



<https://doi.org/10.36023/ujrs.2022.9.2.214>

УДК (55:528.8):061.6(477)

До розвитку методів і технологій дистанційного зондування Землі в Україні

(до 30-річчя Державної установи “Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук Національної академії наук України”)

В. І. Лялько*, М. О. Попов, О. В. Седлерова, О. Д. Федоровський, С. А. Станкевич, Л. О. Єлістратова, В. Є. Філіпович, А. В. Хижняк

ДУ “Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України”, вул. Олеся Гончара, 55-Б, Київ 01054, Україна

Стаття присвячена аналізу наукових здобутків колективу Державної установи «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України» за 30-річний період від дня створення наукової установи. Стисло висвітлено історію розвитку аерокосмічних досліджень Землі в Україні та роль Наукового центру в дослідженнях з дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), які виконуються установами НАН 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 наукового колективу. Проаналізовано внесок його співробітників у розвиток аерокосмічних досліджень в Україні. Представлено міжнародну діяльність Центру та його співробітників. Розглядаються подальші перспективи розвитку наукових досліджень в галузі ДЗЗ в Україні. Відзначається, що стратегія розвитку досліджень полягатиме в реалізації основних положень розвитку світового суспільства, визначених рішеннями ООН зі сталого розвитку людства, шляхом забезпечення його, перш за все, трьома складовими життєдіяльності, а саме – продовольством, питною водою та енергоресурсами. У вирішенні цієї проблеми суттєву роль відіграватиме розробка нових ефективних методів і технологій використання матеріалів аерокосмічних зйомок та комп’ютерного моделювання процесів енергомасообміну в геосферах Землі. Реалізація цих методів і технологій буде сприяти задоволенню економічних, оборонних і соціальних потреб України з урахуванням фундаментальної програми післявоєнного відновлення та реконструкції народного господарства України.

Ключові слова: Науковий центр, аерокосмічні дослідження, енергомасообмін в геосистемах, сталий розвиток

© В. І. Лялько, М. О. Попов,
О. В. Седлерова, О. Д. Федоровський,
С. А. Станкевич, Л. О. Єлістратова,
В. Є. Філіпович, А. В. Хижняк. 2022

Вступ

Історія спостереження поверхні Землі космічними засобами, оснащеними різними видами знімальної апаратури, налічує більше 60-ти років. Широкомасштабне залучення даних, що надходять із супутників, потребувало нових наукових і науково-практичних досліджень, спрямованих на вирішення проблем, з якими з наростаючою силою стикається людство: забруднення природного середовища і негативні тенденції в біорізноманітті, брак питної води та енергетичних ресурсів, зміни клімату, збільшення природних катастроф, деградація земель тощо.

Українські вчені і наукові колективи активно співпрацюють зі світовим співтовариством на ниві вивчення та спостереження за всіма геосферами Землі, вони беруть участь у постановці наукових експериментів, створенні бортових технічних приладів для орбітальних апаратів і наземних систем

приймання космічної інформації, розробленні методів обробки та аналізу супутникових даних, у вирішенні багатьох актуальних прикладних завдань.

Вже з перших років незалежності нашої держави до космічної тематики приєдналися наукові й науково-технічні організації та установи, промислові підприємства Дніпропетровська, Євпаторії, Києва, Севастополя, Харкова тощо. Була прийнята Перша космічна програма України (1994–1997 рр.), яка заклала правову базу космічної діяльності і в якій були визначені основні напрями розвитку і пріоритети космічної галузі в інтересах національної економіки і безпеки України.

Одним з пріоритетів Першої космічної програми України визначено дистанційне зондування Землі (ДЗЗ). Було розроблено і запущено кілька українських супутників з апаратурою видової зйомки. Для оброблення супутникових даних і вирішення на їх основі актуальних тематичних завдань був задіяний цілий ряд організацій і установ – Науковий центр

*E-mail: vilyalko31@ukr.net

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 присвячена ця стаття.

Створення Наукового центру аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України та його надбання

У 1987 році за ініціативи 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. Така організація під назвою “Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України” (далі – Центр або ЦАКДЗ) була створена 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. Лялька) 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. Лялька (з 2010 року – академік НАН України). Сьогодні В. І. Лялька є Почесним директором Центру.

Нині 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 їх 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.



Рис. 1. Співробітники ЦАКДЗ ІГН НАН України

У Центрі розробляються ефективні космічні методи й технології для вирішення низки актуальних для України завдань раціонального природокористування, зокрема пошуків нафтогазових покладів на суходолі та шельфі, що дало змогу 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. (Лялька В. І., Попов М. О., 2018, Лялька В. І., Попов М. О., 2017, Мичак А. Г., 2018).

Здійснюється підготовка аспірантів з наукових спеціальностей 103 – Науки про Землю та 172 – Телекомунікації та радіотехніка, відкрито докторантуру.

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 їх використання для вирішення актуальних для України природоресурсних і природоохоронних завдань.

Разом з 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 англomовний 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. – О. Д. Федоровському, М. О. Попову і О. І. Сахацькому (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” (Лялько В. И., 1992), “Україна з космосу” (Україна, 1999), “Космос – Україні: Атлас дешифрованих знімків території України з КА “Океан” та інших космічних апаратів” (Космос, 2001), “Нові методи в аерокосмічному землезнавстві” (Лялько В. І., 1999), “Інформатизація аерокосмічного землезнавства” (Інформатизація, 2001), “Багатоспектральні методи дистанційного зондування Землі в задачах природокористування” (Багатоспектральній, 2006), “Изменения земных систем в Восточной Европе” (Изменения, 2010), “Earth Systems Change over Eastern Europe” (Earth, 2012), “Спутниковые методы поиска полезных ископаемых (Спутниковые, 2012), “Сучасні методи дистанційного пошуку корисних копалин” (Сучасні, 2017), “Парниковий ефект і зміни клімату в Україні: оцінки та наслідки” (Парниковий, 2015). Співробітниками центру складено державні стандарти (Державний, 2003, 2007), словники (Словник, 2004), навчальну літературу (Бурштинська Х. В., 2010; Інфраструктура, 2013; Основи, 2019) та науково-методичний посібник “Аерокосмічні дослідження геологічного середовища” (Аерокосмічні, 2010).

За тридцять років існування 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 нафтогазопошукових робіт; оцінювання площинного розподілу вологи верхнього шару від-

критого ґрунту; підвищення повноти огляду земної поверхні; підвищення достовірності виявлення та розпізнавання штучних та природних об’єктів в різних умовах; дистанційного оцінювання екологічного стану водних екосистем; оцінювання і прогнозування розвитку небезпечних природних та антропогенних (техногенних) процесів при відкритому видобуванні корисних копалин; 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 вітчизняних та міжнародного значення виставках (Рис. 2, 3, 4).



Рис. 2. Виставка наукових розробок на Фестивалі науки 2013 р. Директор МПСА (ІААСА, м. Відень, Австрія) Павел Кабат біля стенду Наукового центру аерокосмічних досліджень Землі. Основні розробки представляє директор Центру В.І. Лялько (праворуч).

У ЦАКДЗ функціонує Центр колективного користування, до матеріально-технічної бази якого входять: польовий прецизійний спекторадіометр 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, пірометри TROTEC TP-10 і ADA instruments Infrared Thermometer TemPro-1200, квадрокоптери Phantom 3

Standard, Phantom 4 Multispectral, Bebop Pro Thermal та ін.

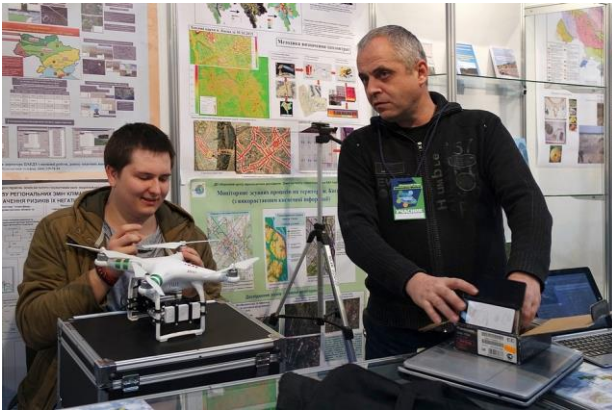


Рис. 3. Міжнародний форум “INNOVATION MARKET”, 2016 р. На виставці демонструвався один з приладів Центру колективного користування спектрометричною апаратурою – система реєстрації мілливості параметрів водного середовища DJI STS-VIS. Завідувач лабораторії технічних засобів дистанційного зондування Землі С. С. Дугін (праворуч) та провідний інженер ЦАКДЗ С. І. Голубов (ліворуч).



Рис. 4. Міжнародний форум “INNOVATION MARKET”, 2017 р. Заступник директора ЦАКДЗ з наукової роботи О. В. Седлерова і китайські фахівці з Shanghai Engineering Center for Microsatellites, які зацікавились розробками ЦАКДЗ

Молоді вчені Центру отримують премії і стипендії (Рис. 5).



Рис. 5. Вручення Премії Київського міського голови В. Кличка ученому секретарю Центру А. В. Хижняк, Київ, 2021 р.

Внесок науковців відділів Центру в розвиток методів ДЗЗ

Організаційно ЦАКДЗ складається з п'яти відділів:

- 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).

- 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).

- Аерокосмічних досліджень у геології (завідувач – доктор геологічних наук С. М. Єсіпович).

- Геопросторового моделювання в аерокосмічних дослідженнях (завідувач – доктор технічних наук С. А. Станкевич).

- Аерокосмічних досліджень в геоєкології (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).

Відділ створено у 1992 році (з 1969 року – відділ тепломасопереносу в земній корі). 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 (Лялько В. І., 1975, Лялько В. І., 1979, Лялько В. І., 1981); 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 (Лялько В. І., 2017). Розроблено та застосовано нові ефективні методи й технології інтерпретації матеріалів сучасних аерокосмічних гіперспектральних зйомок.

Уперше на основі матеріалів багатоспектральних космічних знімачів 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 Київського протоколу (Парниковий..., 2015). Передбачено довготермінові сценарії кліматичних та екологічних змін на регіональному і локальному рівнях (Лялько В. І., 2020, 2019, 2018, 2017; Apostolov A. A., 2020, Apostolov O. A., 2021, Lyalko V. I., 2020). Визначено стратегії адаптації, зокрема у зв'язку з прогнозованою ескалацією природних катастроф

(Костюченко Ю. В., 2020, Лялько В. І., 2018, Lyalko Vadim I., 2015).

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. Результати проведених досліджень впроваджуються під час вирішення завдань реальної економіки та оборонної тематики (Роров М. А., 2019, Роров М. О., 2020, Роров М., 2017, 2021).

Відділ аерокосмічних досліджень у геології

Завідувач відділу – доктор геологічних наук С. М. Єсипович.

Відділ створено у 1992 р. 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 в межах Дніпровсько-Донецької западини, а на окремих її площах оцінено перспективи нафтогазоносності (Єсипович С. М., 2017, Товстюк З. М., 2021, Седлерова О. В., 2021).

Результати апробації технологій відкривають перспективи для прогнозування нових родовищ вуглеводнів, що дасть змогу значною мірою вирішити паливно-енергетичну проблему України, використовуючи власну сировинну базу. Застосування зазначених технологій дає змогу підвищити геологічну й економічну ефективність геолого-розвідувальних 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 (Єсипович С. М., 2020, Седлерова О. В., 2015).

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 геоекологічних і природо-ресурсних 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 (Федоровський О. Д., 2020, Роров М., Fedorovsky O., 2017).

Відділ аерокосмічних досліджень у геоекології

Завідувач відділу – кандидат геологічних наук В. Є. Філіпович.

Відділ створено у 1992 р. 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 геологоснімальних робіт в Україні; застосування супутникових зображень для пошуку похованих інтрузивних тіл (Filipovych V., 2022); розроблено методику дистанційного моніторингу стану вуглеводневого забруднення геологічного середовища і оцінювання ризиків виникнення небезпечних ситуацій у районах тривалого нафтогазовидобування та компактного проживання населення (Філіпович В. Є., 2020);

запропоновано на основі використання космічних даних модернізацію методики оцінювання шкоди державі внаслідок нелегального видобування бурштину (Філіпович В. Є., 2015); розроблено методику супутникового моніторингу торфовищ з метою визначення їх пожежонебезпечного стану та оцінювання ризиків виникнення пожеж на них (Ліщенко Л. П., 2020).

На підставі 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, Запоріжжя, Херсона, Миколаєва, Маріуполя). На основі використання космічної інформації, цифрових моделей рельєфу та геолого-геоморфологічних даних надано 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) (Lyalko Vadim I., 2015).

Розроблено методичні основи застосування космічних і наземних даних у тепловому діапазоні для оцінювання тепловтрат у місті по лінії “місто–район–окремий будинок”: викладено рекомендації щодо прийняття управлінських рішень з метою поліпшення містобудівного планування. Результати проведених робіт використовують природоохоронні та комунальні структури Київської міської держадміністрації.

Напрацювання відділу з використання дистанційних даних для геології та геоecології впродовж останніх 20 років регулярно впроваджуються на підприємствах Державної геологічної служби України та підприємствах з видобутку вуглеводнів. (Рис. 6, 7)



Рис. 6. Польова аерозйомка на Кишинській площі пошуку похованих інтрузивних тіл. Завідувач лабораторії технічних засобів дистанційного зондування Землі С. С. Дугін (ліворуч) та старший науковий співробітник відділу геоecології ЦАКДЗ А. Г. Мичак



Рис. 7. Польове обстеження забруднення вуглеводнями житлової зони м. Борислав. Завідувач лабораторії технічних засобів дистанційного зондування Землі С. С. Дугін проводить заміри метану

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, Франції, 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) як експерти по Договору “Відкрите небо” (Open Skies Treaty) в Організації з безпеки і співробітництва в Європі (Organization for Security and Co-operation in Europe) (Рис. 8), співпрацюють із зарубіжними колегами з наукових інститутів й університетів, беруть участь у міжнародних конференціях (Рис. 9) та проходять стажування (Рис. 10).



Рис. 8. Засідання Неформальної робочої групи по сенсорах в рамках Договору про Відкрите небо; Австрія; м. Відень, 13.06.2012. Заступник директора Центру (на той час) Попов М. О. (праворуч)



Рис. 9. Доктор Р. Шевчук (зліва), експерт Національної академії наук України (ЦАКДЗ), та проф. А. Демитриадес, експерт Міжнародної федерації наук про Землю, Голова Комітету з відбору проб Комісії IUGS з питань глобального геохімічного фону на Третьому симпозиумі “Глобальна геоекологічна зйомка в ключових зонах чорноземів (BASGES)” м. Чанду (Китай, листопад 2019 р.)



Рис. 10. Стажування в рамках міжнародного проекту “ЕсоMining Розробка інтегрованої докторської програми для сталої гірничо-екологічної діяльності” (Технічний університет “Фрайберзька гірнична академія”, Фрайберг, Німеччина, 2019 р.). Аспірант Центру (на той час) М. О. Сведенюк (другий ряд, праворуч)

Перспективи та актуальність методів дистанційного зондування

З кожним роком методи і технології ДЗЗ удосконалюються, поступово розширюється коло завдань, для вирішення яких ефективно застосовують інформацію з космосу та дронів. Цьому сприяють відносна доступність і висока якість сучасних супутникових зображень, стрімкий розвиток “дронних” технологій, а також наявність достатньо великої кількості програмних продуктів, зокрема з відкритим кодом, для обробки даних.

Все це, безумовно, сприяє розвитку нових ідей і активній науковій праці по реалізації завдання, що було покладено на колектив Центру 30 років тому – 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 останні роки, плани наукових досліджень потребують корегування в бік конкретизації одержуваних результатів і підвищення їх 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 за видобуванням стратегічних корисних копалин, удосконалення методів і технологій прогнозування врожайності сільськогосподарських культур за даними ДЗЗ тощо. Особлива увага буде приділятися науково-практичним розробкам і технологіям, які обумовлені потребами оборони і національної безпеки;

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

- популяризація методів дистанційного зондування Землі, обґрунтування і здійснення необхідних кроків щодо збереження в державній системі 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 приймання для захисту докторських дисертацій з означеної наукової спеціальності;

- зміцнення і поширення наукових зв’язків з науковими установами інших країн, участь в міжнародних проектах, конференціях.

Плани подальшої діяльності ЦАКДЗ базуються на основних положеннях розвитку світового суспільства, визначених рішеннями ООН зі сталого розвитку, а їх реалізація буде сприяти задоволенню економічних, оборонних і соціальних потреб України з урахуванням фундаментальної програми післявоєнного відновлення та реконструкції народного господарства України.

Література

З видань та публікацій співробітників центру

Аерокосмічні дослідження геологічного середовища : наук.-метод. посіб. / А. Г. Мичак та ін. Міністерство охорони навколишнього природного середовища України, Державна геологічна служба України. Київ, 2010. 246 с.

Алгоритм детальних досліджень для пошуку родовищ вуглеводнів на прикладі Шебелинського газоконденсатного родовища / З. М. Товстюк та ін. *Український журнал дистанційного зондування Землі*. 2021. Т. 8(3). С. 37–43. DOI: <https://doi.org/10.36023/ujrs.2021.8.3.199>.

Багатоспектральні методи дистанційного зондування Землі в задачах природокористування / за ред. В. І. Лялька, М. О. Попова. Київ : Наук. думка, 2006. 358 с.

Будова Оріхово-Павлоградської шовної зони за палеогеографічними та геолого-геофізичними даними /

- Єсипович С. М. та ін. *Український журнал дистанційного зондування Землі*. 2017. № 12. С. 53–58. DOI: <https://doi.org/10.36023/ujrs.2017.12.96>.
- Бурштинська Х. В., Станкевич С. А. Аерокосмічні знімальні системи : навч. посіб. Львів : Львівська політехніка, 2010. 292 с.
- Геодинамічне районування шельфу Азовського моря та екологічні проблеми при нафтогазовидобувних роботах / Єсипович С. М. та ін. *Український журнал дистанційного зондування Землі*. 2020. № 24. С. 24–33. DOI: <https://doi.org/10.36023/ujrs.2020.24.167>.
- Дистанційне оцінювання екологічного стану водойм на основі багатомірної щільності розподілу площ біотопів на прикладі Київського водосховища / О. Д. Федоровський та ін. *Космічна наука і технологія*. 2020. № 5(126). С. 38–47. <https://doi.org/10.15407/knit2020.05.038>.
- До 25-річчя від дня заснування Державної установи “Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України” / В. І. Лялько та ін. *Геол. журн.* 2017. № 1(358). С. 101–108.
- ДСТУ 4220:2003 Дистанційне зондування Землі з космосу. Терміни та визначення понять. Київ : Держспоживстандарт України, 2003. 18 с.
- ДСТУ 4758:2007 Дистанційне зондування Землі з космосу. Оброблення даних. Терміни та визначення понять. Київ : Держспоживстандарт України, 2007. 12 с.
- Експрес-оцінка ерозійно-небезпечних ділянок ґрунтового покриву на території України з використанням даних дистанційного зондування Землі з врахування кліматичних факторів та рослинності / В. І. Лялько та ін. *Доповіді НАН України*. 2018. № 3, С. 87–94. <https://doi.org/10.15407/dopovid18.03.087>.
- Изменения земных систем в Восточной Европе / под ред. В. И. Лялько. Киев : Фолиант, 2010. 581 с.
- Инфраструктура спутниковых геоинформационных ресурсов и их интеграция : сб. науч. статей / под ред. М. А. Попова, Е. Б. Кудашева. Киев : Карбон-Сервис, 2013. 192 с.
- Информатизация аерокосмічного землезнавства / за ред. С. О. Довгого, В. І. Лялька. Київ : Наук. думка, 2001. 606 с.
- Космос – Україні. Атлас дешифрованих знімків території України з КА “Океан” та інших космічних апаратів / за ред. В. І. Лялька, О. Д. Федоровського. Київ : Наукова думка, 2001. 106 с.
- Костюченко Ю. В., Лялько В. І., Мовчан Д. М., Копачевський І. М. Підхід до аналізу соціальної вразливості по відношенню до катастроф різного походження з використання даних з різних джерел. *Взаємозв'язки в системі продовольство, енергія та вода для сталого розвитку: інтегроване моделювання та надійне управління* / за ред. А. Г. Загороднього та ін. Київ, 2020. С. 171–210.
- Ліщенко Л. П., Шевчук Р. М., Філіпович В. Є. Методика спутникового моніторингу торфовищ з метою визначення їх пожежонебезпечного стану та оцінювання ризиків виникнення пожеж на них. *Український журнал дистанційного зондування Землі*. 2020, Т. 9(1), С. 16–25. DOI: <https://doi.org/10.36023/ujrs.2022.9.1.210>.
- Лялько В. И. О возможности дистанционных геохимических поисков некоторых полезных ископаемых на основе лидарной спектроскопии. *Геологический журнал*. 1979. Т. 39, № 5(188). С. 19–25.
- Лялько В. И., Вульфсон Л. Д., Жарый В. Ю. Аэрокосмические методы в геоэкологии. Киев : Наукова думка, 1992. 206 с.
- Лялько В. И., Митник М. М. Дистанционные геотермические поиски полезных ископаемых. *Геологический журнал*. 1975. Т. 35, № 6(165). С. 27–46.
- Лялько В. И., Митник М. М., Вульфсон Л. Д. Использование дистанционной тепловой и спектрометрической съемки для поисков нефтегазовых залежей и термальных вод. Киев, 1981. 46 с. (Препринт. ИГН АН УССР).
- Лялько В. І., Єлістратова Л. О., Апостолов О. А., Романчук І. Ф. Дистанційний моніторинг стану атмосферного середовища на території України в період карантинних обмежень COVID-19. *Український журнал дистанційного зондування Землі*. 2020. № 26. С. 48–54. <https://doi.org/10.36023/ujrs.2020.26.182>.
- Лялько В. І., Єлістратова Л. О., Апостолов О. А., Ходоровський А. Я. Зміна параметрів вітру на території України в період глобальних кліматичних змін. *Доповіді НАН України*. 2019. № 10 С. 57–66. <https://www.dopovidi-nanu.org.ua/sites/default/files/2019/10/2019-10-8.pdf>.
- Лялько В. І., Єлістратова Л. О., Апостолов О. А., Чехній В. М. Аналіз ґрунтово-ерозійних процесів в Україні на основі застосування даних дистанційного зондування Землі. *Вісник НАН України*. 2017. № 10. С. 34–41.
- Лялько В. І., Єлістратова Л. О., Апостолов О. А. Оцінка посівних площ озимих культур за даними космічної зйомки з супутника Landsat на території Донецької області. *Доповіді НАН України*. 2017. № 64. С. 51–57.
- Лялько В. І. Оцінка змін загального соціально-економічного розвитку України за роки незалежності на основі матеріалів космічних зйомок. *Вісник НАН України*. 2018. № 5. С. 42–44. http://www.visnyk-nanu.org.ua/sites/default/files/files/Visn.2018/5/Visn_5-2018%2B12_Lyalko.pdf.
- Лялько В. І., Попов М. О., Седлерова О. В., Шаталов М. М. Стан і перспективи розвитку аерокосмічних досліджень Землі в Державній установі “Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук Національної академії наук України”. *Український журнал дистанційного зондування Землі*. 2018. № 18. С. 4–19. <https://doi.org/10.36023/ujrs.2018.18.131>.
- Мичак А. Г. Історія Наукового центру аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України. Розвиток ДЗЗ у Київському відділі Інституту геології і розробки горючих копалин (КВ ІГ і РГК) Міністерства нафтової промисловості СРСР та Академії наук СРСР, який був однією із структур, на основі яких було створено ЦАКДЗ ІГН НАН України. *Український журнал дистанційного зондування Землі*. 2018. № 18. С. 20–28. DOI: <https://doi.org/10.36023/ujrs.2018.18.132>.
- Нові методи в аерокосмічному землезнавстві / за ред. В. І. Лялька. Київ : Наук. думка, 1999. 262 с.
- Основи дистанційного зондування Землі: історія та практичне застосування : навч. посіб. / С. О. Довгий та ін. Київ : Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2019. 316 с. ISBN 978-617-7734-01-6.
- Парниковий ефект і зміни клімату в Україні: оцінки та наслідки / за ред. В. І. Лялька. Київ : Наукова думка, 2015. 283 с. ISBN 978-966-00-1526-5.
- Седлерова О. В. Геологічна інтерпретація результатів інтеграції даних багатоспектрального космічного знімання і геологогеофізичних даних для прогнозування нафтогазоперспективних зон на регіональному рівні (на прикладі Північно-Західного шельфу Чорного моря). *Український журнал дистанційного зондування Землі*. 2015. № 7. С. 47–57. <https://ujrs.org.ua/ujrs/article/view/63/81>.
- Седлерова О. В., Архіпов О. І., Голубов С. І., Бондаренко А. Д. Експериментальне обґрунтування використання безпілотних літальних апаратів для прогнозування нафтогазоперспективних об'єктів. *Український журнал дистанційного зондування Землі*. 2021. Т. 8(3). С. 49–57. DOI: <https://doi.org/10.36023/ujrs.2021.8.3.200>.

- Словник із дистанційного зондування Землі / за ред. В. І. Лялька, М. О. Попова. Київ : СМП АБЕРС, 2004. 170 с.
- Спутниковые методы поиска полезных ископаемых / под ред. В. И. Лялька, М. А. Попова. Киев : Карбон-Лтд, 2012. 436 с.
- Сучасні методи дистанційного пошуку корисних копалин / за ред. В. І. Лялька, М. О. Попова : електронне видання. Київ, 2017. 220 с. ISBN 978_966_02_8295_7.
- Україна з космосу. Атлас дешифрованих знімків території України з космічних апаратів / за ред. В. І. Лялька, О. Д. Федоровського. 2-ге вид. Київ : Наукова думка, 1999. 34 с.
- Філіпович В. Є. Оперативний контроль поширення нелегального видобутку бурштину та оцінка збитків, заподіяних державі, за матеріалами багатозональної космічної зйомки. *Екологічна безпека та природо-користування*. 2015. № 4. С. 91–97. http://nbuv.gov.ua/UJRN/ebpk_2015_4_13.
- Філіпович В. Є., Мичак А. Г., Кудряшов О. І., Шевчук Р. М. Дистанційний моніторинг стану вуглеводневого забруднення геологічного середовища і оцінка ризиків виникнення небезпечних ситуацій у районах тривалого нафтогазовидобування та компактного проживання населення. *Український журнал дистанційного зондування Землі*. 2020. № 26. С. 14–26. DOI: <https://doi.org/10.36023/ujrs.2020.26.179>.
- Apostolov O. A., Elistratova L. O., Romanchuk I. F., Chekhniy V. M. Assessment of desertification areas in Ukraine by estimation of water indexes using remote sensing data. *Ukrainian Geographical Journal*. 2020. 1(109). P. 16–25. <https://doi.org/10.15407/ugz2020.01.016> (Scopus)
- 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. Journ. Geogr.* 2021. 65(2). P. 125–141. București. (Scopus).
- Assessing long-term land cover changes in watershed by spatiotemporal fusion of classifications based on probability propagation: The case of Dniester river basin / M. Popov et al. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*. 2021. Vol. 22. P. 1–13. ISSN 2352-9385. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2021.100477>.
- Detection of Changes in Terrestrial Ecosystems of Ukraine Using Remote Sensing Data / V. I. Lyalko et al. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. 2020. Vol. 1, No. 29. P. 102–110. <https://doi.org/10.15421/112010> (Web of Science).
- Earth Systems Change over Eastern Europe / in eds. Groisman P., Lyalko V. I. Kyiv : Akademperiodyka, 2012. 488 p.
- Filipovych V., Shevchuk R., Mychak A. Satellite Imagery Application for Searching Buried Intrusive Structures. *Science and Innovation*. 2022. 18(2). P. 59–65. <https://doi.org/10.15407/scine18.02.059>.
- Forecasting Gas and Oil Potential of Subsoil Plots via Co-analysis of Satellite, Geological, Geophysical and Geochemical Information by Means of Subjective Logic / M. O. Popov et al. *WSEAS Transactions on Computer Research*. 2020. Vol. 8, No. 11. P. 90–101. DOI: 10.37394/232018.2020.8.11.
- Popov M. A., Stankevich S. A., Kostyuchenko Yu. V., Kozlova A. A. Analysis of local climate variations using correlation between satellite measurements of methane emission and temperature trends within physiographic regions of Ukraine. *International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences*. 2019. Vol. 4, No. 2. P. 276–288. <https://dx.doi.org/10.33889/IJMEMS.2019.4.2-023Q2>.
- Remote sensing monitoring of historical centre of Kyiv for reducing risks from disasters at world heritages properties / Vadim I. Lyalko et al. *Japanese Geotechnical Society Special Publication*. 2015. Vol. 2, Issue 78. P. 2671–2675. Released on J-STAGE January 29, 2016, Online ISSN 2188-8027. <https://doi.org/10.3208/jgssp.TC301-04>, https://www.jstage.jst.go.jp/article/jgssp/2/78/2_TC301-04/_article/-char/en.
- Remote Sensing Technologies and Geospatial Modelling Hierarchy for Smart City Support / M. Popov et al. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. Vol. IV-5/W1. 2017. Geospace-2017, 4–6 December 2017, Kyiv, Ukraine. P. 51–56. <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-IV-5-W1-51-2017>.

References

- 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. Journ. Geogr.*, 65, (2), 125–141. București.
- 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 Geographical Journal*, 1(109), 16–25. <https://doi.org/10.15407/ugz2020.01.016>.
- Burshtinska, Kh. V. & Stankevich, S. A. (2010). *Aerocosmic surveying systems*. Lviv: Lviv Polytechnic. (in Ukrainian).
- Dovgy, S. O., Lyalko V. I. (Eds.). (2001). *Informatization of aerospace agriculture*. Kyiv: Naukova Dumka (in Ukrainian).
- 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. Kyiv: Institute of Gifted Child of the NAPS of Ukraine. ISBN 978-617-7734-05-4.
- DSTU 4220:2003. Remote sensing of the Earth from space. Terms and definitions of concepts, Kyiv, 2003. (in Ukrainian).
- DSTU 4758:2007. Remote sensing of the Earth from space. Data processing. Terms and definitions of concepts. Kyiv: 2007. (in Ukrainian).
- Filippovych, V. E. (2015) Operational control of the spread of illegal amber mining and assessment of the losses to the state with the use of multispectral satellite imagery. *Environmental safety and natural resources*, 4, 91–97. http://nbuv.gov.ua/UJRN/ebpk_2015_4_13. (in Ukrainian).
- Filipovych, V., Mychak, A., Kudryashov, A., & Shevchuk, R. (2020). Remote monitoring of the state of hydrocarbon pollution of the geological environment and assessment of the risks of dangerous situations in areas of long-term oil and gas production and compact living of the population. *Ukrainskyj zhurnal dystancijnogho zonduvannja Zemli*, 26, 14–26. DOI: <https://doi.org/10.36023/ujrs.2020.26.179> (in Ukrainian).
- Filipovych, V., Shevchuk, R., & Mychak A. (2022). Satellite Imagery Application for Searching Buried Intrusive Structures. *Science and Innovation*, 18(2), 59–65. <https://doi.org/10.15407/scine18.02.059>.
- Fedorovskiy, O. D., Zub, L. N., Dyachenko, T. N., Tomchenko, O. V., Khyzhniak, A. V. & Yakymchuk, V. H. (2020) Remote assessment of the ecological state of water bodies based on the multidimensional density distribution of biotope areas on the example of the Kyiv reservoir. *Space Science & Technol.* 2020, 26, No. 5(126), 38–47. <https://doi.org/10.15407/knit2020.05.038> (in Ukrainian).

- Groisman, P., Lyalko, V. I. (Eds.). (2012). *Earth Systems Change over Eastern Europe*. Kyiv: Akadempriodyka.
- Jesypovych, S. M., Tovstyuk, Z. M., Golovashchuk, E. P., Rybak, E. A., Skopenko, E. P., Romaschko, G. M. & Lazarenko, I. V. (2017) The structure of the Orekhovo-Pavlograd suture zone by paleogeographic, geological and geophysical data. *Ukrainskyj zhurnal dystantsijnogho zonduvannja Zemli*, No 12, 53–58. DOI: <https://doi.org/10.36023/ujrs.2017.12.96>. (in Ukrainian).
- Kostyuchenko, Y. V., Lyalko, V. I., Movchan, D. M. & Kopachevsky, I. M. (2020). Approach to the analysis of social vulnerability to disasters of different origins using data from different sources. *Relationships in the food system, energy and water for permanent development: integrated modeling and reliable management*. In A. G. Zagorodny, Yu. M. Yermoliev, V. L. Bogdanov, T. Yu. Yermolieva et al. (Eds.). Kyiv, 171–210 (in Ukrainian).
- Lisichenko, L., Shevchuk, R. & Filipovich, V. (2022). The technique for satellite monitoring of peatlands in order to determinate their fire hazard and combustion risks. *Ukrainskyj zhurnal dystantsijnogho zonduvannja Zemli*, 9(1), 16–25. <https://doi.org/10.36023/ujrs.2022.9.1.210>. (in Ukrainian).
- Lyalko, V. I. (Ed.). (2010). *Changes in terrestrial systems in Eastern Europe*. Kyiv: Foliant publishing house (in Russian).
- Laylko, V. I., Elistratova, L. O., Apostolov, O. A. & Khodorovskiy, A. Ya. Changing the wind parameters on the ukrainian territory during global climate changes. *Dopov. Nac. akad. nauk Ukrainy*, 10, 57–66. <https://www.dopovidi-nanu.org.ua/sites/default/files/2019/10/2019-10-8.pdf>. (in Ukrainian).
- Lyalko, V. I., Elistratova, L. O., Apostolov, O. A., Khodorovsky, A. Ya. & Czechniy, V. M. (2018) Express-evaluation of potentially erosive soils on the territory of ukraine, by using the remote sensing data with consideration of climatic factors and vegetation. *Dopov. Nac. akad. nauk Ukrainy*, 3, 87–94. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2018.03.087>. (in Ukrainian).
- Lyalko V.I., Elistratova L.O., Apostolov O.A., Czechniy V.M. (2017) Analysis of soil erosion processes in Ukraine based on the use of remote sensing data. *Visnyk Nac. Acad. Nauk Ukrainy*, 10, 34–41. (in Ukrainian).
- Lyalko, V. I., Elistratova, L. O. & Apostolov, O. A. (2017) Estimation of sown areas of winter crops according to space survey data from the Landsat satellite in the Donetsk region. *Dopov. Nac. akad. nauk Ukrainy*, 6, 51–57. (in Ukrainian).
- Lyalko, V. I., Filipovich, V. E., Lisichenko, L. P., Paznych, 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. *Japanese Geotechnical Society Special Publication*, 2015, Vol. 2, Issue 78, 2671–2675. Released on J-STAGE January 29, 2016, Online ISSN 2188-8027. <https://doi.org/10.3208/jgssp.TC301-04>, https://www.jstage.jst.go.jp/article/jgssp/2/78/2_TC301-04/article-char/en.
- Lyalko, V. I., Romanciuc, I. F., Yelistratova, L. A., Apostolov, A. A. & Chekhniy, V. M. (2020) Detection of Changes in Terrestrial Ecosystems of Ukraine Using Remote Sensing Data. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, Vol. 1, No. 29, 102–110. <https://doi.org/10.15421/112010> (Web of Science).
- 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 (in Ukrainian).
- Lyalko, V. I. (1979). On the possibility of remote geochemical searches for some minerals based on lidar spectroscopy. *Geologichnij zhurnal*, 39, 5 (188), 19–25 (in Russian).
- Lyalko, V. I., Vulfson, L. D. & Zhary, V. Yu. (1992). *Aerospace methods in geoecology*. Kyiv: Naukova Dumka (in Russian).
- Lyalko, V. I. & Mitnick, M. M. (1975). Remote geothermal prospecting of minerals. *Geologichnij zhurnal*, 35, 6(165), 27–46 (in Russian).
- Lyalko, V. I., Mitnik, M. M. & Wulfson, L. D. (1981). *Use of remote thermal and spectrometric surveys to search for oil and gas deposits and thermal waters*. Kyiv, Preprint of IGN of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR (in Russian).
- Lyalko, V. I. (2018). Assessment of changes in the general socio-economic development of Ukraine during the years of independence on the basis of space survey materials. *Visnyk Nac. Acad. Nauk Ukrainy*, 5, 42–44. http://www.visnyk-nanu.org.ua/sites/default/files/files/Visn.2018/5/Visn_5-2018%2B12_Lyalko.pdf. (in Ukrainian).
- 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 (in Ukrainian).
- Lyalko, V. I., Popov, M. O., Sedlerova, O. V. & Shatalov, M. M. (2018). The state and prospects of development of aerospace research of the Earth in the state institution “Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth of the Institute of Geological Science of the National Academy of Sciences of Ukraine”. *Ukrainskyi zhurnal dystantsijnogho zonduvannja Zemli*, 18, 4–19. <https://doi.org/10.36023/ujrs.2018.18.131> (in Ukrainian).
- Lyalko, V. I., Popov, M. A., Fedorovsky, O. D., Filipovich, V. E., Espipovich, S. M. & Sedlerova, O. V. (2017). To the 25th Anniversary of the founding of the State Enterprise “Scientific Centre for Aerospace Earth Studies of the Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine”. *Geologichnij zhurnal*, 1(358), 101–108 (in Ukrainian).
- Lyalko, V. I. (Ed.). (1999). *New methods in aerospace agriculture*. Kyiv: Naukova Dumka (in Ukrainian).
- Lyalko, V. I. (Ed.). (2015). *Greenhouse effect and climate change in Ukraine: assessments and consequences*. Kyiv: Naukova Dumka (in Ukrainian).
- Lyalko, V. I., Popov, M. A. (Eds.) (2004). *Reference book with remote sensing of the Earth*. Kyiv: SMP AVERS (in Ukrainian).
- Lyalko, V. I., Popov, M. A. (Eds.) (2012). *Satellite methods of searching for minerals*. Kyiv: Carbon-Ltd (in Russian).
- Lyalko, V. I., Popov, M. O. (Eds.) (2017). *Novel remote sensing methods for minerals prospecting*. ISBN 978_966_02_8295_7 (electronic publication). Kyiv (in Ukrainian).
- 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 (in Ukrainian).
- Lyalko, V. I., Yelistratova, L. A., Apostolov, A. A. & Romanciuc, I. F. (2020) Remote monitoring of the atmosphere in ukraine during the covid-19 restrictions. *Ukrainskyi zhurnal dystantsijnogho zonduvannja Zemli*, 26, 48–54. <https://doi.org/10.36023/ujrs.2020.26.182> (in Ukrainian).
- Michak, A. G., Filipovich, V. E., Prikhodko, V. L. et al., (2010). Aerocosmic studies of the geological environment. Sci. method. allowance. Ministry of Environmental Protection of Ukraine, State Geological Survey of Ukraine. Kyiv (in Ukrainian).
- Mychak, Anton (2018). The history of the Scientific Center for Aerospace Research of the Earth of the Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences

- of Ukraine. Earth remote sensing development in the Kyiv department of the Institute of Geology and Fossil. *Ukrainskyj zhurnal dystantsijnogho zonduvannja Zemli*, 18, 20–28. DOI: <https://doi.org/10.36023/ujrs.2018.18.132> (in Ukrainian).
- Popov, M. A., Kudashev, E. B. (Eds.) (2013). *Infrastructure of satellite geoinformation resources and their integration: Sat. sci. words*. Kyiv: Carbon-Service (in Russian).
- Popov, M. O., Topolnytskyi, M. V., Titarenko, O. V., Stankevich, S. A. & Andreiev A. A. (2020). Forecasting Gas and Oil Potential of Subsoil Plots via Co-analysis of Satellite, Geological, Geophysical and Geochemical Information by Means of Subjective Logic. *WSEAS Transactions on Computer Research*, Vol. 8, No. 11, 90–101. DOI: 10.37394/232018.2020.8.11.
- Popov, M., Michaelides, S., Stankevich S., Kozlova A., Piestova I., Lubskiy M. ... Ivanov S. (2021). Assessing long-term land cover changes in watershed by spatiotemporal fusion of classifications based on probability propagation: The case of Dniester river basin. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, Vol. 22, 1–13. ISSN 2352-9385. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2021.100477>.
- Popov, M. A., Stankevich, S. A., Kostyuchenko, Yu. V. & Kozlova, A. A. (2019). Analysis of local climate variations using correlation between satellite measurements of methane emission and temperature trends within physiographic regions of Ukraine. *International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences*, Vol. 4, No. 2, 276–288. <https://dx.doi.org/10.33889/IJMEMS.2019.4.2-023Q2>.
- Popov, M., Fedorovsky, O., Stankevich, S., Filipovich, V., Khyzhniak, A., Piestova, I. ... Svideniuk, M. Remote Sensing Technologies and Geospatial Modelling Hierarchy for Smart City Support. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. IV-5/W1, 2017, 51–56. Geospace-2017, 4–6 December 2017, Kyiv, Ukraine. <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-IV-5-W1-51-2017>.
- Sedlerova, O. V. (2015) Geological interpretation of the data integration multispectral satellite imagery and geological and geophysical data for predict oil and gas zones at the regional level (in the example of the north-west shelf of the black sea). *Ukrainskyi zhurnal dystantsijnogho zonduvannja Zemli*, 7, 47–57. <https://ujrs.org.ua/ujrs/article/view/63/81>. (in Ukrainian).
- Sedlerova, O. V., Arkhipov, O. I., Golubov, S. I. & Bondarenko, A. D. (2021) Experimental study on the use of unmanned aerial vehicles for the prediction of oil and gas facilities. *Ukrainskyj zhurnal dystantsijnogho zonduvannja Zemli*, 8(3), 49–57. <https://doi.org/10.36023/ujrs.2021.8.3.200>. (in Ukrainian).
- Tovstuk, Z. M., Yesypovych, S. M., Titarenko, O. V., Semenova, S. G., Yefimenko, T. A., Svideniuk, M. O. ... Lazarenko I. V. (2021) Detailed investigation algorithm for hydrocarbons deposits exploration in terms of the shebelynske gas-condensate field. *Ukrainskyj zhurnal dystantsijnogho zonduvannja Zemli*, 8(3), 37–43. <https://doi.org/10.36023/ujrs.2021.8.3.199>. (in Ukrainian).
- Yesipovich, S. M., Tovstuk, Z. M., Titarenko, O. V., Yefimenko, T. A., Svideniuk, M. O., Rybak, O. A. ... Lazarenko, I. V. (2020). Geodynamic zoning of the sea of azov shelf and environmental problems in oil and gas production. *Ukrainskyj zhurnal dystantsijnogho zonduvannja Zemli*, 24, 24–33. DOI: <https://doi.org/10.36023/ujrs.2020.24.167>. (in Ukrainian).

ON THE DEVELOPMENT OF REMOTE SENSING METHODS AND TECHNOLOGIES IN UKRAINE

V. I. Lyalko, M. O. Popov, O. V. Sedlerova, O. D. Fedorovsky, S. A. Stankevich, L. O. Yelistratova, V. Ye. Filipovych, A. V. Khyzhniak

Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth of the Institute of Geological Science of the National Academy of Sciences of Ukraine, 55-B, Oles Gonchar str., Kyiv 01054, Ukraine

This article is focused on analyzing the results of scientific researches of the Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth of the Institute of Geological Science of the National Academy of Sciences of Ukraine. The article briefly describes the development of aerospace research of the Earth in Ukraine and the role of the Centre in remote sensing research carried out by institutions of the National Academy of Sciences of Ukraine. The history of the Centre, its scientific schools and main areas of research are presented, the prospects for further development are outlined. Data of the organizational structure of the Centre and the achievements of the scientific team are represented. The contribution of employees of the Centre for the development of aerospace research in Ukraine is analyzed. The international activities of the Centre and its employees are presented. Further prospects for the development of research in the field of remote sensing in Ukraine are considered. It is noted that the strategy of research development will be set to implement the basic principles of world community, defined by UN decisions on sustainable development of humanity. It is noted that the development of novel effective methods and technologies based on using aerospace data and computer modeling of energy and mass exchange processes in the Earth geospheres will play a significant role in the solving this problem. The implementation of these methods and technologies will contribute to satisfaction the economic, defense and social needs of Ukraine, taking into account the fundamental program of postwar restoration and reconstruction of the national economy of Ukraine.

Keywords: Scientific Centre, aerospace research, energy and mass exchange in geospheres, sustainable development.

Рукопис статті отримано 10.06.2022