

## КУССУЛЬ

**Наталія Миколаївна** –  
д.т.н., проф., заст. директора  
Інституту космічних досліджень  
(ІКД) НАН України  
та ДКА України

## ШЕЛЕСТОВ

**Андрій Юрійович** –  
д.т.н., проф., кафедри  
інформаційної безпеки  
Фізико-технічного інституту  
НТУУ «Київський політехнічний  
інститут імені Ігоря Сікорського»

## ЛАВРЕНЮК

**Микола Сергійович** –  
аспірант Фізико-технічного  
інституту НТУУ «Київський  
політехнічний інститут імені  
Ігоря Сікорського»

## КОЛОТІЙ

**Андрій Всеволодович** –  
к.т.н., ст. наук. співроб. ІКД  
НАН України та ДКА України

## ЯЙЛИМОВ

**Богдан Ялкапович** –  
наук. співроб. ІКД НАН України  
та ДКА України

## ЯЙЛИМОВА

**Ганна Олексіївна** –  
аспірант факультету  
комп'ютерних наук  
та кібернетики Київського  
національного університету  
імені Тараса Шевченка

## СУПУТНИКОВИЙ АГРОМОНІТОРИНГ В УКРАЇНІ Міжнародний симпозіум за проектом Європейського космічного агентства «Sentinel-2 for Agriculture»

*Проаналізовано сучасний стан досліджень, що проводяться в Україні у сфері прикладних проблем дослідження Землі, в контексті виконання Україною демонстраційного проекту Європейського космічного агентства «Sentinel-2 for Agriculture» (Sen2-Agri), участі в проекті SIGMA Сьомої Рамкової програми за підтримки Єврокомісії, експерименті JESAM та моніторинговій ініціативі GEOGLAM групи GEO. Основною науковою проблемою є великі об'єми геопросторових та супутникових даних, які потребують розроблення сучасних методів і технологій автоматизованої високоефективної обробки. Значний доробок у сфері супутникового агромоніторингу, прогнозування врожайності, оцінки валового збору основних сільськогосподарських культур та тісна співпраця з європейськими партнерами відкривають нові можливості для подальшого інноваційного розвитку нашої держави.*

10 жовтня 2016 р. в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» відбувся Міжнародний симпозіум за проектом Європейського космічного агентства «Sentinel-2 for Agriculture» в контексті глобальної програми супутникового агромоніторингу GEOGLAM. Метою симпозіуму було обговорення із зацікавленими відомствами та установами стану і перспектив використання інноваційних супутникових технологій у стратегічно важливих галузях економіки України, зокрема в аграрному секторі [1, 2]. Форум зібрав представників світових лідерів з надання супутникової інформації, організацій, що використовують супутникові дані в операційному режимі, Європейського космічного агентства, органів державного управління України, а також керівників програми GEOGLAM, провідних науковців з установ НАН України, вищих навчальних закладів та фахівців з супутникового агромоніторингу з країн Європейського Союзу, Сполучених Штатів Америки, Канади.



Учасники Міжнародного симпозиуму «Sentinel-2 for Agriculture» за проектом Європейського космічного агентства в рамках виконання глобальної програми супутникового агромоніторингу GEOGLAM

Відкриваючи симпозиум, заступник Міністра аграрної політики та продовольства України пані Олена Ковальова відзначила важливу роль супутникових технологій для інноваційного розвитку нашої держави, зокрема, підкреслила важливість результатів виконання проекту, отриманих для всієї території України: «Карти посівних площ національного масштабу високої роздільної здатності на рівні окремих полів є важливим джерелом інформації, що забезпечує прозору та неупереджену оцінку стану сільського господарства з космосу» [3, 4].

Форум проходив у НТУУ «КПІ» не випадково. Університет створив власну космічну програму, яка передбачає розвиток різнопланових космічних технологій та запуск серії наносупутників. Уже другий рік на орбіті функціонує наносупутник, розроблений в НТУУ «КПІ». Стан розвитку та перспективні напрями космічної програми Університету детально представив на форумі проректор НТУУ «КПІ» академік НАН України Михайло Ільченко.

**Проблема оброблення великих об'ємів даних у задачах супутникового моніторингу.** В останні роки стрімкими темпами зростає кількість інформації, яку на регулярній основі надають супутники спостереження Землі Європейського Союзу та США [5], що актуалізує розвиток високопродуктивних систем [6] для обробки даних моніторингу довкілля [7, 8] із застосуванням хмарних та GRID-технологій [9, 10]. Ця інформація на практиці використовується провідними країнами світу для підтримки прийняття управлінських рішень у сфері побудови стратегії сталого розвитку, вирішення проблем продовольчої безпеки, мінімізації негативного впливу змін клімату на довкілля та інших глобальних проблем на основі геопросторового інтелекту [11, 12]. Інформацію реалізовано у форматах, зручних для кінцевого користувача [13, 14].

Світовим флагманом у цій сфері є міжнародна ініціатива супутникового агромоніторингу GEOGLAM, європейською частиною

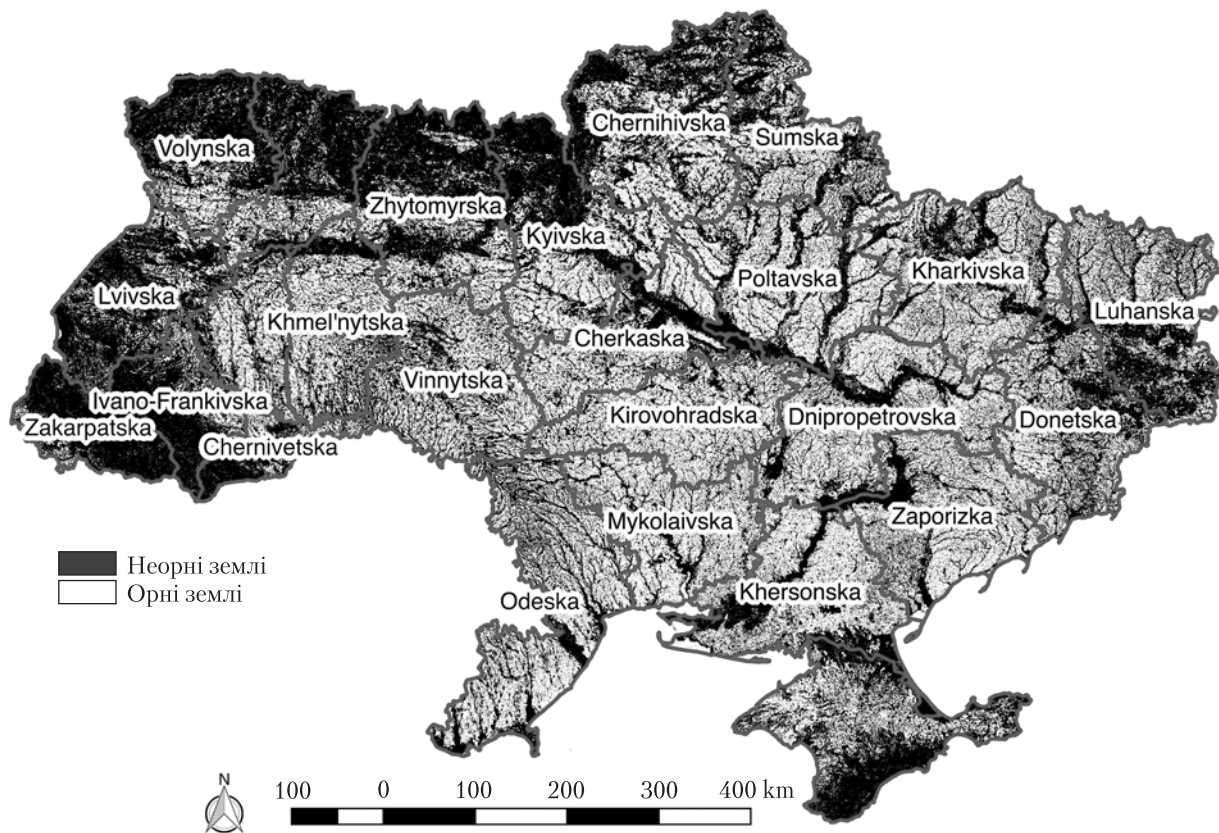


Рис. 1. Карта посівних площ України в масштабі всієї країни

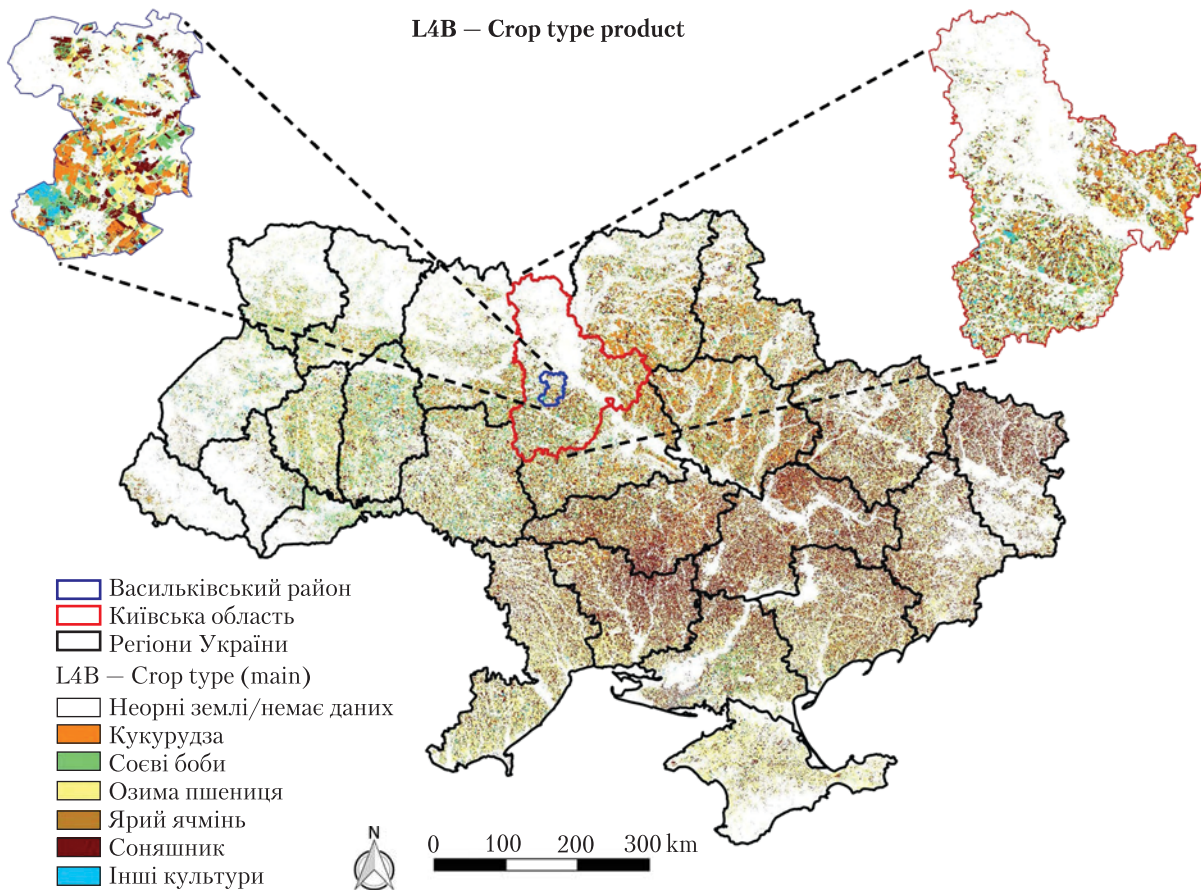
якої є програма *Copernicus* запуску супутників *Sentinel*. У зв'язку з введенням в експлуатацію супутників групи *Sentinel* [15] у межах програми *Copernicus* Європейське космічне агентство (ESA) в 2014 р. розпочало проект зі створення високопродуктивної автоматичної системи отримання продуктів супутника *Sentinel-2*. Планується, що в операційну експлуатацію проект перейде в 2017 р., а в 2016 р. виконується пілотне розгортання і тестування системи.

Проект передбачає надання на регулярній основі продуктів атмосферної корекції (розрізнення – 10–20 м, кожні 12 днів), безхмарних композитів (розрізнення – 10, 20, 30 та 60 м, частота оновлення – 1 місяць), біофізичного продукту LAI [16, 17] та вегетаційного індексу NDVI (розрізнення – 10, 20, 30 та 60 м, щоденно), маски посівних територій (розрізнен-

ня – 10, 20, 30 та 60 м, уточнення – 1 раз на місяць) (рис. 1) та карт землекористування (розрізнення – 10, 20, 30 та 60 м, двічі на сезон) (рис. 2).

У 2016 р. Україна стала єдиною країною, для якої реалізовано демонстраційний проект автоматичного формування супутникових продуктів обробки даних *Sentinel-2* на рівні окремих областей у масштабі країни. Важливо, що українські фахівці забезпечили повний цикл обробки інформації – від отримання супутникових та наземних даних до формування кінцевих продуктів для споживачів.

Поточні результати і перспективи розвитку проекту для України представили керівник програми GEOGLAM, професор Мерілендського університету Кріс Джастіс, керівник проекту *Sen2-Agri* від Європейського космічного агентства Бенджамін Коец, керівник про-



**Рис. 2.** Карта основних сільськогосподарських культур у масштабі країни

екту від Європейського Союзу, професор Католицького університету Лювена П'єр Дефорні та керівник проекту від України, професор НТУУ «КПІ» Наталія Куссіль.

З наступного року планується розгортання системи для регулярного створення продуктів для території всієї країни, а також розвиток проекту з метою підключення даних інших супутників та адаптації продуктів до потреб користувачів.

**Перспективи.** Європейське космічне агентство планує продовжувати виконання проекту і довести його до передопераційної стадії для території України. Так, у 2017 р. триватимуть дослідження, спрямовані на інтеграцію даних інших супутників та адаптацію системи *Sen2-Agri* для роботи на території України.

Україна є одним з найбільших гравців на ринку зерна і водночас має славу історію розвитку космічної галузі [18]. Лівову частку національного валового продукту України на сьогодні забезпечують агропромисловий комплекс та інформаційні технології. Сучасні інноваційні технології супутникового моніторингу використання сільськогосподарських угідь, прогнозування врожайності та валового збору основних сільськогосподарських культур є надзвичайно актуальними для України. Тому синергетичне поєднання вищезазначених компетенцій у проєктах супутникового агромоніторингу на основі даних *Sentinel* із залученням визнаних науковців світу, молодих учених та студентів дасть потужний поштовх до інноваційного розвитку нашої держави в майбутньому.

## REFERENCES

1. Kussul N., Kolotii A., Skakun S., Shelestov A., Kussul O., Oliynyk T. Efficiency estimation of different satellite data usage for winter wheat yield forecasting in Ukraine. In: Proc. IEEE Int. Geoscience and Remote Sensing Symp. (IGARSS). (IEEE, 2014). P. 5080–5082.
2. Gallego F.J., Kussul N., Skakun S., Kravchenko O., Shelestov A., Kussul O. Efficiency assessment of using satellite data for crop area estimation in Ukraine. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 2014. **29**: 22.
3. Kussul N., Skakun S., Shelestov A., Lavreniuk M., Yailymov 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.
4. Kussul N., Skakun S., Shelestov A., Kussul O. The use of satellite SAR imagery to crop classification in Ukraine within JECAM project. In: Proc. IEEE Int. Geoscience and Remote Sensing Symp. (IGARSS). (IEEE, 2014). P. 1497–1500.
5. Skakun S., Kussul N., Shelestov A., Lavreniuk M., Kussul O. Efficiency Assessment of Multitemporal C-Band Radar-sat-2 Intensity and Landsat-8 Surface Reflectance Satellite Imagery for Crop Classification in Ukraine. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*. 2016. **9** (8): 3712.
6. Kussul N., Shelestov A., Skakun S., Kravchenko O. High-performance intelligent computations for environmental and disaster monitoring. *Int. J. Information Technologies & Knowledge*. 2009. **3** (2): 135.
7. 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.
8. Skakun S., Kussul N., Kussul O., Shelestov A. Quantitative estimation of drought risk in Ukraine using satellite data. In: Proc. IEEE Int. Geoscience and Remote Sensing Symp. (IGARSS). (IEEE, 2014). P. 5091–5094.
9. Kussul N., Shelestov A., Skakun S. Grid Technologies for Satellite Data Processing and Management within International Disaster Monitoring Projects. In: *Grid and Cloud Database Management*. (Eds. S. Fiore, G. Aloisio). (Springer, 2011). P. 279–306.
10. Kussul N., Shelestov A., Skakun S., Li G., Kussul O., Xie J. Service-oriented infrastructure for flood mapping using optical and SAR satellite data. *International Journal of Digital Earth*. 2014. **7** (10): 829.
11. Kussul N., Shelestov A., Skakun S. Intelligent computations for flood monitoring. In: *Advanced Research in Artificial Intelligence*. (Eds. K. Markov, K. Ivanova, I. Mitov). (Sofia: FOI ITHEA, 2008). P. 48–54.
12. Kussul N., Shelestov A., Basarab R., Skakun S., Kussul O., Lavreniuk M. Geospatial intelligence and data fusion techniques for sustainable development problems. *CEUR-WS*. (Proc. 11th International Conference on ICT in Education, Research, and Industrial Applications: Integration, Harmonization, and Knowledge Transfer, ICTERI 2015 (14–16 May 2015, Lviv, Ukraine). 2015. **1356**: 196.
13. Kussul N., Skakun S., Shelestov A., Kussul O., Yailymov 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.
14. Shelestov A., Kravchenko A., Skakun S., Voloshin S., Kussul N. Geospatial information system for agricultural monitoring. *Cybernetics and Systems Analysis*. 2013. **49** (1): 124.
15. Kussul N., Lemoine G., Gallego F.J., Skakun S., Lavreniuk M., Shelestov A. Parcel-Based Crop Classification in Ukraine Using Landsat-8 Data and Sentinel-1A Data. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*. 2016. **9** (6): 2500.
16. Shelestov A., Kolotii A., Camacho F., Skakun S., Kussul O., Lavreniuk M., Kostetsky O. Mapping of biophysical parameters based on high resolution EO imagery for JECAM test site in Ukraine. In: Proc. IEEE Int. Geoscience and Remote Sensing Symp. (IGARSS). (IEEE, 2015). P. 1733–1736.
17. Kolotii A., Kussul N., Shelestov A., Skakun S., Yailymov B., Basarab R., Lavreniuk M., Oliynyk T., Ostapenko V. Comparison of biophysical and satellite predictors for wheat yield forecasting in Ukraine. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.* 2015. XL-7/W3: 39.
18. Bakan G.M., Kussul N.N. Fuzzy ellipsoidal state filtration algorithm for a static object. *Journal of Automation and Information Sciences*. 1998. **30** (4–5): 165.

Стаття надійшла 26.10.2016.

*N.M. Kussul*<sup>1,2</sup>, *A.Yu. Shelestov*<sup>1,2</sup>, *M.S. Lavreniuk*<sup>1,2</sup>, *A.V. Kolotii*<sup>1,2</sup>, *B.Ya. Yailymov*<sup>1</sup>, *G.O. Yailymova*<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Space Research Institute National Academy of Sciences of Ukraine and State Space Agency of Ukraine (Kyiv)

<sup>2</sup> National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute» (Kyiv)

<sup>3</sup> Taras Shevchenko National University of Kyiv, Faculty of Computer Science and Cybernetics

SATELLITE AGROMONITORING IN UKRAINE:

RESULTS OF SENTINEL-2 FOR AGRICULTURE PROJECT AND FURTHER PROSPECTS

In this article, the state of current research in Ukraine in the field of applied problems of Earth observations is analyzed in the context of participation of Ukraine in demonstration project of European Space Agency Sentinel-2 for Agriculture (Sen2-Agri), participation in SIGMA Project of 7th Framework Programme supported by European Commission, participation in JECAM experiment and crop monitoring GEOGLAM initiative of GEO group. The main scientific problem is the large amount of geospatial and satellite data, whose processing require the development of modern methods and technologies for automated high performance processing. New results in the domain of satellite agromonitoring, yield forecasting, gross yield evaluation for major crops as well as fruitful cooperation with European partners are opening new opportunities for innovative development of our country in the future.

**Keywords:** satellite monitoring, big data, data analysis, international cooperation, GEO, GEOGLAM, JECAM.