



КУССУЛЬ

Наталія Миколаївна –
доктор технічних наук,
професор, заступник директора
Інституту космічних досліджень
НАН України та ДКА України

ФОРМУВАННЯ УКРАЇНСЬКОГО СЕГМЕНТУ ЄВРОПЕЙСЬКОГО ДОСЛІДНИЦЬКОГО ПРОСТОРУ У СФЕРІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗЕМЛІ

За матеріалами наукової доповіді на засіданні
Президії НАН України 29 січня 2020 року

У доповіді наведено інформацію про перспективи інтеграції української науки до європейського дослідницького простору та основні напрями діяльності з досягнення цієї мети. Розглянуто результати співпраці з європейським дослідницьким простором у контексті реалізації проекту ERA-PLANET у рамках програми «Горизонт-2020», виокремлено найбільш перспективні напрями подальшого формування українського сегменту європейського дослідницького простору у сфері спостереження Землі.

Сьогодні практично на всіх рівнях, починаючи від Давоського всесвітнього економічного форуму і завершуючи регіональними науковими конференціями, лунають терміни «цифровізація», «індустрія 4.0», «перехід до нового рівня економічного розвитку». Є такі слова і в Програмі діяльності Кабінету Міністрів України, були вони і в передвиборчій програмі нинішнього Президента України. Процеси, які описуються зазначеними термінами, відбуваються в усьому світі, і помітне місце серед них посідає спостереження Землі з космосу.

Ключову роль у координації міжнародних зусиль зі створення глобальної системи спостереження Землі з космосу та підвищення її доступності і зручності на благо суспільства відіграє міжурядова організація – Група зі спостереження Землі (Group on Earth Observations, GEO), до складу якої входять 109 країн світу, в тому числі й Україна.

Україна в EuroGEO. 2019 р. став визначальним у розвитку відносин між Україною та міжурядовою організацією GEO. Минулого року наша країна стала офіційним членом європейської частини Групи зі спостереження Землі – EuroGEO.

Раніше Україна разом з країнами СНД входила до тієї частини GEO, яка перебуває під керівництвом Російської Федерації. Кілька років тому з огляду на перспективи подальшого

розвитку Інститут космічних досліджень НАН України та ДКА України ініціював процес переходу України до європейської частини GEO. Останні два роки тривала підготовка до офіційного членства та переговорний процес на різних рівнях, починаючи від Європейського парламенту і закінчуючи керівними органами GEO. Велику роль тут відіграла Національна академія наук України, яка офіційно подала заявку на перехід України до європейської частини GEO. Ініціативу активно підтримало й Державне космічне агентство України.

Членство в EuroGEO відкриває для України широкі перспективи, оскільки Євросоюз вважає цей сегмент пріоритетним у своєму розвитку і має цілу низку програм, що передбачають фінансування науки та інновацій за цим напрямом.

Чому нас підтримали? Це відбулося не випадково. Від початку свого членства в GEO Україна, зокрема Інститут космічних досліджень НАН України та ДКА України, брала активну участь як у різних ініціативах, так і в проєктах, які фінансуються Європейською комісією, Європейським космічним агентством, а також у проєктах програми «Горизонт-2020». Так, у 2019 р. ми виграли проєкт у рамках програми використання хмарних сервісів спостереження Землі, яка спільно фінансується GEO і найбільшою у сфері хмарних обчислень компанією Amazon. Уже розпочато реалізацію та впровадження розроблених методологій для обчислення індикаторів Цілей сталого розвитку за допомогою високопродуктивних хмарних обчислювальних ресурсів платформи Amazon.

Цей поступальний рух, націлений на майбутнє і очолюваний Національною академією наук України, розпочався з 2010 р., і на сьогодні вже є позитивні результати — Україну знають і активно підтримують на шляху інтеграції до європейського наукового простору.

Програма ERA-PLANET у рамках «Горизонт-2020». Від 2016 р. за Рамковою програмою Європейського Союзу з наукових досліджень та інновацій «Горизонт-2020» виконується програма ERA-PLANET, яка є про-

відною в європейському сегменті GEO. Програма спрямована на створення європейського дослідницького простору у сфері досліджень Землі та посилення участі Європи в програмах групи GEO і в програмі Copernicus Європейського космічного агентства.

ERA-PLANET охоплює 35 установ (рис. 1) і має загальний обсяг фінансування 11 млн євро. Особливістю цієї програми є те, що Європейська комісія надає третину фінансування, а дві третини країни-учасниці забезпечують з власних джерел, отримуючи при цьому можливість реалізувати ті завдання, які є важливими для їхньої національної економіки. Координатором ERA-PLANET в Україні є Інститут космічних досліджень НАН України та ДКА України, який бере участь у трьох із чотирьох оголошених проєктів — GEO-Essential, SMURBS та IGOSP. (рис. 2).

Україна офіційно заявила про підтримку програми ERA-PLANET та свою участь у ній, хоча потрібні дві третини фінансування так і не вдалося забезпечити повною мірою. Від імені всіх українських учасників програми хочу висловити глибоку подяку Президії Національної академії наук України, яка два роки тому започаткувала цільову програму наукових досліджень НАН України «Аерокосмічні спостереження довкілля в інтересах сталого розвитку та безпеки як національний сегмент проєкту «Горизонт-2020» ERA-PLANET» — ERA-PLANET/UA.

В академічній програмі ERA-PLANET/UA беруть участь провідні наукові установи з кількох відділень НАН України (Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова, Головна астрономічна обсерваторія, Інститут біохімії ім. О.В. Палладіна, Національний ботанічний сад ім. М.М. Гришка, Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного, Центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук, Український гідрометеорологічний інститут ДСНС України та НАН України). Координатором цієї програми також є Інститут космічних досліджень НАН України та ДКА України. Велику зацікавленість у співпраці в рамках ERA-PLANET/UA виявляють й інші добре знані

серед міжнародної спільноти науково-дослідні установи різного галузевого підпорядкування, наприклад Світовий центр даних з геоінформатики та сталого розвитку при Навчально-науковому комплексі «Інститут прикладного системного аналізу» НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського», Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва НАМН України та деякі комерційні організації.

Urban Atlas (атлас міста). У процесі виконання академічної програми ERA-PLANET/UA було досягнуто вагомих результатів. Одним з них є створення в межах проєкту SMURBS (SMart URBan Solutions for air quality, disasters and city growth) за програмою ERA-PLANET карти міської забудови м. Київ Urban Atlas¹. Продукти такого типу є майже для всіх великих міст країн Європейського Союзу, але Київ став першим містом за межами ЄС, для якого розроблено такий цифровий атлас [1]. Urban Atlas містить інформацію про різні аспекти екологічного стану міста, зокрема ступінь забруднення повітря, дані про забудову, зростання міської агломерації за межами міста і дає рекомендації щодо подальшого розвитку Києва (рис. 3).

Urban Atlas для Києва складено з використанням виключно безкоштовних супутникових даних з можливістю щорічного оновлення, що принципово відрізняє його від продуктів програми Copernicus для міст Європейського Союзу з населенням понад 100 тис. осіб, які оновлюються кожні 6 років. Крім власне атласу розроблено також уніфіковану технологію його побудови, яку вже апробовано на кількох містах України та ЄС.

Сервіс Active Fires. Ще одним отриманим нами важливим результатом є створення пілотного продукту — сервісу Active Fires у межах проєкту SMURBS (ERA-PLANET). Цей сервіс призначено для моніторингу пожежонебезпечної ситуації на території України². Потреба в такому моніторингу постає регулярно,

¹ Kyiv Urban Atlas. <http://194.44.29.184:8083/mapstore/#/viewer/openlayers/46>

² Active Fire. <http://194.44.29.184:8083/mapstore/#/dashboard/87>

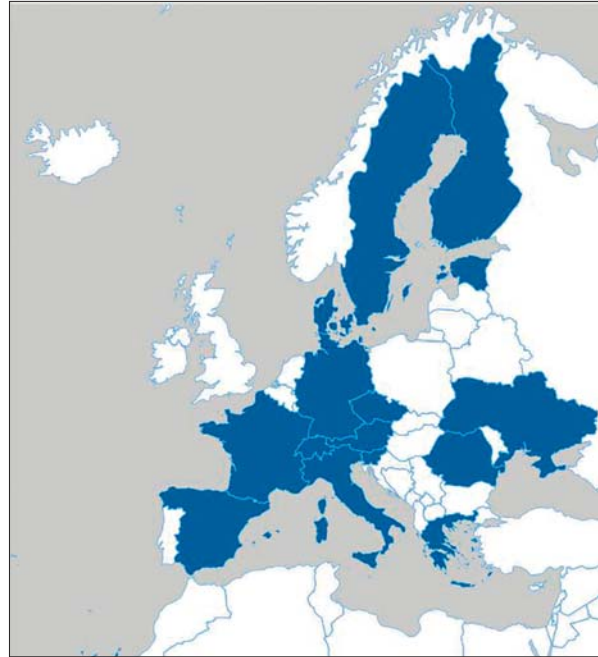


Рис. 1. Країни — учасники програми ERA-PLANET



Рис. 2. Проєкти програми ERA-PLANET

зокрема найбільш гостро вона проявилася восени 2019 р.

У результаті виконання проєкту було створено інформаційну систему моніторингу якості повітря для всієї України загалом і для м. Київ зокрема, яка ґрунтується на супутникових даних та наземних вимірюваннях. У розробленні цієї системи бере участь не лише консорціум інститутів — учасників національної програми ERA-PLANET/UA, до цієї роботи долучилася також громадська організація «Асоціація Ноосфера», яка задіяла ресурси своєї інжинірингової школи для створення датчиків з моні-

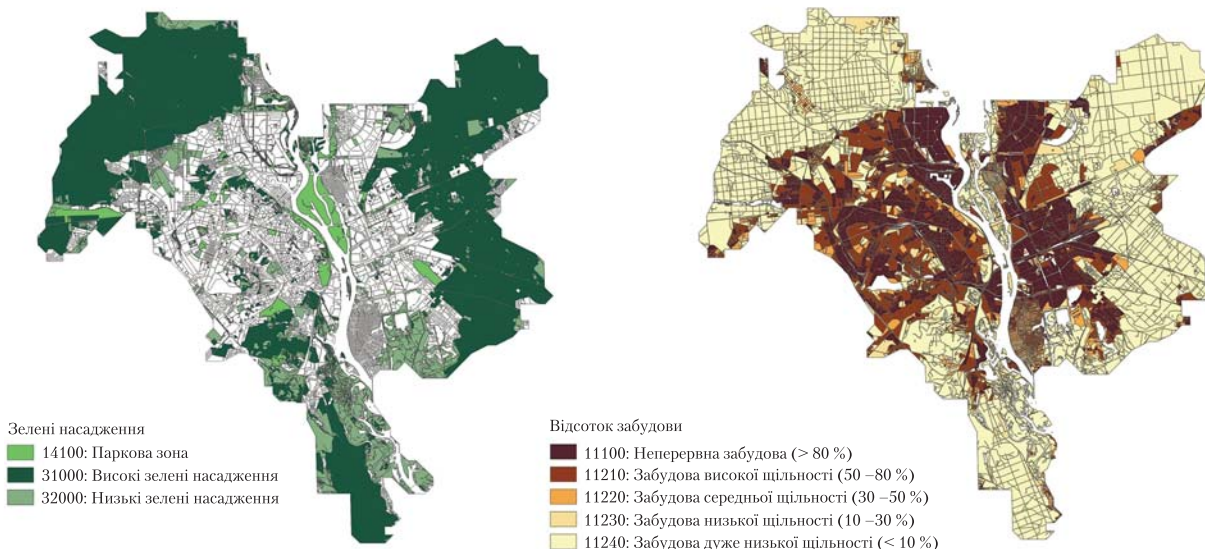


Рис. 3. Цифровий атлас Києва

торингу якості повітря і для побудови геопорталу. Ця тематика є сьогодні дуже актуальною і затребуваною, вона об'єднує науковців з різних галузей, а також сприяє розвитку публічно-приватного партнерства.

Оцінка продуктивності земель. Іншим вагомим результатом, отриманим у межах програми ERA-PLANET-UA, є оцінка продуктивності земель, дані якої використовують для національного звітування України за програмами ООН. Крім того, було укладено угоду про співпрацю в рамках цього проекту з Міністерством енергетики та захисту довкілля України як цільовим користувачем даних.

Продуктивність землі є одним з основних індикаторів досягнення Цілей сталого розвитку, які відстежуються світовою спільнотою. Отримані нами результати ґрунтуються на раніше розроблених методах глибинного і машинного навчання, технологіях нейронних мереж, що й забезпечує якість отримуваних даних, яка відповідає світовому рівню.

У межах програми було розроблено технологію оцінки продуктивності земель [2]. За результатами виконання проекту співробітники установ — учасників програми опублікували досить велику кількість статей у журналах з

високим імпаکت-фактором, які є у відкритому доступі.

Проект Amazon-GEO. Для розвитку цифрової економіки необхідне використання високопродуктивних хмарних обчислювальних ресурсів. Як уже було згадано, за ініціативою Інституту космічних досліджень НАН України та ДКА України у 2019 р. створено міжнародний консорціум для участі у конкурсі наукових проектів від компанії Amazon та групи GEO. У результаті Amazon на 3 роки (2019–2022 рр.) надав доступ до своєї хмарної інфраструктури з метою реалізації розроблених нами методологій обчислення окремих індикаторів досягнення Цілей сталого розвитку. У цьому проекті, цільовими територіями якого є Україна, Аргентина та Індія, обчислюються такі індикатори:

- 2.4.1. Частка сільськогосподарських площ під продуктивним та сталим сільськогосподарським використанням (Proportion of agricultural area under productive and sustainable agriculture);
- 11.3.1. Співвідношення темпів збільшення землекористування та приросту населення (Ratio of land consumption rate to population growth rate);

- 15.1.1. Площа лісів як частка загальної площі земель (Forest area as a proportion of total land area);

- 15.3.1. Частка деградованих земель у загальній площі земель (Proportion of land that is degraded over total land area).

До складу консорціуму, який очолює Інститут космічних досліджень НАН України та ДКА України, увійшли профільні установи з Аргентини, Індії, США (Університет Меріленду) та комерційний учасник ГО «Асоціація Ноосфера». Проект триває менш ніж пів року, але за цей час уже створено прототип українського масиву даних (Open Data Cube). При цьому в обчисленнях для території Київщини було використано дані Sentinel-2, а для території всієї України — дані Landsat-8.

Слід зазначити, що подібні передові технології оброблення супутникових даних реалізовано лише для кількох розвинених країн, зокрема для Швейцарії і Австралії. Сподіваємося, що цей сучасний і актуальний напрям також дістане підтримку Президії НАН України.

Проект Світового банку. Інформаційні технології щодо класифікації земного покриву вже мають свого цільового користувача. Карти посівів, пошкоджень земель, пожежонебезпечних зон, якості повітря тощо виявилися потрібними українському уряду.

Так, у проекті Світового банку «Підтримка прозорого землекористування в Україні» було застосовано розроблену Інститутом космічних досліджень НАН України та ДКА України методологію і відповідні технології для моніторингу процесу впровадження земельної реформи в Україні. Цей проект ми виграли спільно з комерційною компанією EOS Data Analytics. Завданням нашого Інституту є забезпечення науково-методологічного супроводу. Зараз побудовані нами карти вже доступні для користувачів на порталі Державного кадастру України³ [3–5], а Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України визнало їх корисними для повсякденної роботи.

³ Карти класифікації ярих та озимих 2019 на публічній кадастровій карті. <https://newmap.land.gov.ua/>

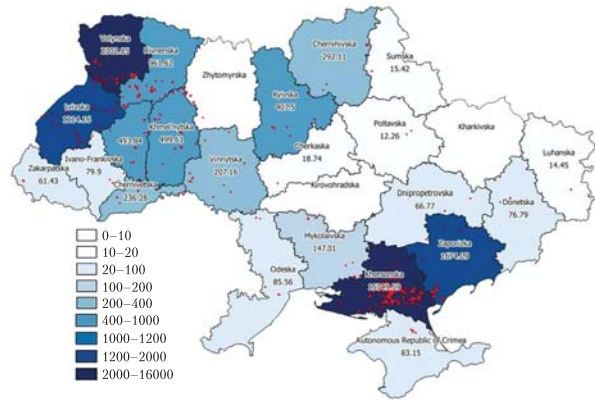


Рис. 4. Області України, в яких практикують збирання подвійних врожаїв за сезон

З використанням технології класифікації земного покриву можна вирішувати численні прикладні завдання. Серед них слід відзначити боротьбу з тінювим ринком землі та неналежним використанням сільськогосподарських земель, що можна виявити, зокрема, через моніторинг повторних посівів соняшника. Найгіршою в цьому плані є ситуація у Кіровоградській та Миколаївській областях, де найбільшою мірою не дотримуються сівозміни, внаслідок чого відбувається деградація земель сільськогосподарського призначення [6].

Іншим цікавим напрямом використання карт класифікації земного покриву є виявлення випадків збирання подвійних врожаїв за сезон, що стало можливим завдяки змінам клімату впродовж останніх років (рис. 4). Зрозуміло, що таке підвищення інтенсивності ведення сільського господарства призводить до деградації земель і зниження родючості ґрунту, а інформаційні технології, основані на супутникових даних, дають змогу оперативно здійснювати моніторинг цих процесів.

Copernicus Academy. Усі застосування супутникових даних, про які йшлося вище, є досить складними в реалізації, а тому потребують не лише потужних обчислювальних ресурсів, а й кваліфікованих фахівців. З метою інтенсифікації підготовки молодих кадрів у 2019 р. Інститут космічних досліджень НАН України та ДКА України подав заявку на член-

ство в міжнародній мережі навчальних центрів Sorernicus Academy Європейського космічного агентства. Діяльність цієї організації спрямована на підвищення рівня освіти студентів та дорослого населення у сфері використання супутникових даних для вирішення економічних завдань. У межах співпраці з Sorernicus Academy наш Інститут розвиває навчальні програми, проводить тренінги для міських та обласних адміністрацій з використання супутникових даних, семінари для журналістів для підвищення їх обізнаності в цьому питанні.

У межах публічно-приватного партнерства в Інституті створено лабораторію інжинірингової школи ГО «Асоціація Ноосфера», до навчальної роботи залучено фахівців з НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського». Студентська молодь має змогу працювати в лабораторії, виконувати в ній дипломні роботи, реалізовувати свої ідеї.

Сучасний стан. Зараз у світі стрімко розвивається цифровізація, відбувається процес переходу до індустрії 4.0, що потребує об'єднання зусиль не лише окремих організацій, а й цілих країн. Прикладом такої взаємодії є програма Європейського Союзу ERA-PLANET, до якої долучилася й Україна. Внесок України в ERA-PLANET у вигляді реалізації цільової програми наукових досліджень НАН України є дуже важливим елементом підтримки інтеграції України до спільного європейського дослідницького простору. Цей напрям має істотне значення як для міжнародного співробітництва, так і для розвитку національної економіки. Крім того, він здатен об'єднати для спільної роботи різнопрофільні наукові установи, заклади вищої освіти та зацікавлені комерційні організації.

Подальші кроки. Для подальшого розвитку цього напрямку Інститут космічних досліджень НАН України та ДКА України пропонує такі кроки:

- підтримати подальше виконання цільової програми НАН України, яка триває вже третій рік, синхронно з європейською частиною GEO;
- минулого року розпочато процес створення українського комітету GEO; для виконання цього завдання об'єдналися представники різних наукових установ, міністерств, комерційних організацій, важливою є також підтримка з боку НАН України;
- ініціювати створення загальнодержавної цільової програми моніторингу економічних показників та індикаторів, до якої могли б долучитися установи не лише Національної академії наук України, а й інших відомств. Зокрема, провідні заклади вищої освіти готові здійснювати науково-навчальну діяльність у цьому напрямі;
- державна програма має ґрунтуватися на найвищих досягненнях інформаційних технологій, використанні даних супутникових спостережень і методів машинного навчання – цей напрям перебуває у фокусі уваги ЄС та інших провідних країн світу. Україна є повноцінним учасником цих процесів і членом міжнародної наукової спільноти, а тому є нагальна потреба в консолідації зусиль усередині країни;
- важливим є питання впровадження розробок у практичну діяльність профільних органів державної влади. Міністерства готові використовувати запропоновані інструменти, однак не мають механізму для оплати проведення досліджень з метою вирішення своїх конкретних робочих завдань. Загальнодержавна цільова програма могла б надати таку можливість;
- необхідним елементом є також створення профільних навчальних підрозділів, які б готували фахівців як на спеціалізованих кафедрах, так і у приватно-публічних науково-навчальних центрах з використання супутникових даних.

REFERENCES

[СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ]

1. Kussul N.M., Shelestov A.Yu., Yailymov B.Ya., Shumilo L.L., Yailymova H.O., Lavreniuk M.S., Kolos L.M., Pidgorodetska L.V., Bilokonska Y.V. Urban Atlas for Ukrainian cities on the basis of high-resolution satellite data. *Space Sci. & Technol.* 2019. **25**(6): 51–60. DOI: <https://doi.org/10.15407/knit2019.06.051>
[Куссульт Н.М., Шелестов А.Ю., Яйлимов Б.Я., ШумілоЛ.Л., Яйлимова Г.О., Лавренюк М.С., Підгородецька Л.В., Білоконська Ю.В. Urban Atlas для міст України на основі супутникових даних високого розрізнення. *Космічна наука і технологія*. 2019. Т. 25, № 6. С. 51–60.]
2. Kussul N., Lavreniuk M., Kolotii A., Skakun S., Rakoid O., Shumilo L. A workflow for sustainable development goals indicators assessment based on high-resolution satellite data. *International Journal of Digital Earth*. 2019. **13**(2): 309–321. DOI: <https://doi.org/10.1080/17538947.2019.1610807>
3. Kussul N., Nizalov D., Shelestov A., Lavreniuk M., Skakun S., Kolotii A., Vasiliev V., Karlov E. Satellite crop monitoring within World Bank project on land management transparency. In: *2019 World Bank conference on land and poverty* (March 25-29, 2019, Washington, USA).
4. Kussul N., Shelestov A., Lavreniuk M., Kolotii A., Vasiliev V. Crop Mapping Based on Sentinel-1 and Sentinel-2 Data Within World Bank Project. In: *Earth Observation Phi-Week* (September 9–13, 2019, Rome, Italy).
5. Kussul N., Shelestov A., Lavreniuk M., Kolotii A., Vasiliev V. Land Cover and Land Use Monitoring Based on Satellite Data within World Bank Project. In: *10th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT)* (June 5-7, 2019, Leeds, United Kingdom). P. 127–130.
6. Kussul N.M. Crop monitoring in Ukraine: myth or reality? *Visn. Nac. Akad. Nauk Ukr.* 2020. (2): 57–63. DOI: <https://doi.org/10.15407/visn2020.02.057>
[Куссульт Н.М. Моніторинг сільськогосподарських земель в Україні: міф чи реальність? *Вісник НАН України*. 2020. № 2. С. 57–63.]

N.M. Kussul

Space Research Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine
and State Space Agency of Ukraine (Kyiv)

FORMATION OF THE UKRAINIAN SEGMENT OF THE EUROPEAN RESEARCH SPACE IN THE EARTH OBSERVATION SPHERE

According to the materials of scientific report at the meeting
of the Presidium of NAS of Ukraine, January 29, 2020

The article presents the directions of activity and prospects for the integration of Ukrainian science into the European Research Area. The results of the cooperation of Ukrainian science with the European Research Area in the context of the HORIZON 2020 ERA-PLANET program are considered and the main perspective directions for the further formation of the Ukrainian segment of the European Research Area in the field of Earth observation are highlighted.