



ФЕДОРОВ

Олег Павлович – член-кореспондент НАН України, доктор фізико-математичних наук, директор Інституту космічних досліджень НАН України та ДКА України

ПРО ЦІЛЬОВУ ПРОГРАМУ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ НАН УКРАЇНИ «АЕРОКОСМІЧНІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ДОВКІЛЛЯ В ІНТЕРЕСАХ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ТА БЕЗПЕКИ ЯК НАЦІОНАЛЬНИЙ СЕГМЕНТ ПРОЕКТУ «ГОРИЗОНТ-2020» ERA-PLANET»

За матеріалами наукової доповіді на засіданні Президії НАН України 25 жовтня 2017 року

У доповіді розглянуто основні підходи до реалізації нової цільової програми НАН України, спрямованої на виконання української частини спільного з європейським дослідницьким співтовариством проекту ERA-PLANET програми «Горизонт-2020». Заплановані дослідження є внеском Європи у створення Глобальну систему систем спостережень за планетою Земля GEOSS і поєднують національні та міжнародні завдання щодо досягнення цілей сталого розвитку. Наведено найважливіші результати, вже одержані за тематикою програми та очікувані у найближчі три роки.

Ключові слова: космічний моніторинг, інформаційні технології, сталий розвиток, дистанційне зондування.

У сучасному світі плани створення нової космічної техніки розглядаються виключно в контексті вирішення ключових економічних, оборонних, екологічних проблем [1]. Найбільш показовий приклад – космічний моніторинг, який об'єктивно є пріоритетом національної космічної діяльності України. Водночас в останнє десятиліття міжнародні програми задають нові орієнтири, які необхідно враховувати при розробленні власної стратегії. Одним із таких орієнтирів є створення всесвітньої Глобальної системи систем спостережень за планетою Земля (Global Earth Observation System of Systems – GEOSS), яке координується міжнародною міжурядовою організацією GEO (Group on Earth Observation).

Цю групу створено у 2004 р. з метою забезпечення ефективної співпраці провідних центрів та установ у сфері спостереження Землі, зараз до неї входять 105 країн світу і понад 50 ав-

торитетних міжнародних організацій, зокрема Всесвітня метеорологічна організація WMO, Європейське космічне агентство ESA та ін.

У 2015 р. було успішно завершено виконання першого десятирічного плану робіт GEO, і на міжміністерському саміті в Мехіко було схвалено спільний план робіт на наступне десятиліття, який стосується переважно продовження процесу створення GEOSS з урахуванням набутого досвіду міжнародної співпраці. Основною ідеєю цієї масштабної і амбіційної ініціативи є спільне використання даних дистанційних та наземних спостережень, а також результатів моделювання для розв'язання прикладних завдань у сферах високої соціальної значущості: енергетика, зміни клімату, біорізноманіття, продовольча безпека, лісові, водні, аграрні ресурси тощо.

Методичний підхід, який покладено в основу створення GEOSS, поєднує в єдиний ланцюжок показники, необхідні для прийняття рішень політиками, і дані моніторингу з різних джерел. Спільна думка фахівців, висловлена в резолюції саміту ООН зі сталого розвитку (2015 р.), визначає накреслені плани як революційний прорив в ефективності використання даних космічних і наземних спостережень.

За останнє десятиліття розроблено потужні інструменти збирання та оброблення даних, забезпечено новий рівень взаємодії інформаційної інфраструктури, засобів спостереження та наукових досліджень. Широке впровадження технологій дистанційного зондування Землі пов'язане зі структурною перебудовою геоінформаційного забезпечення економіки. Ця перебудова ґрунтується на суттєвому поліпшенні оцінок стану довкілля та ідентифікації загроз на основі нової методології прогностичних параметрів, яка використовує великі масиви спостережних аерокосмічних та наземних даних. Пріоритетним завданням команд науковців, що працюють у межах GEOSS, є поєднання цілей та індикаторів сталого розвитку SDG (sustainable development goals) з істотними змінними EV (essential variables), які характеризують досліджувані геосистеми і одержуватимуться з даних спостережень різної приро-

ди. Кінцева мета проекту полягає у створенні такого інформаційного продукту, який можуть практично використовувати державні органи управління та міжнародні організації.

Для виконання цього завдання необхідно створити якісно нову інформаційну систему, що забезпечуватиме потреби науковців, політиків та громадськості в інтересах спільного вирішення проблем довкілля. Сьогодні великі обсяги інформації збирають у різні архіви, які не мають відповідних каталогів і дані в яких не доступні для дослідників і користувачів на систематичній основі. Тому інноваційні дослідження та розроблення нових технологій, які забезпечуватимуть синергетичну дію різних джерел інформації, є вкрай необхідними.

Європейські країни створили кілька консорціумів у рамках дослідницької програми «Горизонт-2020», а з 2016 р. почалося формування європейського дослідницького простору (ERA) в галузі космічного моніторингу. Як внесок Євросоюзу в реалізацію планів GEO в європейській програмі наукових досліджень РП-7 та «Горизонт-2020» включено проекти, спрямовані на вирішення важливих завдань сталого розвитку і розроблення відповідних сервісів спостереження Землі.

До таких досліджень у рамках програми «Горизонт-2020» належить великий проект ERA-PLANET (The European Network for Observing our Changing Planet), який передбачає створення спільного європейського дослідницького простору у сфері спостереження Землі [2]. Цей проект є унікальним не лише для України, а й для Європи. Він визначає необхідність синхронного проведення в країнах-учасницях міжнародних конкурсів за тематикою різних прикладних аспектів спостереження Землі. Проект розрахований на 2016–2020 рр., але вже зараз готується його продовження до 2025 р. Очікується розроблення наукових основ забезпечення повного, відкритого та необмеженого обміну даними, метаданими і сервісами для вирішення чотирьох пріоритетних екологічних проблем. Ця робота є спільним внеском європейських країн у міжнародну ініціативу GEOSS, причому під час

виконання проекту має бути вироблена стратегія поєднання національних та європейських інформаційних ресурсів.

Отже, зазначена програма передбачає спільну роботу національних та європейських інституцій, а основою її реалізації є спільне фінансування. Україна братиме участь у програмі, а Інституту космічних досліджень НАН України і ДКА України запропоновано стати координатором українських організацій. Передбачається, що Цільова програма НАН України ERA-PLANET-UA буде українським внеском у спільний проект, який дасть змогу, використовуючи єдині підходи, вирішити цілу низку актуальних проблем у європейській спільноті.

Пріоритетами в програмі ERA-PLANET визначено такі сфери:

1. Проблематика «розумних міст» (Smart cities and resilient societies): забудова міських агломерацій, чистота повітря, здоров'я людини, моніторинг лих і забруднень.

2. Ефективне використання ресурсів: вода, енергія, продовольча безпека, екологічний менеджмент.

3. Методи контролю за дотриманням міжнародних угод щодо глобальних змін навколишнього середовища: використання глобальних систем спостереження за токсичними забрудненнями, гармонізація засобів моніторингу і моделювання системи атмосфера—океан—земля, оцінка реакції екосистем на регіональну і глобальну динаміку викидів.

4. Полярні області та природні ресурси в регіонах, чутливих до кліматичних змін: оцінка впливу використання енергетичних ресурсів, перенесення на великі відстані забруднювальних речовин, механізми перенесення між поверхнею Землі і атмосферою.

Конкретним кроком для розвитку цих робіт в Україні має стати створення національного комітету програми. Дослідження в зазначених сферах планується об'єднати єдиною стратегією, спрямованою на зміцнення європейського дослідницького простору завдяки координації національних і загальноєвропейських програм у пріоритетних напрямках спостережень Землі.

Основним шляхом реалізації поставленої мети визначено послідовну політику інтеграції цілей і завдань створюваної міжнародної інформаційної системи та європейських засобів спостереження Землі, що формуються Європейським космічним агентством за програмою COPERNICUS. Засобами реалізації цієї політики є такі кроки:

- удосконалення моніторингу та доступу до інформації за допомогою передових технологій;
- сприяння розвитку технологічних засобів для забезпечення більш своєчасної інформації для задоволення потреб у високій якості даних і підтримки прийняття рішень;
- закладення основ спільного використання даних з національних та європейських інформаційних систем;
- сприяння застосуванню міжнародних стандартів для спільного використання даних;
- спільне з потенційними користувачами (державні органи, підприємства, місцева влада) визначення ключових показників екосистем для їх узгодження з вимірюваними в процесі моніторингу параметрами.

Основним методом, що розвиватиметься протягом виконання програми, є безпрецедентний розвиток мережі ключових технологічних секторів у сфері спостережень Землі для збільшення кількості користувачів та стимулювання глобального ринку геосервісів. Головна ідея цього методу полягає в подоланні фрагментації через створення нових підходів до архівування даних, відкритого доступу на основі системи брокерської діяльності.

Основною функцією інформаційної системи ERA-PLANET-UA є забезпечення користувачів інформаційним продуктом, необхідним для прийняття рішень у сфері сталого розвитку. Користувачами є насамперед органи державного управління України, а саме: Кабінет Міністрів України, Рада національної безпеки і оборони України, окремі міністерства та уповноважені установи, а також Національна академія наук України.

Конкретними завданнями проекту, в реалізації яких передбачено участь українських науковців, є такі:

- розроблення методів і технологій злиття (комплексного використання) аерокосмічних даних, а також даних наземних спостережень у системі моніторингу природних ресурсів, зокрема агроресурсів;

- визначення переліку індикаторів та істотних змінних моніторингу природних ресурсів, у тому числі екологічного стану ландшафтів, систем землекористування, ґрунтового покриття, посівів та прогнозування урожаю;

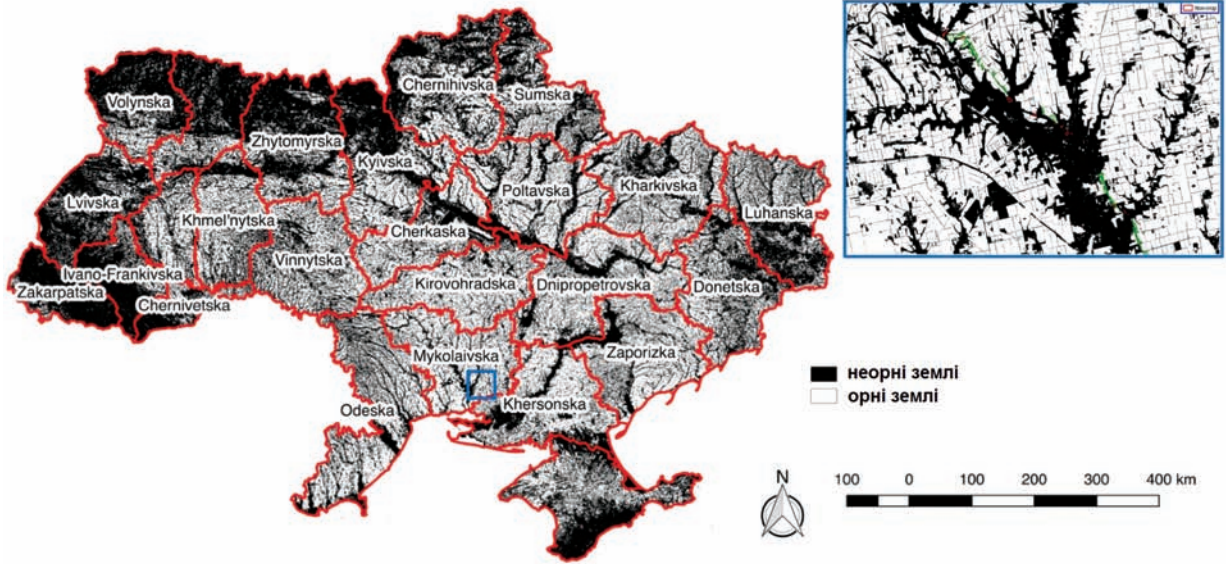
- розроблення і впровадження технологій аналізу і прогнозування виникнення екстремальних природних і техногенних явищ — посух, підтоплення, забруднення тощо.

Структура програми включає 4 мегапроекти. Українські фахівці братимуть участь у трьох з них (GEO-ESSENTIAL, IGOSP, SMURBS).

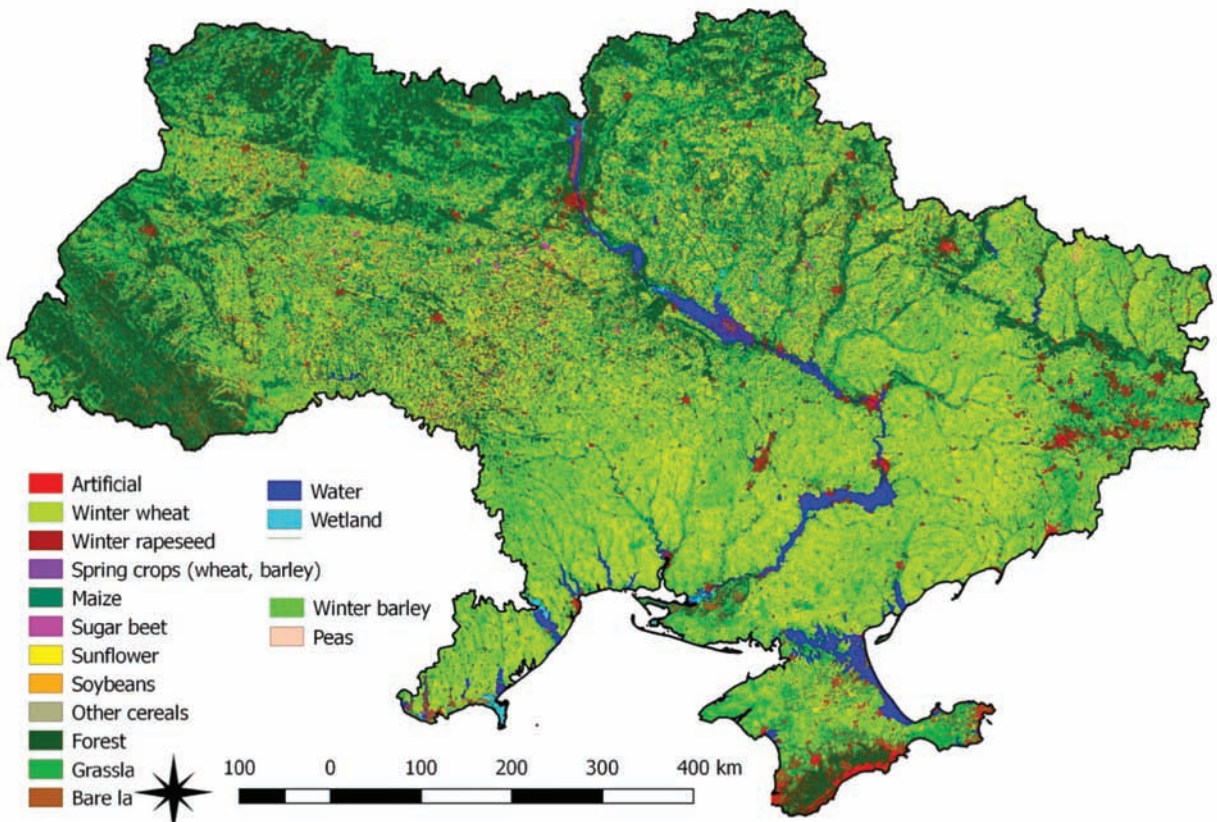
Перший проект GEO-ESSENTIAL (вироблення істотних змінних в інтересах ефективного використання ресурсів та менеджменту довкілля) спрямований на застосування концепції істотних змінних (EV) у соціальних сферах GEO, зокрема продовольчої безпеки, моніторингу водних та енергетичних ресурсів для оцінки, прогнозування і моніторингу ресурсів з використанням даних спостереження Землі. Цей підхід дозволить відстежувати розвиток суспільства відповідно до цілей сталого розвитку і забезпечить кращу координацію робіт у межах різних предметних галузей. Проектом GEO-ESSENTIAL передбачено створення інфраструктури для полегшення збору і формалізації представлення знань (потреб користувачів, розпізнавання прогалін у знаннях, передового досвіду, спільнот практиків тощо), яка ґрунтується на даних Європейської мережі спостереження Землі та інших національних та європейських ініціативах. Інфраструктура знань сприятиме просуванню нових знань через використання істотних змінних (EV) і буде підключена до загальної інфраструктури GEO, а також до Європейської платформи поширення даних COPERNICUS. Крім того, нові джерела соціально-економічної інформації використовуватимуться для підтримки реалізації національних, європейських і міжнародних політик охорони довкілля.

Головною метою другого проекту IGOSP (інтегрована глобальна система спостережень за стійкими забруднювачами) є розроблення Міжнародної системи природоохоронних спостережень (Transnational Environmental Observation System) яка слугуватиме для підтримки європейських і міжнародних структур шляхом інтеграції даних моніторингу в режимі реального часу і використання різних платформ, інструментів моделювання та передової глобальної кіберінфраструктури. Основна увага приділятиметься глобальному циклу ртутних (Hg) та стійких органічних забруднювачів (СОЗ) в континентальних і глобальних масштабах. Заплановано розробити глобальну стратегію спостережень, яка включатиме наземний і космічний сегменти, нові стандартні процедури обробки даних різних сенсорів, зокрема архівування та обміну метаданими. Передбачається також проведення перевірки регіональних та глобальних моделей, заснованих на асиміляції наземних і космічних спостережень, а також розроблення нових інструментів для моніторингу цільових забруднювачів в основних середовищах.

Третій проект SMURBS (проблематика «розумних міст» щодо якості повітря, контролю росту забудов та моніторингу катастрофічних явищ) має на меті сприяння побудові інфраструктури «розумних міст» завдяки підвищенню екологічної та соціальної стійкості до конкретних міських навантажень. Ці фактори розглядаються у зв'язку з їхнім впливом на здоров'я, міграцією та іншими проблемами громади міста. Загальною амбіційною метою проекту є підвищення якості життя громадян та поліпшення стійкості міської інфраструктури до різних типів навантажень із застосуванням мережі «розумних рішень» для міста. Існуючі «розумні міста» або їх мережі не повністю використовують можливості, які надають засоби аерокосмічного моніторингу для забезпечення цілісного підходу до сучасних проблем навантаження на довкілля. До завдань SMURBS входить залучення партнерів з досвідом використання дистанційних даних, об'єднання національних ресурсів та регіональних дослідницьких програм, культивування обміну ноу-



a



b

Результати, отримані в межах виконання проекту Sen2-Agri за часовими рядами даних супутника Sentinel-2A для території всієї України з роздільною здатністю 10 м станом на 2016 р.: *a* – маска посівних площ; *b* – карта земного покриття

хау і проведення міждисциплінарних заходів для подолання нинішнього фрагментарного використання дистанційних даних у рамках загальної концепції Smart City.

До виконання робіт протягом 2018–2020 рр. залучатиметься низка провідних інститутів НАН України та університетів, зокрема Інститут космічних досліджень НАН України і ДКА України; Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України; Головна астрономічна обсерваторія НАН України; Український гідрометеорологічний інститут ДСНС України і НАН України; Інститут біохімії ім. О.В. Палладіна НАН України; Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»; Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут».

Основним результатом виконання Програми буде український сегмент створюваної в межах «Горизонт-2020» системи, яка дасть змогу перейти на принципово новий рівень забезпечення управлінських рішень у галузі досягнення цілей сталого розвитку. По-перше, це означає одержання даних, прогнозів та рекомендацій з незалежного від регіональних інституцій джерела. По друге, інтеграція аерокосмічних та наземних даних, а також моделювання природно-техногенних процесів забезпечить нову якість прогнозування та контролю. По-третє, участь у проєкті GEOSS, який є пріоритетним у європейській космічній політиці, об'єктивно сприятиме процесу євроінтеграції України у сфері безпеки та екологічного моніторингу.

Технологічна складова результатів полягатиме в одержанні нових, адаптованих до національних потреб і гармонізованих зі світовими вимогами, методів обробки даних супутникового спостереження Землі та сервісів для отримання супутникових продуктів, необхідних для вирішення завдань у галузі екологічної безпеки, сталого природокористування, контролю надзвичайних ситуацій, сільського та лісового господарства.

Дані щодо прогнозу кризових явищ, урожайності, природоресурсні оцінки, контроль

забруднень тощо сьогодні мають високу ринкову вартість. Крім того, буде вдосконалено національну мережу космічних науково-технологічних дослідницьких інституцій з метою забезпечення їх відповідності вимогам глобальних систем спостереження, що сприятиме інтеграції України в сучасні міжнародні програми застосування аерокосмічних спостережень для вирішення глобальних проблем сталого розвитку суспільства.

Слід зазначити, що досягнення поставлених цілей значною мірою ґрунтується на попередніх результатах, одержаних зокрема під час виконання проєктів програм ЄС РП7 та «Горизонт-2020», а також спільних робіт з європейськими інституціями [2–8]. Так, протягом останніх років співробітники Інституту космічних досліджень НАН України і ДКА України отримали низку важливих прикладних результатів у галузі впливу агротехнологій на довкілля в рамках проєкту РП7 «SIGMA» (2013–2017 рр.), проєкту JESAM (з Об'єднаним дослідницьким центром – JRC) зі створення мережі полігонів для вивчення агроресурсів.

На рисунку наведено карти земного покриву та маски посівних площ на території України, побудовані за даними супутника Sentinel-2A в межах виконання проєкту Sen2-Agri (за контрактом з Європейським космічним агентством). Ці результати свідчать про можливість реалізації важливих для України завдань за допомогою європейських космічних засобів та власних розробок у галузі космічних інформаційних технологій. Серед очікуваних результатів програми ERA-PLANET/UA відзначимо і зворотний вплив вирішених практичних завдань на стратегію розвитку українського космічного сегменту спостереження Землі. На найближчі роки в рамках здійснення загальнодержавних космічних програм України передбачається розгортання супутникового угруповання СІЧ, яке забезпечуватиме космічний моніторинг з широким колом завдань. Наукова програма цього космічного проєкту має враховувати пріоритети і проблеми ERA-PLANET/UA, тобто сприяти вирішенню як національних, так і світових проблем моніторингу довкілля. Такий системний підхід може

забезпечити запровадження інноваційних шляхів вирішення проблем сталого розвитку, побудувавши єдиний ланцюг, що включає космічні та

наземні засоби, інформаційні технології та нормативну систему використання аерокосмічної і наземної інформації.

REFERENCES

[СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ]

1. Kogan F., Powell A., Fedorov O. *Use of Satellite and In-Situ Data to Improve Sustainability*. NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security. (Springer, 2011). <https://doi.org/10.1007/978-90-481-9618-0>
2. Kussul N., Shelestov A., Skakun S., Basarab R., Yailimov B., Lavreniuk M., Kolotii A., Yashchuk D. Retrospective regional level land cover map for Ukraine: methodology of development and results analysis. *Kosm. nauka tehnol.* 2015. **21**(3): 31. <https://doi.org/10.15407/knit2015.03.031>
[Куссуль Н.М., Шелестов А.Ю., Скакун С.В., Басараб Р.М., Яйлимов Б.Я., Лавренюк М.С., Колотій А.В., Ящук Д.Ю. Ретроспективна регіональна карта земного покриву для України: методологія побудови та аналіз результатів. *Космічна наука і технологія*. 2015. Т. 21, № 3. С. 31–39.]
3. Kussul N., Skakun S., Shelestov A., Lavreniuk M., Yailimov B., Kussul O. Regional scale crop mapping using multi-temporal satellite imagery. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.* 2015. XL-7/W3: 45. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-7-W3-45-2015>
4. Skakun S., Kussul N., Shelestov A., Kussul O. The use of satellite data for agriculture drought risk quantification in Ukraine. *Geomatics Natural Hazards and Risk*. 2015. **7**(3): 901. <https://doi.org/10.1080/19475705.2015.1016555>
5. Kussul N., Skakun S., Shelestov A. *Geospatial analysis of natural disaster risks*. (Kyiv: Naukova Dumka, 2014).
[Куссуль Н.М., Скакун С.В., Шелестов А.Ю. *Геоспросторовий аналіз ризиків стихійних лих*. К.: Наукова думка, 2014.]
6. Skakun S., Shelestov A., Yailimov B., Ostapenko V., Lavreniuk M., Vikulov A. Classification of agricultural crops using a time series of satellite data. *Induktyvne Modelyuvannya Skladnykh System*. 2014. (6): 157.
[Скакун С.В., Шелестов А.Ю., Яйлимов Б.Я., Остапенко В.А., Лавренюк М.С., Вікулов А.В. Класифікація сільськогосподарських посівів з використанням часових рядів супутникових даних. *Індуктивне моделювання складних систем*. 2014. Вип. 6. С. 157–166.]
7. Kussul N., Skakun S., Shelestov A., Kussul O., Yailimov B. Resilience Aspects in the Sensor Web Infrastructure for Natural Disaster Monitoring and Risk Assessment Based on Earth Observation Data. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*. 2014. **7**(9): 3826. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2014.2313573>
8. Skakun S., Kussul N., Shelestov A., Kussul O. Flood Hazard and Flood Risk Assessment Using a Time Series of Satellite Images: A Case Study in Namibia. *Risk Analysis*. 2014. **34**(8): 1521. <https://doi.org/10.1111/risa.12156>

O.P. Fedorov

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

ON THE TARGET COMPLEX PROGRAM OF NAS OF UKRAINE
«AEROSPACE ENVIRONMENTAL SURVEILLANCE FOR SUSTAINABLE
DEVELOPMENT AND SECURITY AS A NATIONAL SEGMENT
OF HORIZON 2020 ERA-PLANET PROJECT» (ERA-PLANET/UA)

According to the materials of scientific report at the meeting of the Presidium of NAS of Ukraine,
October 25, 2017

The main approaches to the implementation of the new target program of the National Academy of Sciences of Ukraine aimed at the implementation of the Ukrainian part of the ERA-PLANET – joint project with the European research community in the framework of the HORIZON 2020 program are considered. The planned research is the contribution of Europe to the creation of a Global Earth Observation System of Systems (GEOSS) and combines national and international targets for achievement sustainable development goals. The examples of the obtained results of the Program are presented and the expected results of work in the next three years are formulated.

Keywords: space monitoring, information technologies, sustainable development, remote sensing.