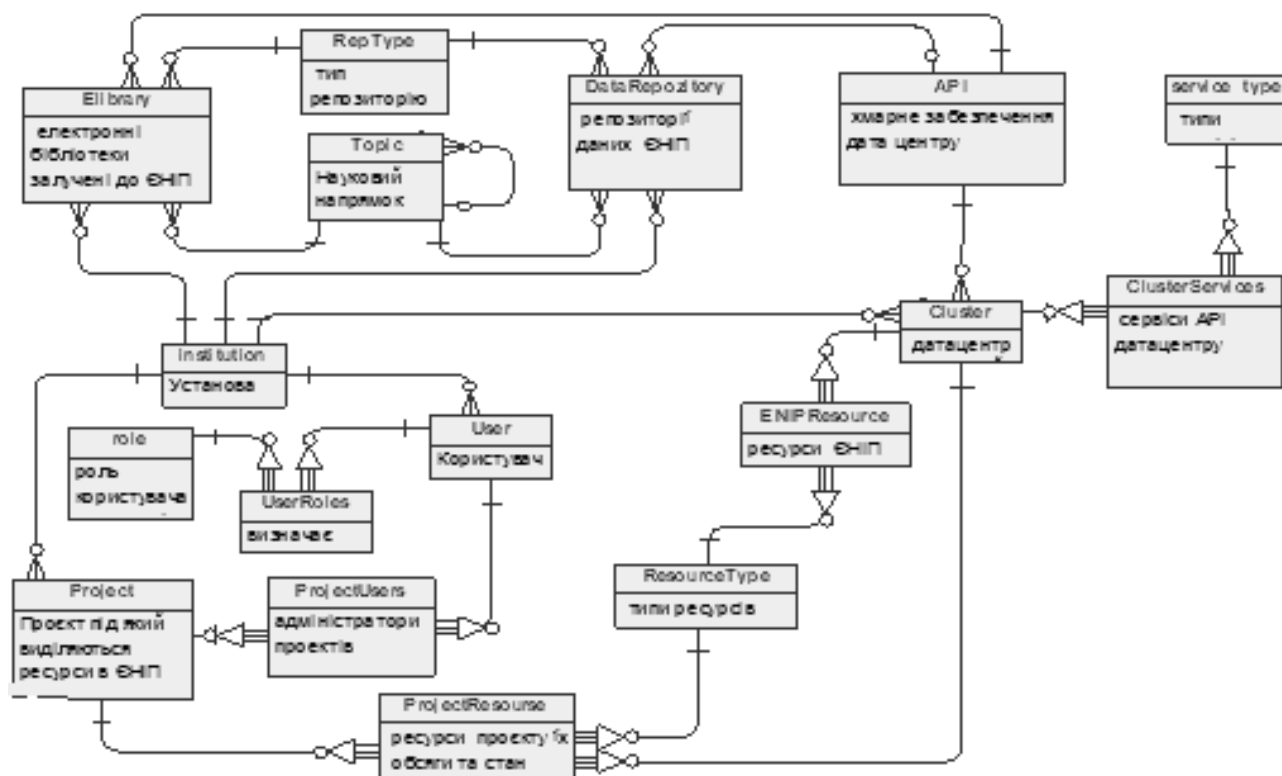


Рис.2. Реляційна структура даних обліку ресурсів ЄНІП

Активні сервери

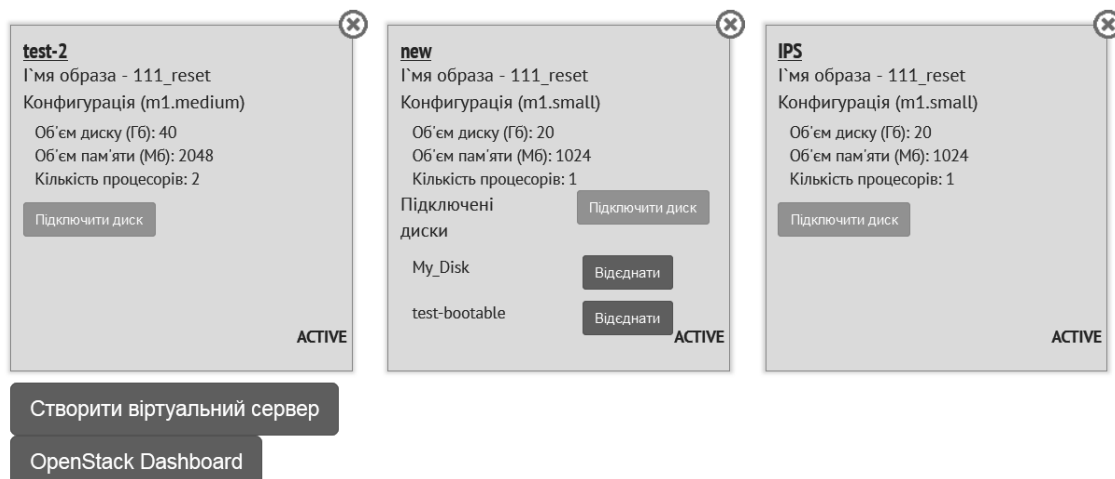


Рис. 3. Робочий кабінет користувача CloudHub

До серверів приєднуються блочні накопичувачі для розміщення поточних даних розробників та контенту порталу. Віртуальним серверам надано вихід в мережу Інтернет через локальну віртуальну мережу та маршрутизатор з однією зовнішньою IP адресою і налаштованими правилами маршрутизації портів на локальні адреси серверів. Розробники проєкту мають доступ до робочого оточення через віддалений доступ зі своїх робочих комп'ютерів.

Віртуальні сервери активуються за необхідності та призупиняються для вивільнення ресурсів хмари, якщо немає запитів користувачів.

Проєкт та його користувачі зареєстровані в репозиторії ПЗ ЄНІП, в якому організовано відстеження ходу проєкту та консолідація напрацювань окремих розробників засобами системи контролю версій.

Портал розроблено на базі системи керування контентом Cms sitograph [46], до якої додані прикладні компоненти, що реалізують облік ресурсів ЄНІП і взаємодію користувачів та адміністраторів дата центрів із хмарною інфраструктурою через Веб-інтерфейс. Прикладні компоненти реалізовані на платформі PHP із застосуванням бібліотеки взаємодії з сервісами openstack php-opencloud [47].

Висновки

У рамках Програми інформатизації НАН України започатковані роботи щодо створення спільного інформаційного серед-

овища для наукових досліджень як прототипу Національної хмари відкритої науки, інтегрованої до Європейської хмари відкритої науки з огляду на Європейський досвід побудови EOSC.

Роботи базуються на основі власних досягнень, що відповідають вимогам часу, отриманих в результаті виконання проєктів в рамках Програми інформатизації НАН України, Програми НАН України «Впровадження грид-технологій та побудова кластерів в НАН України» та Державної цільової науково-технічної програми «Впровадження і застосування грид-технологій на 2009-2013 роки», а саме:

- Академічна мережа обміну даних (АМОД) з великою пропускнуною спроможністю (10 ГБ), яка об'єднує всі наукові центри України, має вихід до потужних наукових мереж в Європі та забезпечує комунікаційне середовище для інформаційної підтримки діяльності НАН України. АМОД забезпечує близько 130 установ НАН України півтора десятком різноманітних послуг та сервісів, перелік яких постійно збільшується.

- Грид-інфраструктура, що розвиває цифрову науку, інтегровану в європейський простір. У провідних наукових установах НАН України функціонують 19 грид-вузлів та створено 3 потужні дата-центри, які забезпечують обчислювальні ресурси для обробки масштабних експериментів та розрахунків теоретичних моделей. Грид-інфраструктура забезпечує участь науков-

ців НАН України в міжнародних проектах (EGEE, Alice та ін.), на її основі розвиваються хмарні інфраструктури.

· Електронні бібліотеки та система інтеграції електронних бібліотек України, яка об'єднує 484 періодичних видань НАН України, 59 наукових видань, що виходять в електронному вигляді.

· Портал Cloud HUB, що забезпечує єдину точку доступу до ресурсів і сервісів хмарної інфраструктури НАН України.

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. Budapest Open Access Initiative. <https://www.budapestopenaccessinitiative.org/boai-10-translations/russian>
2. 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>
3. D3.1: Policy Landscape Review. <https://eoscpilot.eu/sites/default/files/eoscpilot-d3.1.pdf>
4. Research and innovation. <https://ec.europa.eu/research/openscience/index.cfm?pg=openscience-policy-platform>
5. 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)
6. Realising the European open science cloud. First report and recommendations of the Commission high level expert group on the European open science cloud. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/2ec2eced-9ac5-11e6-868c-01aa75ed71a1>
7. Prompting an EOSC in practice: Final report and recommendations of the Commission 2nd High Level Expert Group on the European Open Science Cloud (EOSC), 2018, doi:10.2777/112658 <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/5253a1afee10-11e8-b690-01aa75ed71a1>
8. Turning FAIR into reality: Final Report and Action Plan from the European Commission Expert Group on FAIR Data, 2018, ISBN 978-92-79-96546-3, doi 10.2777/1524 KI-06-18-206-EN-N
9. EOSCPilot Project. <https://eoscpilot.eu/>
10. Services for the European Open Science Cloud. <https://www.eosc-hub.eu/>
11. Environment research infrastructures building FAIR services for research, innovation and society. <https://envri.eu/home-envri-fair/>
12. EOSC-life project. <https://www.eosc-life.eu/>
13. ESCAPE - The European Science Cluster of Astronomy & Particle Physics ESFRI Research Infrastructures. <https://projectescape.eu/>
14. The Photon and Neutron Open Science Cloud (PaNOSC). <https://www.panosc.eu/>
15. Social Sciences & Humanities Open Cloud (SSHOC). <https://www.sshopencloud.eu/>
16. EOSC-nordic project. <https://www.eosc-nordic.eu/>
17. EOSC-pillar project. <https://www.eosc-pillar.eu/>
18. EOSC-synergy project. <https://www.eosc-synergy.eu/>
19. ExPaNDS project. <https://expands.eu/>
20. National Initiatives for Open Science in Europe – NI4OS Europe. <https://ni4os.eu/>
21. The Helix Nebula Science Cloud (HNSciCloud) hybrid cloud platform. <https://www.hnscicloud.eu/>
22. Archiving and Preservation for Research Environments. <https://www.archiver-project.eu/>
23. Open Clouds for Research Environments. <https://www.ocre-project.eu/>
24. Staff Working Document - Guidelines on market analysis and the assessment of SMP under the EU regulatory framework for electronic communications networks and services. https://ec.europa.eu/research/openscience/pdf/swd_2018_83_f1_staff_working_paper_en.pdf
25. Setup and management of the EOSC Secretariat supporting the EOSC Governance. <https://www.eoscsecretariat.eu/eosc-governance>
26. The Executive Board of the EOSC. <https://www.eoscsecretariat.eu/eosc-governance/eosc-executive-board>
27. EOSC Governance Board. <https://www.eoscsecretariat.eu/eosc-governance/eosc-governance-board>

28. The EOSC Stakeholder Forum. <https://www.eoscsecretariat.eu/eosc-governance/eosc-stakeholder-forum>
29. The EOSC Secretariat. <https://www.eoscsecretariat.eu/>
30. EOSC Working Groups. <https://www.eoscsecretariat.eu/eosc-working-groups>
31. Architecture Working Group. Defining the technical framework required to enable and sustain an evolving EOSC federation of systems. <https://www.eoscsecretariat.eu/working-groups/architecture-working-group>
32. Working Groups. Implementing the FAIR data principles by defining the corresponding requirements for the development of EOSC services, in order to foster cross-disciplinary interoperability. <https://www.eoscsecretariat.eu/working-groups/fair-working-group>
33. Landscape Working Group. Mapping of the existing research infrastructures in Europe, which are candidates to be part of the EOSC federation. <https://www.eoscsecretariat.eu/working-groups/landscape-working-group>
34. European Open Science Cloud (EOSC) Strategic Implementation Plan, 2019, ISBN 978-92-76-09175-2, doi 10.2777/202370, KI-03-19-507-EN-N <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/78ae5276-ae8e-11e9-9d01-01aa75ed71a1>
35. European Open Science Cloud (EOSC) work plan 2019-2020. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/3c379ccc-ee2c-11e9-a32c-01aa75ed71a1>
36. EOSC Portal - A gateway to information and resources in EOSC. <https://eosc-portal.eu>
37. Проект концепції розвитку українських дослідницьких інфраструктур, заснованих на технології комунікацій. <https://mon.gov.ua/ua/news/stvoreno-proekt-konceptiyi-rozvitku-ukrayinskih-doslidnickih-infrastruktur-zasnovanih-na-tehnologiyi-komunikacij>
38. КОНЦЕПЦІЯ формування Національної хмари відкритої науки, що інтегрована до Європейської хмари відкритої науки на 2018—2020 роки. Проект
39. Академічна мережа обміну даними. <http://www1.nas.gov.ua/infrastructures/amod/Pages/about.aspx>
40. Український національний грід. <http://ung.in.ua/ua/>
41. EGI: advanced computing for research. <https://www.egi.eu/about/>
42. Openstack. Documentation. <https://docs.openstack.org/api-ref>
43. Наукова електронна бібліотека періодичних видань НАН України. <http://dspace.nbuv.gov.ua>
44. Звіт за проектом Програми інформатизації НАН України за 2020 р. «Розвиток та супроводження Наукової електронної бібліотеки періодичних видань НАН України». <http://programinform.nas.gov.ua/40>
45. Система GitLab. <https://gitlab.com/explore>
46. Sitograph package. <https://github.com/maxsv0/sitograph>
47. Php-OpenCloud project. <https://php-opencloud.readthedocs.io/en/latest/>

References

1. Budapest Open Access Initiative. <https://www.budapestopenaccessinitiative.org/boai-10-translations/russian>
2. 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>
3. D3.1: Policy Landscape Review. <https://eosc-pilot.eu/sites/default/files/eosc-pilot-d3.1.pdf>
4. Research and innovation. <https://ec.europa.eu/research/openscience/index.cfm?pg=open-science-policy-platform>
5. 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)
6. Realising the European open science cloud. First report and recommendations of the Commission high level expert group on the European open science cloud. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/2ec2eced-9ac5-11e6-868c-01aa75ed71a1>
7. Prompting an EOSC in practice: Final report and recommendations of the Commission 2nd High Level Expert Group on the European Open Science Cloud (EOSC), 2018, doi:10.2777/112658 <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/5253a1af-ee10-11e8-b690-01aa75ed71a1>
8. Turning FAIR into reality: Final Report and Action Plan from the European Commission Expert Group on FAIR Data, 2018, ISBN 978-92-79-96546-3, doi 10.2777/1524 KI-06-18-206-EN-N

9. EOSCPilot Project. <https://eoscpilot.eu/>
10. Services for the European Open Science Cloud. <https://www.eosc-hub.eu/>
11. Environment research infrastructures building FAIR services for research, innovation and society. <https://envri.eu/home-envri-fair/>
12. EOSC-life project. <https://www.eosc-life.eu/>
13. ESCAPE - The European Science Cluster of Astronomy & Particle Physics ESFRI Research Infrastructures. <https://projectescape.eu/>
14. The Photon and Neutron Open Science Cloud (PaNOSC). <https://www.panosc.eu/>
15. Social Sciences & Humanities Open Cloud (SSHOC). <https://www.sshopencloud.eu/>
16. EOSC-nordic project. <https://www.eosc-nordic.eu/>
17. EOSC-pillar project. <https://www.eosc-pillar.eu/>
18. EOSC-synergy project. <https://www.eosc-synergy.eu/>
19. ExPaNDS project. <https://expands.eu/>
20. National Initiatives for Open Science in Europe – NI4OS Europe. <https://ni4os.eu/>
21. The Helix Nebula Science Cloud (HNSci-Cloud) hybrid cloud platform. <https://www.hnscicloud.eu/>
22. Archiving and Preservation for Research Environments. <https://www.archiver-project.eu/>
23. Open Clouds for Research Environments. <https://www.ocre-project.eu/>
24. Staff Working Document - Guidelines on market analysis and the assessment of SMP under the EU regulatory framework for electronic communications networks and services. https://ec.europa.eu/research/openscience/pdf/swd_2018_83_f1_staff_working_paper_en.pdf
25. Setup and management of the EOSC Secretariat supporting the EOSC Governance. <https://www.eoscsecretariat.eu/eosc-governance>
26. The Executive Board of the EOSC. <https://www.eoscsecretariat.eu/eosc-governance/eosc-executive-board>
27. EOSC Governance Board. <https://www.eoscsecretariat.eu/eosc-governance/eosc-governance-board>
28. The EOSC Stakeholder Forum. <https://www.eoscsecretariat.eu/eosc-governance/eosc-stakeholder-forum>
29. The EOSC Secretariat. <https://www.eoscsecretariat.eu/>
30. EOSC Working Groups. <https://www.eoscsecretariat.eu/eosc-working-groups>
31. Architecture Working Group. Defining the technical framework required to enable and sustain an evolving EOSC federation of systems. <https://www.eoscsecretariat.eu/working-groups/architecture-working-group>
32. Working Groups. Implementing the FAIR data principles by defining the corresponding requirements for the development of EOSC services, in order to foster cross-disciplinary interoperability. <https://www.eoscsecretariat.eu/working-groups/fair-working-group>
33. Landscape Working Group. Mapping of the existing research infrastructures in Europe, which are candidates to be part of the EOSC federation. <https://www.eoscsecretariat.eu/working-groups/landscape-working-group>
34. European Open Science Cloud (EOSC) Strategic Implementation Plan, 2019, ISBN 978-92-76-09175-2, doi 10.2777/202370, KI-03-19-507-EN-N <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/78ae5276-ae8e-11e9-9d01-01aa75ed71a1>
35. European Open Science Cloud (EOSC) work plan 2019-2020. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/3c379ccc-ee2c-11e9-a32c-01aa75ed71a1>
36. EOSC Portal - A gateway to information and resources in EOSC. <https://eosc-portal.eu>
37. Draft concept for the development of Ukrainian research infrastructures based on communication technologies. <https://mon.gov.ua/ua/news/stvoreno-proekt-koncepciyi-rozvitku-ukrayinskih-doslidnickih-infrastruktur-zasnovanih-na-tehnologiyi-komunikacij>
38. THE CONCEPT of the formation of the National Cloud of Open Science, which is integrated into the European Cloud of Open Science for 2018-2020. Project
39. Academic data exchange network. <http://www1.nas.gov.ua/infrastructures/amod/Pages/about.aspx>
40. Ukrainian national grid. <http://ung.in.ua/ua/>
41. EGI: advanced computing for research. <https://www.egi.eu/about/>
42. Openstack. Documentation. <https://docs.openstack.org/api-ref>
43. Scientific electronic library of periodicals of the National Academy of Sciences of Ukraine. <http://dspace.nbuv.gov.ua>
44. Report on the draft Informatization Program of the National Academy of Sciences of Ukraine for 2020 “Development and maintenance of

- the Scientific Electronic Library of Periodicals of the National Academy of Sciences of Ukraine”. <http://programinform.nas.gov.ua/40>
45. Система GitLab. <https://gitlab.com/explore>
46. Sitograph package. <https://github.com/maxsv0/sitograph>
47. Php-OpenCloud project. <https://php-opencloud.readthedocs.io/en/latest/>

Одержано 22.04.2021

Про авторів:

Свистунов Сергій Якович,
кандидат технічних наук, завідувач відділу,
e-mail: svistunov@bitp.kiev.ua,
03186, Київ, вул. Мартиросяна, буд.10/22, кв.45,
Кількість публікацій – 76,
ORCID ID 0000-0001-6502-4634

Перконос Петро Іванович,
науковий співробітник,
e-mail: Perkonos@nas.gov.ua,
04208, Київ, вул. В.Порика 7а, кв. 212,
Кількість публікацій – 25
ORCID ID 0000-0002-5958-0260

Субботін Сергій Васильович,
науковий співробітник,
e-mail: subbotin@protoka.kiev.ua,
03115, Київ, вул. Генерала Вітрука б. 3/11, кв.
№ 44,
Кількість публікацій – 15
ORCID ID 0000-0002-5958-0260

Твердохліб Євген Миколайович,
кандидат технічних наук, старший науковий
співробітник,
E-mail: Eugene@nas.gov.ua,
03039, Київ, вул. Голосіївська б. 8, кв. № 53,
Кількість публікацій – 20.
ORCID orcid.org/0000-0001-6594-5468.

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,
тел. +38(044) 526 6408
e-mail: Perkonos@nas.gov.ua