

<https://doi.org/10.15407/knit2022.03.029>
УДК (55:528.8):061.6(477)

В. І. ЛЯЛЬКО, гол. наук. співроб., акад. НАН України, д-р геол.-мін. наук, проф.

E-mail: vilyalko31@ukr.net

М. О. ПОПОВ, дир., член-кор. НАН України, д-р техн. наук, проф.

E-mail: mpopov@casre.kiev.ua

О. В. СЕДЛЕРОВА, заст. дир., канд. геол. наук, старш. наук. співроб.

E-mail: sedlerovaolga@gmail.com

А. В. ХИЖНЯК, уч. секр., канд. техн. наук

E-mail: avsokolovska@gmail.com

Державна установа «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі
Інституту геологічних наук Національної академії наук України»
вул. О. Гончара 55-Б, Київ, Україна, 01054

НАУКОВИЙ ЦЕНТР АЕРОКОСМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗЕМЛІ ІНСТИТУТУ ГЕОЛОГІЧНИХ НАУК НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ: ШЛЯХ ДОВЖИНОЮ 30 РОКІВ

Статтю підготовлено до 30-річчя створення Державної установи «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України» і присвячено історії розвитку аерокосмічних досліджень Землі в Україні, зокрема місце Центру в дослідженнях з дистанційного зондування Землі, які виконуються установами Національної академії наук України. Висвітлено історію створення Центру, його наукових шкіл та основних напрямів дослідження, окреслено перспективи подальшого розвитку.

Наведено дані про організаційну структуру Наукового центру аерокосмічних досліджень Землі і здобутки науково-го колективу. Проаналізовано внесок його співробітників у розвиток аерокосмічних досліджень в Україні. Представлено міжнародну діяльність Центру та його співробітників. Розглядаються подальші перспективи і плани розвитку наукових досліджень в Центрі, які базуються на основних положеннях розвитку світового суспільства, визначених рішеннями ООН зі сталого розвитку.

Ключові слова: Науковий центр, аерокосмічні дослідження, стратегія розвитку, сталий розвиток.

ВСТУП

Успішні запуски перших штучних супутників Землі продемонстрували реальність використання космосу для дистанційного вивчення найрізноманітніших проблем, з якими з наростаючою силою стикається людство: забруднення природного середовища і негативні процеси в

біорізноманітті, брак питної води і енергетичних ресурсів, зміни клімату, збільшення природних катастроф, деградація земель тощо. І вже на початку 1960-х років у розвинених країнах світу широким фронтом розпочалися наукові і науково-практичні дослідження, спрямовані на вирішення зазначених проблем за допомогою даних, що надходили з супутників.

Цитування: Лялько В. І., Попов М. О., Седлерова О. В., Хижняк А. В. Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук Національної академії наук України: шлях довжиною 30 років. *Космічна наука і технологія*. 2022. **28**, № 3 (136). С. 29—42. <https://doi.org/10.15407/knit2022.03.029>

Україну не оминула ця тенденція. Багато українських вчених і наукових колективів активно залучились до космічної діяльності; вони брали участь у постановці наукових експериментів, створенні бортових технічних приладів для орбітальних апаратів і наземних систем прийому космічної інформації, розробці методів обробки та аналізу супутникових даних тощо.

Так накопичувався первинний безцінний досвід космічної діяльності, з'явилися перші здобутки. Після розпаду СРСР все це дозволило Україні вирушити у самостійне «космічне плавання». Вже у перші роки незалежності до космічної тематики підключились наукові та науково-технічні організації і установи, промислові підприємства Дніпропетровська, Євпаторії, Києва, Севастополя, Харкова тощо.

У 1992 році всі конструкторські бюро, наукові організації, установи, підприємства, які безпосередньо займалися космічною діяльністю, були переведені під управління Національного космічного агентства України (НКАУ), створеного Указом Президента України. Було прийнято Першу космічну програму України (1994—1997 рр.), яка заклала правову базу космічної діяльності, і в якій були визначені основні напрямки розвитку і пріоритети космічної галузі в інтересах національної економіки і безпеки України.

Одним з пріоритетів Першої космічної програми України було визначено дистанційне зондування Землі (ДЗЗ). Було розроблено і запущено кілька українських супутників з апаратурою видової зйомки. Для оброблення супутникових даних і вирішення на їхній основі актуальних тематичних задач був задіяний цілий ряд організацій і установ — Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України (ЦАКДЗ), Морський гідрофізичний інститут НАН України, Державне підприємство «Дніпрокосмос» НКАУ, Центр радіофізичного зондування Землі НАНУ—НКАУ, Державний науково-виробничий центр «Природа» НКАУ, Інститут космічних досліджень НАНУ—НКАУ та ін. Постановою Президії НАН України від 26.02.1997 р. №77 «Про діяльність ЦАКДЗ ІГН НАН України по вирішенню природоресурсних та природоохоронних проблем»

на Центр покладено науково-методичне керівництво дослідженнями з дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), які виконуються установами НАН України.

30-річчю створення ДУ «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України» і присвячено дану статтю.

СТВОРЕННЯ І СЬОГОДЕННЯ НАУКОВОГО ЦЕНТРУ АЕРОКОСМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗЕМЛІ ІГН НАН УКРАЇНИ

У 1987 році за ініціативою Президента Академії наук УРСР академіка Б. Є. Патона при Відділенні наук про Землю було створено Наукову раду з проблеми «Вивчення природних ресурсів дистанційними методами» (Постанова Президії АН УРСР № 186 від 29.05.1987 р.). Однією з рекомендацій Наукової ради була доцільність створення в Академії наук організації, орієнтованої на проведення фундаментальних та прикладних наукових досліджень Землі дистанційними аерокосмічними методами. Таку організацію під назвою «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України» (далі — Центр або ЦАКДЗ) було створено у 1992 році (Постанова Президії АН України № 150 від 20.05.1992 р.)

Центр був організований на базі Відділу тепломасопереносу в земній корі ІГН АН України (завідувач — доктор геолого-мінералогічних наук В. І. Лялько) і Київського відділу Інституту геології і розробки горючих копалин тодішнього Міністерства нафтової і газової промисловості СРСР (Київського науково-дослідного інституту космоаерометодів після оголошення незалежності України) (керівник — кандидат геолого-мінералогічних наук В. М. Перерва).

Головне завдання, покладене на Центр, — проведення фундаментальних та прикладних наукових досліджень Землі дистанційними аерокосмічними методами з метою одержання нових наукових знань і практичного впровадження цих знань в інтересах інноваційного розвитку України та задоволення економічних і соціальних потреб.

Упродовж майже 25 років Центр очолював доктор геолого-мінералогічних наук В. І. Лялько



Рис. 1. Співробітники ЦАКДЗ ІГН НАН України

(з 2010 року — академік НАН України). Сьогодні В. І. Лялько є Почесним директором Центру.

На даний час у Центрі працює понад 70 співробітників (рис. 1), з них дві третини — науковці, серед яких академік НАН України, два члени-кореспонденти НАН України, 10 докторів наук, 24 кандидати (геологічних, географічних, технічних, фізико-математичних і біологічних наук).

У Центрі під керівництвом академіка НАН України В. І. Лялька розвивається наукова школа «Енергомасообмін у геосистемах». Досліджуються процеси енергомасообміну в геосистемах та їхній вплив на фізико-хімічні та біологічні механізми, які відповідають за формування спектрального відгуку природних об'єктів. Науковці Центру працюють над застосуванням космічної інформації при пошуках рудних, нерудних та горючих корисних копалин як на суходолі, так і на шельфі, вивчають зв'язки між геофізичними

полями, прогнозують сейсмічні явища, уточнюють будову «шовних» зон та інших тектонічних структур тощо.

У Центрі розробляються ефективні космічні методи й технології для вирішення ряду актуальних для України завдань раціонального природокористування, зокрема пошуків нафтогазових покладів на суходолі та шельфі, що дозволило майже вдвічі підвищити результативність відповідних робіт. Цю технологію практично апробовано не лише в Україні, але й у колишніх республіках СРСР, Об'єднаних Арабських Еміратах, Марокко і Мавританії; оцінювання стану та врожайності агрокультур; аналізу екологічного стану територій і акваторій у режимі моніторингу; космічного моніторингу тепловтрат на урбанізованих територіях; космічного моніторингу (аудиту) балансу парникових газів та ін.

Здійснюється підготовка аспірантів з наукових спеціальностей 103 — Науки про Землю та



Рис. 2. Виставка наукових розробок «Установи НАН України — місту Києву» (2014 р.). Академік НАН України В. І. Лялько представляє В. Кличку, голові КМДА, наукові розробки Центру

172 — Телекомунікації та радіотехніка, докторантура.

У науковому здобутку Центру — атласи «Україна з космосу» та «Космос — Україні», комп'ютерно дешифровані космознімки українсько-російського космічного апарата «Океан-О», українських супутників «Січ-1» і «Січ-2», в яких показано можливість їхнього використання для вирішення актуальних для України природо-ресурсних і природоохоронних завдань.

Разом із Міжнародним інститутом прикладного системного аналізу (IIASA) та в рамках Міжнародної програми «Партнерські ініціативи в галузі наук про Землю з вивчення Північної Євразії» (NEESPI) у 2010 та 2012 рр. опубліковано російський та англійський варіанти монографії «Изменения земных систем в Восточной Европе».

Результати дослідницької діяльності Центру високо поціновані в Україні. Вченим ЦАКДЗ присуджено Державні премії України в галузі науки і техніки:

- у 2004 р. — В. І. Ляльку (як співавторові) за цикл робіт «Наукові основи формування ресурсів підземних вод як джерела якісного водопостачання та раціонального господарського водокористування»;

- у 2005 р. — М. О. Попову, О. І. Сахацькому і О. Д. Федоровському (як співавторам) за цикл робіт «Розв'язання проблем раціонального природокористування методами аерокосмічного зондування Землі та моделювання геодинамічних процесів»;

- у 2011 р. — С. А. Станкевичу (як співавтору) за цикл наукових праць, присвячених технологіям дешифрування космознімків.

Результати досліджень Центру відображені у понад 900 публікаціях у вітчизняних і зарубіжних виданнях насамперед у 18 монографіях. Найбільш значущі з них такі: «Аэрокосмические методы в геоэкологии», «Україна з космосу» [6], «Космос — Україні: Атлас дешифрованих знімків території України з КА «Океан» та інших космічних апаратів» [7], «Інформатизація аерокосмічного землезнавства» [4], «Багатоспектральні методи дистанційного зондування Землі в задачах природокористування» [9], «Изменения земных систем в Восточной Европе» [10], «Earth Systems Change over Eastern Europe» [26], «Спутниковые методы поиска полезных ископаемых» [11] «Сучасні методи дистанційного пошуку корисних копалин» [13], «Парниковий ефект і зміни клімату в Україні: оцінки та наслідки» [12]. Співробітниками Центру складено державні стандарти [2, 3], словники [8], навчальну літературу [1, 5, 15] та науково-методичний посібник «Аерокосмічні дослідження геологічного середовища» [14].

За тридцять років діяльності Центру співробітниками було створено 44 патенти на винахід. За підсумками конкурсу установ НАН України за досягнення кращих показників у винахідницькій роботі, створенні, охороні та використанні об'єктів інтелектуальної власності Центр неодноразово отримував першу премію серед установ Відділення наук про Землю НАН України. Створені винаходи ефективно використовуються для: зменшення витрат на дешифрування аерокосмічних зображень; підвищення достовірності дешифрування; прискорення процесів дешифрування; автоматизації процесів відновлення цифрових знімків; автоматизації процесів дешифрування; підвищення ефективності проведення геологорозвідувальних робіт; підвищення ефективності нафтогазопозукових



Рис. 3. Міжнародна спеціалізована виставка «HI-TECH EXPO. Високі технології», 2017 р. Зліва направо: академік НАН України О. М. Пономаренко, доктор геологічних наук М. М. Шаталов, академік НАН України А. Г. Загородній та кандидат геологічних наук О. В. Седлерова

робіт; оцінки площинного розподілу вологи верхнього шару відкритого ґрунту; підвищення повноти огляду земної поверхні; підвищення достовірності виявлення та розпізнавання штучних та природних об'єктів у різних умовах; дистанційної оцінки екологічного стану водних екосистем; виявлення аномалій довкілля різного походження.

З березня 2014 року на базі Центру видається перший в Україні профільний електронний «Український журнал дистанційного зондування Землі» (<http://ujrs.org.ua/ujrs>) наказом Міністерства освіти і науки України від 02.07.2020 р. № 886 електронне видання «Український журнал дистанційного зондування Землі» включено до Переліку наукових фахових видань України з галузей геологічних і технічних наук (спеціальності 103 — Науки про Землю і 172 — Телекомунікації та радіотехніка), категорія Б.

З переліком наукових публікацій працівників Центру можна ознайомитися на сайтах <https://www.casre.kiev.ua/uk/publications> та електронного «Українського журналу дистанційного зондування Землі» (<http://ujrs.org.ua/ujrs>).

Розробки Центру успішно демонструються на профільних виставках вітчизняного та міжнародного значення (рис. 2, 3).

В ЦАКДЗ функціонує Центр колективного користування, до матеріально-технічної бази якого входять: польовий прецизійний спекторрадіометр FieldSpec3FR, система дистанційної реєстрації мінливості спектрометричних параметрів середовища DJI STS-VIS, система реєстрації змін CO₂ на основі газометричної апаратури Qubit Systems 150, тепловізійна система FLUKE Ti110, багатоспектральна камера DMS, інфрачервона камера One Pro, фотометричні прилади КФ-08 і СФ-18, пірметри TROTEC TP-10 і ADA

instruments Infrared Thermometer TemPro-1200, квадрокоптери Phantom 3 Standard, Phantom 4 Multispectral, Bebop Pro Thermal та ін.

РОЗВИТОК МЕТОДІВ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ У ВІДДІЛАХ ЦЕНТРУ

Організаційно ЦАКДЗ складається з п'яти відділів.

- Відділ енергомасообміну у геосистемах (завідувачка — кандидат географічних наук Л. О. Єлістратова). До складу Відділу входить Лабораторія технічних засобів дистанційного зондування Землі (завідувач — кандидат геологічних наук С. С. Дугін).

- Відділ геоінформаційних технологій у дистанційному зондуванні Землі (завідувач — член-кореспондент НАН України М. О. Попов). До складу Відділу входить Лабораторія методів обробки даних дистанційного зондування (завідувачка — кандидат технічних наук І. О. Пестова).

- Відділ аерокосмічних досліджень у геології (завідувач — доктор геологічних наук С. М. Єсіпович).

- Відділ геопросторового моделювання в аерокосмічних дослідженнях (завідувач — доктор технічних наук С. А. Станкевич).

- Відділ аерокосмічних досліджень в геоecології (завідувач — кандидат геологічних наук В. Є. Філіпович).

Відділ енергомасообміну в геосистемах. Завідувач відділу — кандидат географічних наук Л. О. Єлістратова (до 2018 року відділ очолював академік НАН України В. І. Лялько).

У відділі виконано значний обсяг теоретико-методичних і практичних досліджень: створено моделі процесів формування ресурсів підземних вод; розроблено методи розрахунку тепло- і масопереносу в земній корі; обґрунтовано доцільність захоронення токсичних промислових стоків у надра; розроблено критерії геотермічних пошуків корисних копалин, зокрема підземних вод та вуглеводневої сировини; узагальнено теоретико-методичні засади застосування матеріалів космічного знімання для вирішення актуальних завдань раціонального природокористування, наприклад: пошуків нафтогазових покладів на шельфі та суходолі, оцінювання фітосанітарного стану та

пожежонебезпечності лісів, прогнозування стану й урожайності зернових культур та екологічної ситуації в екосистемах. Розроблено та застосовано нові ефективні методи й технології інтерпретації матеріалів сучасних аерокосмічних гіперспектральних зйомок [16, 17, 20].

Уперше на основі матеріалів багатоспектральних космічних зніманих експериментально визначено основні балансові складові формування парникового ефекту в межах України з метою виявлення кількісних показників для обґрунтування виділених нашої державі квот парникових газів відповідно до Кіотського протоколу. Передбачено довготермінові сценарії кліматичних та екологічних змін на регіональному і локальному рівнях. Визначено стратегії адаптації, зокрема у зв'язку з прогнозованою ескалацією природних катастроф.

Відділ геоінформаційних технологій у ДЗЗ. Завідувач відділу — член-кореспондент НАН України М. О. Попов. Відділ створено у 2004 р. Основні напрями досліджень — інформаційно-методичне та алгоритмічне забезпечення робіт із ДЗЗ, а саме: методичне й алгоритмічне забезпечення інтерпретації аерокосмічних зображень; обґрунтування вимог щодо обліку перспективних бортових комплексів ДЗЗ; розроблення методів оцінювання якості та інформаційних властивостей багато- і гіперспектральних аерокосмічних зображень; опрацювання методології тестування супутникових технологій на основі геоінформаційних технологій і польових полігонних вимірювань; створення вітчизняної понятійно-нормативної бази у галузі ДЗЗ, її вдосконалення і гармонізація з відповідними міжнародними стандартами та нормами.

Співробітники відділу розробляють теоретико-методичні основи оброблення та аналізу багато- і гіперспектральних аерокосмічних зображень для вирішення різноманітних тематичних завдань ДЗЗ, ефективні алгоритми автоматизованої інтерпретації аерокосмічних зображень [27—30]. Результати проведених досліджень впроваджуються при вирішенні завдань реальної економіки та оборонної тематики.

Відділ аерокосмічних досліджень у геології. Завідувач відділу — доктор геологічних наук

С. М. Єсіпович. Науковий напрям відділу — розроблення методології вирішення геологічних завдань на базі широкого використання матеріалів аерокосмічних зйомок у комплексі з геолого-геофізичними, геохімічними та іншими даними. За допомогою матеріалів космічного знімання створено нові технології пошуку покладів вуглеводнів на суходолі та шельфі; апробовано супутникову технологію прогнозування покладів нафти і газу у межах Дніпровсько-Донецької западини, а на окремих її площах оцінено перспективи нафтогазоносності [25].

Результати апробації технологій відкривають перспективи для прогнозування нових родовищ вуглеводнів, що дозволить значною мірою вирішити паливно-енергетичну проблему України, використовуючи власну сировинну базу. Застосування зазначених технологій дає змогу підвищити геологічну й економічну ефективність геологорозвідувальних робіт щодо виявлення покладів нафти і газу, збільшити обсяг приросту запасів вуглеводневої сировини на фоні зниження фінансових витрат.

Розроблено дистанційну методику аналізу нафтогазового потенціалу шельфу Чорного моря; здійснено рейтингове оцінювання нафтогазоперспективних об'єктів на шельфі, визначено структурно-геоморфологічні та геолого-геофізичні критерії для північно-західного шельфу Чорного та акваторії Азовського морів.

Створено комплекс методів прогнозування нафтогазоперспективних об'єктів Дніпровсько-Донецької западини, який включає регіональний, зональний і детальний рівні, кореляцію поверхневих і глибинних аномалій. Рекомендації за результатами досліджень впроваджені у НАК «Нафтогаз України», ПАТ «Укрнафта», ПАТ «Укргазвидобування».

Відділ геопросторового моделювання в аерокосмічних дослідженнях. Завідувач відділу — доктор технічних наук С. А. Станкевич (до 2021 року цей відділ під назвою «Відділ системного аналізу» очолював член-кореспондент НАН України О. Д. Федоровський).

Відділ створено у 2002 р. з метою проведення науково-дослідних робіт у рамках наукового обґрунтування і впровадження методів системного

аналізу для вирішення геоecологічних і природоресурсних завдань на основі аерокосмічної інформації ДЗЗ.

Основні напрями досліджень: розроблення наукових основ системного моделювання процесу одержання інформації космічними системами ДЗЗ, визначення їхньої оптимальної структури, параметрів та ефективності використання; опрацювання системної методології розвитку та підвищення ефективності космічного геомоніторингу для вирішення ресурсних і екологічних завдань природокористування.

У відділі створено наукові основи для моделювання процесу одержання інформації космічними системами ДЗЗ, визначено їхню оптимальну структуру, параметри та ефективність використання. Сформовано системну методологію розвитку та підвищення ефективності аерокосмічного геомоніторингу для вирішення проблем природокористування в умовах збільшення обсягу виконуваних тематичних завдань [18, 19, 21].

Відділ аерокосмічних досліджень у геоecології. Завідувач відділу — кандидат геологічних наук В. Є. Філіпович.

Основними завданнями та функціями відділу є створення нових методів і технологій комп'ютерного оброблення та інтерпретації аерокосмічних зображень для екологічного моніторингу в умовах трансформації урбанізованих територій. У відділі опрацьовано методичні принципи і технології використання супутникової інформації під час виконання геолого-знімальних робіт в Україні; запропоновано на основі використання космічних даних модернізацію методики оцінювання шкоди державі внаслідок нелегального видобування бурштину [22—24].

На основі дистанційних даних побудовано просторово-часові моделі підтоплення територій ґрунтовими водами в умовах міських агломерацій; розроблено методичні прийоми виявлення техногенного забруднення урбанізованих територій важкими металами, а також джерел забруднень водного середовища.

Створено методичні засади оцінювання геоecологічного стану промислових районів (для Нікополя, Борислава, Києва, Кривого Рогу,



Рис. 4. Рафалівський рудний вузол. Польові геологічні дослідження на відслоненнях Рафалівського базальтового кар'єру. Зліва — провідний інженер відділу АКДГЕ О. І. Кудряшов, справа — завідувач відділу кандидат геологічних наук В. Є. Філіпович

Запоріжжя, Херсона, Миколаєва, Маріуполя) (рис. 4). На основі використання космічної інформації, цифрових моделей рельєфу та геолого-геоморфологічних даних дано обґрунтування прогнозу розвитку зсувонебезпечних процесів на окремих ділянках Придніпровської зсувної зони (м. Київ). Розроблено методику аналізу теплового поля урбанізованих територій за даними космічної зйомки та наземних термометричних досліджень (на прикладі м. Києва).

Створено просторово-часові ряди теплового поля м. Київ, що дозволяє у моніторинговому режимі аналізувати динаміку теплового навантаження на місто, визначати ділянки з підвищеним тепловим забрудненням; проведено районування території міста за ступенем комфортності проживання населення: дано рекомендації щодо прийняття управлінських рішень з метою поліпшення містобудівного планування.

Розроблено методичні основи застосування космічних і наземних даних у тепловому діапазоні для оцінки тепловтрат у місті по лінії «місто — район — окремих будинок». Результати проведених робіт використовують природоохоронні та комунальні структури Київської міської держадміністрації.

Напрацювання відділу з використання дистанційних даних для геології та геоекології впродовж останніх 20 років регулярно впроваджуються у підприємствах Державної геологічної служби України.

МІЖНАРОДНЕ СПІВРОБІТНИЦТВО

ЦАКДЗ — перша в Україні наукова організація, прийнята до Європейської асоціації лабораторій дистанційного зондування (European Association of Remote Sensing Laboratories). Центр підтримує наукові зв'язки з установами Німеччини, Фран-



Рис. 5. Засідання Неформальної робочої групи по сенсорах в рамках Договору про Відкрите небо (м. Відень, Австрія; 13.06.2012)



Рис. 6. Стажування в рамках міжнародного проекту «EcoMining Розробка інтегрованої докторської програми для сталої гірничо-екологічної діяльності» (Технічний університет «Фрайберзька гірнича академія», Фрайберг, Німеччина, 2019 р.)

ції, Японії, Угорщини, Польщі, Китаю, Марокко та ін.

Співробітники Центру є членами міжнародного Комітету з науки та технологій (Science and Technology Committee GEO), багато років гідно представляють Україну (за Указами Президента України) у якості експертів по Договору «Відкрите небо» (Open Skies Treaty) в Організації з безпеки і співробітництва в Європі (Organization for Security and Co-operation in Europe) (рис. 5), співпрацюють із зарубіжними колегами з наукових інститутів та університетів, беруть участь у міжнародних конференціях та проходять стажування (рис. 6).

ЩО ДАЛІ?

З кожним роком методи і технології ДЗЗ удосконалюються, становляться все більш затребуваними. Поступово поширюється коло задач, для вирішення яких їх використовують. Цьому сприяють відносна доступність і висока якість сучасних супутникових зображень, а також наявність достатньо великої кількості програмних продуктів, зокрема з відкритим кодом, для їхньої обробки. Є і ще один суттєвий чинник — це стрімкий розвиток «дронних» технологій.

Все це, безумовно, сприяє колективу Центру працювати на виконання покладеного при його заснуванні 30 років тому завдання на проведення наукових досліджень Землі аерокосмічними методами і впровадження отримуваних знань в інтересах інноваційного розвитку України та задоволення економічних і соціальних потреб. Разом з тим, враховуючи особливі умови, в яких перебуває наша країна в останні роки, потребують корегування планів наукових досліджень в бік конкретизації одержуваних результатів і підвищення їхньої практичної спрямованості.

Планами подальшої діяльності, розвитку наукових досліджень у ЦАКДЗ передбачається:

- продовження досліджень щодо створення нових наукоємних технологій пошуку родовищ корисних копалин, методів виявлення та аналізу розвитку загрозливих природних та природно-техногенних процесів та явищ, способів екологічного контролю видобування стратегічних корисних копалин, удосконалення методів та технології прогнозування врожайності сільськогосподарських культур за даними ДЗЗ тощо. Особлива увага буде приділятися науково-практичним розробкам і технологіям, які затребувані потребами оборони і національної безпеки;

- обґрунтування і здійснення необхідних кроків щодо введення в державну систему підготовки наукових кадрів вищої кваліфікації (докторів наук) наукової спеціальності «Дистанційні аерокосмічні дослідження» (геологічні, технічні і фізико-математичні науки). Створення при ЦАКДЗ спеціалізованої вченої ради з правом прийому для захисту докторських дисертацій з означеної наукової спеціальності;

- дооснащення Центру колективного користування спектрометричної апаратури, що функціонує в ЦАКДЗ, більш потужними мобільними платформами (дронами) для проведення аерозйомки, сучасними високоякісними бортовими і наземними технічними засобами вимірювання сигналів фізичних полів;

- підготовка «Українського журналу дистанційного зондування Землі», що видається Центром, до індексування у міжнародних науково-метричних реферативних базах;

- зміцнення і поширення наукових зв'язків з науковими установами інших країн, участь у міжнародних конференціях.

Плани подальшої діяльності ЦАКДЗ базуються на основних положеннях розвитку світового суспільства, визначених рішеннями ООН зі сталого розвитку, а їхня реалізація буде сприяти задоволенню економічних, оборонних і соціальних потреб України.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бурштинська Х. В., Станкевич С. А. *Аерокосмічні знімальні системи: навч. посіб.* Львів: Львівська політехніка, 2010. 292 с.
2. ДСТУ42202003. Дистанційне зондування Землі з космосу. Терміни та визначення понять. Київ: Держспоживстандарт України, 2003. 18 с.
3. ДСТУ4758:2007. Дистанційне зондування Землі з космосу. Оброблення даних. Терміни та визначення понять. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 12 с.
4. Довгий С. О., Лялько В. І. (ред.). *Інформатизація аерокосмічного землезнавства.* Київ: Наук. думка, 2001. 606 с.
5. Довгий С. О., Лялько В. І., Бабійчук С. М., Кучма Т. Л., Томченко О. В., Юрків Л. Я. *Основи дистанційного зондування Землі: історія та практичне застосування: навч. посіб.* Київ: Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2019. 316 с. ISBN 978-617-7734-01-6
6. Лялько В. І., Федоровський О. Д. (ред.). *Україна з космосу (Атлас дешифрованих знімків території України з космічних апаратів): 2-е вид.* Київ: Наук. думка, 1999. 34 с.
7. Лялько В. І., Федоровський О. Д. (ред.). *Космос — Україні (Атлас дешифрованих знімків території України з КА «Океан» та інших космічних апаратів).* Київ: Наук. думка, 2001. 106 с.
8. Лялько В. І., Попов М. О. (ред.). *Словник із дистанційного зондування Землі.* Київ: СМП АВЕРС, 2004. 170 с.
9. Лялько В. І., Попов М. О. (ред.). *Багатоспектральні методи дистанційного зондування Землі в задачах природокористування.* Київ: Наук. думка, 2006. 358 с.
10. Лялько В. І. (ред.). *Изменения земных систем в Восточной Европе.* Київ: Фолиант, 2010. 581 с.
11. Лялько В. І., Попов М. А. (ред.). *Спутниковые методы поиска полезных ископаемых.* Киев: Карбон-Лтд, 2012. 436 с.
12. Лялько В. І. (ред.). *Парниковий ефект і зміни клімату в Україні: оцінки та наслідки.* Київ: Наук. думка, 2015. 283 с. ISBN 978-966-00-1526-5
13. Лялько В. І., Попов М. О. (ред.). *Сучасні методи дистанційного пошуку корисних копалин (електронне видання).* Київ, 2017. 220 с.
14. Мичак А. Г., Філіпович В. Є., Приходько В. Л. та ін. *Аерокосмічні дослідження геологічного середовища: наук.-метод. посіб.* Київ: Міністерство охорони навколишнього природного середовища України, Державна геологічна служба України, 2010. 246 с.
15. Попов М. А., Кудашев Е. Б. (ред.). *Инфраструктура спутниковых геоинформационных ресурсов и их интеграция: Сб. науч. ст.* Киев: Карбон-Сервис, 2013. 192 с.
16. Apostolov A. A., Yelistratova L. A., Romanciuc I. F., Zakharchuk I. Identifying potential landslide areas by employing the erosion relief index and meteorological criteria in Ukraine. *Rev. Roum. Géogr. / Rom. J. Geogr.* 2021. **65**, (2). P. 125—141.
17. Apostolov O. A., Elistratova L. O., Romanchuk I. F., Chekhniiy V. M. Assessment of desertification areas in Ukraine by estimation of water indexes using remote sensing data. *Ukr. Geographical J.* 2020. **1**(109). P. 16—25. <https://doi.org/10.15407/ugz2020.01.016>
18. Arkhipov A. I., Glazunov N. M., Khyzhniak A. V. Heuristic criterion for class recognition by spectral brightness. *Cybern Syst Anal.* 2018. **54**. P. 94—98. <https://doi.org/10.1007/s10559-018-0010-7>
19. Artiushenko M. V., Khyzhniak A. V. Methodology of fire safety monitoring for peatlands using space survey. *J. Automat.and Inform. Sci.* 2020. **52**, No. 7. P. 63—73. <https://doi.org/10.1615/JAUTOMATINFSCIEN.V52.I7.60>
20. Azimov O. T., Trofymchuk O. M., Kuraeva I. V., Zlobina K. S., Karmazinenko S. P., Dorofey Ye. M. Ecological and geochemical study of the state of soil deposits in the impact areas of municipal solid waste landfills. 19th EAGE Int. Conf. on Geoinformatics — Theoretical and Applied Aspects. Kyiv, Ukraine. *Conf. Proc.* 2020. **2020**. 1—7. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2020geo133>
21. Fedorovsky O. D., Khyzhniak A. V., Tomchenko O. V. Assessing aquatic environment quality of the urban water bodies by system analysis methods based on integrating remote sensing data. *Space Science and Technology.* 2021. **27**, No. 5. C. 10—18. <https://doi.org/10.15407/knit2021.5.011>
22. Filipovich V., Mychak A., Krylova A. *Use satellite data in monitoring ecological condition of urban landscape.* 14th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2014. Albena, Bulgaria, Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing, Section Cartography and GIS, Conference Proceedings. 2014. Vol. III. P. 1061—1068. DOI: 10.5593/SGEM2014/B23/S11.134
23. Filipovych V. Ye., Shevchuk R. M., Mychak A. H. Satellite imagery application for searching buried intrusive structures. *Sci. innov.* 2022. **18**(2). P. 59—65. <https://doi.org/10.15407/scine18.02.059>
24. Filipovych Volodymyr Ye., Lyalko Vadim I., Lischenko Lyidmila P., Pazynych Natalia V., Teremenko Aleksandr N., Krylova Anna B. Remote sensing monitoring of historical centre of Kyiv for reducing risks from disasters at world heritages properties. *J. Japanese Geotechnical Soc. Special Publ.* 2015. **2**, No. 78. P. 2671—2675. DOI:<http://doi.org/10.3208/jgssp.TC301-04>

25. Golubov S. I., Vorobiev A. I., Sedlerova O. V., Yefimenko T. A. *Geological interpretation of remote sensing data for deep faults identifying in the Dnieper-Donets basin*. Publisher: European Association of Geoscientists & Engineers. Source: Conference Proceedings, Geoinformatics, May 2021. Vol. 2021. P. 1–6.
26. Groisman P., Lyalko V. I. (Eds.). *Earth Systems Change over Eastern Europe*. Kyiv: Akademiya, 2012. 488 p.
27. Kozlova A. A., Khyzhniak A. V., Piestova I. A., Andreiev A. A. Synergetic use of Sentinel-1 and Sentinel-2 data for analysis of urban development and green spaces. European Association of Geoscientists & Engineers. Conference Proceedings, 17th International Conference on Geoinformatics - Theoretical and Applied Aspects, May 2018. Vol. 2018. P. 1–6. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.201801846>
28. Popov M. O., Stankevich S. A., Mosov S. P., Titarenko O. V., Topolnytskyi M. V., Dugin S. S., Landmine detection with UAV-based optical data fusion. IEEE EUROCON 2021 — 19th International Conference on Smart Technologies, 2021. P. 175–178. doi: 10.1109/EUROCON52738.2021.9535553.
29. Popov M., Fedorovsky O. D., Stankevich S., Filipovich V. E., Khyzhniak A. V., Piestova I., Lubskeyi M. S., Svideniuk M. Remote sensing technologies and geospatial modelling hierarchy for smart city support. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2017. P. 51–56. <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-IV-5-W1-51-2017>.
30. Stankevich S., Piestova I., Shklyar S., Lysenko A. *Satellite Dual-Polarization Radar Imagery Superresolution Under Physical Constraints*. Eds N. Shakhovska, M. O. Medykovsky. Advances in intelligent systems and computing IV. CSIT 2019. *Adv. in Intelligent Systems and Computing*. 2020. **1080**. https://doi.org/10.1007/978-3-030-33695-0_30.

REFERENCES

1. Burshtinska Kh. V., Stankevich S. A. (2010). *Aerocosmic surveying systems*. Text book. Lviv: Lviv Polytechnic, 246 p. [in Ukrainian].
2. DSTU 4220: 2003. Remote sensing of the Earth from space. Terms and definitions of concepts. Kyiv: State Standard of Ukraine [in Ukrainian].
3. DSTU 4758: 2007. Remote sensing of the Earth from space. Data processing. Terms and definitions of concepts. Kyiv: State Standard of Ukraine [in Ukrainian].
4. Dovgy S. O., Lyalko V. I. (Eds). (2001). *Informatization of aerospace agriculture*. Kyiv: Naukova Dumka, 606 p. [in Ukrainian].
5. Dovgyi S. O., Lialko V. I., Babiichuk S. M., Kuchma T. L., Tomchenko O. V., Iurkiv L. Ya. (2019). *Fundamentals of remote sensing: History and practice: Guidance Manual*. translation from Ukrainian Savychenko O., Oleshko O. K.: Institute of Gifted Child of the NAPS of Ukraine. 316 p. ISBN 978-617-7734-05-4
6. Lyalko V. I., Fedorovsky O. D. (Eds) (1999). *Ukraine from space (Atlas of decoded pictures of the territory of Ukraine from space vehicles)*. 2ed. Kyiv: Naukova Dumka, 34 p. [in Ukrainian].
7. Lyalko V. I., Fedorovsky O. D. (Eds). (2001). *Cosmos — Ukraine (Atlas of decoded pictures of the territory of Ukraine with spacecraft "Ocean" and other space vehicles)*. Kyiv: Naukova Dumka, 106 p. [in Ukrainian].
8. Lyalko V. I., Popov M. A. (Eds). (2004). *Reference book with remote sensing of the Earth*. Kyiv: SMP AVERS, 170 p. [in Ukrainian].
9. Lyalko V. I., Popov M. O. (Eds) (2006). *Multispectral methods for remote sensing of the Earth in the problems of nature management*. Kyiv: Naukova Dumka, 358 p. [in Ukrainian].
10. Lyalko V. I. (Ed.). (2010). *Changes in terrestrial systems in Eastern Europe*. Kyiv: Foliant publishing house, 581 p. [in Russian].
11. Lyalko V. I., Popov M. A. (Eds) (2012). *Satellite methods of searching for minerals*. Kyiv: Carbon-Ltd, 436 p. [in Russian].
12. Lyalko V. I. (Ed.) (2015). *Greenhouse effect and climate change in Ukraine: assessments and consequences*. Kyiv: Naukova Dumka, 283 p. [in Ukrainian].
13. Lyalko V. I., Popov M. O. (Eds). (2017). *Modern methods of remote search for minerals*. ISBN 978_966_02_8295_7 (electronic publication). Kyiv, 220 p. [in Ukrainian].
14. Michak A. G., Filipovich V. E., Prikhodko V. L., et al. (2010). Aerocosmic studies of the geological environment. Sci. method. allowance. Kyiv: Ministry of Environmental Protection of Ukraine, State Geological Survey of Ukraine, 246 p. (in Ukrainian).
15. Popov M. A., Kudashev E. B. (Eds). (2013). *Infrastructure of satellite geoinformation resources and their integration: Sat. sci. words*. Kyiv: Carbon-Service, 192 p. [in Russian].
16. Apostolov A. A., Yelistratova L. A., Romanciuc I. F., Zakharchuk I. (2021). Identifying potential landslide areas by employing the erosion relief index and meteorological criteria in Ukraine. *Rev. Roum. Géogr./Rom. J. Geogr.*, **65** (2), 125–141.
17. Apostolov O. A., Elistratova L. O., Romanchuk I. F., Chekhniy V. M. (2020). Assessment of desertification areas in Ukraine by estimation of water indexes using remote sensing data. *Ukrainian Geograph. J.*, **1**(109), 16–25. <https://doi.org/10.15407/ugz2020.01.016>

18. Arkhipov A. I., Glazunov N. M., Khyzhniak A. V. (2018). Heuristic criterion for class recognition by spectral brightness. *Cybern Syst Anal.*, **54**, 94–98. <https://doi.org/10.1007/s10559-018-0010-7>
19. Artiushenko M. V., Khyzhniak A. V. (2020). Methodology of fire safety monitoring for peatlands using space survey. *J. Automat. and Inform. Sci.*, **52**, No. 7, 63–73. <https://doi.org/10.1615/JAUTOMATINFSCIEN.V52.I7.60>
20. Azimov O. T., Trofymchuk O. M., Kuraeva I. V., Zlobina K. S., Karmazinenko S. P., Dorofey Ye. M. (2020). Ecological and geochemical study of the state of soil deposits in the impact areas of municipal solid waste landfills. 19th EAGE Intern. Conf. on Geoinformatics – Theoretical and Applied Aspects (11–14 May 2020, Kyiv, Ukraine): Conf. Proc., **2020**, 1–7. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2020geo133>.
21. Fedorovsky O. D., Khyzhniak A. V., Tomchenko O. V. (2021). Assessing aquatic environment quality of the urban water bodies by system analysis methods based on integrating remote sensing data. *Space Science and Technology*, **27**, No. 5, 10–18. <https://doi.org/10.15407/knit2021.05.011>.
22. Filipovich V., Mychak A., Krylova A. (2014). Use satellite data in monitoring ecological condition of urban landscape. 14th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM. Albena, Bulgaria, Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing, Section Cartography and GIS. *Conference Proceedings*, vol. III, 1061–1068. <https://doi.org/10.5593/SGEM2014/B23/S11.134>
23. Filipovych V. Ye., Shevchuk R. M., Mychak A. H. (2022). Satellite imagery application for searching buried intrusive structures. *Sci. innov.*, **18**(2), 59–65. <https://doi.org/10.15407/scine18.02.59>
24. Filipovych V. Ye., Lyalko V. I., Lischenko L. P., Pazynych N. V., Teremenko A. N., Krylova A. B. (2015). Remote sensing monitoring of historical centre of Kyiv for reducing risks from disasters at world heritages properties. *J. Japanese Geotechnical Society Special Publication*, **2**(78), 2671–2675. <http://doi.org/10.3208/jgssp.TC301-04>
25. Golubov S. I., Vorobiev A. I., Sedlerova O. V., Yefimenko T. A. (2021). Geological interpretation of remote sensing data for deep faults identifying in the Dnieper-Donets basin. Publisher: European Association of Geoscientists & Engineers. Source: Conference Proceedings, Geoinformatics, **2021**, 1–6.
26. Groisman P., Lyalko V. I. (Eds.). (2012). *Earth Systems Change over Eastern Europe*. Kyiv: Akadempriodyka, 488 p.
27. Kozlova A. A., Khyzhniak A. V., Piestova I. A., Andreiev A. A. (2018). Synergetic use of Sentinel-1 and Sentinel-2 data for analysis of urban development and green spaces. European Association of Geoscientists & Engineers. 17th International Conference on Geoinformatics – Theoretical and Applied Aspects, May 2018. *Conference Proceedings*, **2018**, 1–6. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.201801846>
28. Popov M. O., Stankevich S. A., Mosov S. P., Titarenko O. V., Topolnytskyi M. V., Dugin S. S. (2021). Landmine detection with UAV-based optical data fusion, IEEE EUROCON 2021 - 19th International Conference on Smart Technologies. 175–178. <https://doi.org/10.1109/EUROCON52738.2021.9535553>.
29. Popov M., Fedorovsky O. D., Stankevich S., Filipovich V. E., Khyzhniak A. V., Piestova I., Lubyskiy M. S., Svideniuk M. (2017). Remote sensing technologies and geospatial modelling hierarchy for smart city support. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 51–56. <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-IV-5-W1-51-2017>
30. Stankevich S., Piestova I., Shklyar S., Lysenko A. (2020). Satellite dual-polarization radar imagery superresolution under physical constraints. Advances in intelligent systems and computing IV. Eds N. Shakhovska, M. O. Medykovsky. CSIT 2019. *Adv. in Intelligent Systems and Computing*, **1080**. https://doi.org/10.1007/978-3-030-33695-0_30

Стаття надійшла до редакції 29.05.2022

Після доопрацювання 31.05.2022

Прийнято до друку 31.05.2022

Received 29.05.2022

Revised 31.05.2022

Accepted 31.05.2022

V. I. Lyalko, Chief Researcher, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Ukraine,
Dr.Sci. in Geol. and Mineral., Professor

E-mail: vilyalko31@ukr.net

M. O. Popov, Director, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Ukraine,
Dr.Sci. in Tech., Professor

E-mail: mpopov@casre.kiev.ua

O. V. Sedlerova, Deputy Director, Ph.D. in Geol., Senior Researcher

E-mail: sedlerovaolga@gmail.com

A. V. Khyzhniak, Scientific Secretary, Researcher, Ph.D. in Tech.

E-mail: avsokolovska@gmail.com

State Institution “Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth
of the Institute of Geological Science of the National Academy of Sciences of Ukraine”
55-B, O. Gonchar Str., Kyiv, 01054 Ukraine

SCIENTIFIC CENTRE FOR AEROSPACE RESEARCH OF THE EARTH OF THE INSTITUTE OF GEOLOGICAL SCIENCES OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF UKRAINE: A 30-YEAR-OLD ROAD

The paper was prepared in connection with the 30th anniversary of the “State Institution Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth IGS NAS of Ukraine”. The article briefly describes the history of the development of aerospace exploration of the Earth in Ukraine and the role of the Centre in remote sensing research provided by institutions of the National Academy of Sciences of Ukraine. The history of the Centre, its scientific academic schools, and main areas of research are presented, and the prospects for further development are outlined.

We describe the current organizational structure of the Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth and the achievements of the scientific team. The analysis of the contribution of its employees to the development of aerospace research in Ukraine and international activities of the Centre are presented. Further prospects and plans for the development of scientific research at the Centre, which cover the basic principles of the development of world society determined by the UN decisions on sustainable development, are considered.

Keywords: Scientific Centre, aerospace research, development strategy, sustainable development.