

**СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ АЕРОКОСМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ
ЗЕМЛІ В ДЕРЖАВНІЙ УСТАНОВІ «НАУКОВИЙ ЦЕНТР АЕРОКОСМІЧНИХ
ДОСЛІДЖЕНЬ ЗЕМЛІ ІНСТИТУТУ ГЕОЛОГІЧНИХ НАУК
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ»**



В.І. Лялько¹, М.О. Попов², О.В. Седлєрова³, М.М. Шаталов⁴

¹ Державна установа «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України», Київ, Україна, E-mail: Lyalko@nas.gov.ua
Академік НАН України, доктор геолого-мінералогічних наук, професор, завідувач відділу, Почесний директор Центру.

² Державна установа «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України», Київ, Україна, E-mail: Popov@nas.gov.ua
Член-кореспондент, доктор технічних наук, професор, завідувач відділу, директор Центру.

³ Державна установа «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України», Київ, Україна, E-mail: O.Sedlerova@nas.gov.ua
Кандидат геологічних наук, заступник директора Центру.

⁴ Державна установа «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України», Київ, Україна, E-mail: shatalov@casre.kiev.ua
Доктор геологічних наук, провідний науковий співробітник Центру.

Представлено аналітичний огляд стану і тенденцій аерокосмічних досліджень Землі в ІГН НАН України з 1974 по 2018 р. Показано внесок вчених інституту в цьому напрямі. Розглянуто заходи створення у Відділенні наук про Землю АН УРСР за ініціативою академіка Б.Є. Патона наукової ради з проблеми «Вивчення природних ресурсів дистанційними методами» (1987 р.) та Державної установи «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України» (1992 р.). Наведено дані про структуру Центру. Зроблено аналіз внеску співробітників Центру у розвиток аерокосмічних досліджень в Україні. Показано, що перспективи розвитку наукових досліджень Центру пов'язані зі створенням єдиної теорії дистанційного зондування Землі, в основу якої покладені сучасні уявлення наук про Землю, теорія енергомасообміну в геосистемах, досягнення в теорії систем, сучасні моделі фізичних процесів, що відбуваються на суходолі та шельфі. Концептуально стратегія розвитку досліджень в ЦАКДЗ ІГН НАН України в перспективі полягатиме в реалізації основних положень розвитку світового суспільства, визначених рішеннями ООН зі сталого безконфліктного розвитку людства шляхом забезпечення його продовольством, питною водою та енергоресурсами.

Ключові слова: дистанційне зондування Землі та перспективи його розвитку.

**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 SCIENCES
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF UKRAINE»**

V.I. Lyalko¹, M.A. Popov², O.V. Sedlerova³, M.M. Shatalov⁴

¹ State Establishment «Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth of IGS of NAS of Ukraine», Kyiv, Ukraine, E-mail: Lyalko@nas.gov.ua
Academician of NAS of Ukraine, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Head of Department, Honorary Director of the Centre.

² State Establishment «Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth of IGS of NAS of Ukraine», Kyiv, Ukraine, E-mail: Popov@nas.gov.ua
Corresponding Member, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department Head, Director of the Centre.

³ State Institution «Scientific Center for Aerospace Research of the Earth of IGS of NAS of Ukraine», Kyiv, Ukraine, E-mail: O.Sedlerova@nas.gov.ua
Candidate of Geological Sciences, Deputy Director of the Centre.

© В.І. Лялько, М.О. Попов, О.В. Седлєрова, М.М. Шаталов, 2018

⁴ State Establishment «Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth of IGS of NAS of Ukraine», Kyiv, Ukraine, E-mail: shatalov@casre.kiev.ua
Doctor of Geological Sciences, Leading Researcher of the Centre.

An analytical review of the state and trends in the development of aerospace Earth research in the Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine for the period from 1974 to 2018 is presented. The contribution of the Institute's scientists in this direction is shown. The fundamentals of the creation of the NAS of Ukraine in the Department of Earth Sciences at the initiative of Academician B.E. Paton of the Scientific Council on the problem of the study of natural resources by remote methods (1987) and the State Institution Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth (1992) are considered. Data on the structure of the Centre are given. The contribution of the staff of the of the Centre to the development of aerospace research in Ukraine is analyzed. It is shown that the prospects for the development of the Centre's scientific research are related to the creation of an unified RSE theory based on modern concepts of Earth sciences, the theory of energy-mass transfer in geosystems, advances in systems theory, and the improvement of models of physical processes that occur on the continent and the shelf. Conceptually, the strategy for the development of research in the CASRE of IGS of NAS of Ukraine in the future will consist in the implementation of the main provisions of the development of world society defined by the UN decisions on sustainable, conflict-free development of mankind by providing it with food, drinking water and energy resources.
Key words: remote sensing of the Earth and the prospects of its development.

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗЕМЛИ В ГОСУДАРСТВЕННОМ УЧРЕЖДЕНИИ «НАУЧНЫЙ ЦЕНТР АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗЕМЛИ ИНСТИТУТА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК УКРАИНЫ»

В.И. Лялько¹, М.А. Попов², О.В. Седлерова³, Н.Н. Шаталов⁴

¹ Государственное учреждение «Научный центр аэрокосмических исследований Земли ИГН НАН Украины», Киев, Украина, E-mail: Ljalko@nas.gov.ua
Академик НАН Украины, доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий отделом, Почетный директор Центра.

² Государственное учреждение «Научный центр аэрокосмических исследований Земли ИГН НАН Украины», Киев, Украина, E-mail: Popov@nas.gov.ua
Член-корреспондент, доктор технических наук, профессор, заведующий отделом, директор Центра.

³ Государственное учреждение «Научный центр аэрокосмических исследований Земли ИГН НАН Украины», Киев, Украина, E-mail: O.Sedlerova@nas.gov.ua
Кандидат геологических наук, заместитель директора Центра.

⁴ Государственное учреждение «Научный центр аэрокосмических исследований Земли ИГН НАН Украины», Киев, Украина, E-mail: shatalov@casre.kiev.ua
Доктор геологических наук, ведущий научный сотрудник Центра.

Представлен аналитический обзор состояния и тенденций развития аэрокосмических исследований Земли в ИГН НАН Украины с 1974 по 2018 г. Показан вклад ученых института в этом направлении. Рассмотрены основы создания в Отделении наук о Земле НАН Украины по инициативе академика Б.Е. Патона научного совета по проблеме «Изучение природных ресурсов дистанционными методами» (1987 г.) и Государственного учреждения «Научный центр аэрокосмических исследований Земли ИГН НАН Украины» (1992 г.). Приведены данные о структуре Центра. Сделан анализ вклада сотрудников Центра в развитие аэрокосмических исследований в Украине. Показано, что перспективы развития научных исследований Центра связаны с созданием единой теории дистанционного зондирования Земли, в основу которой положены современные представления наук о Земле, теория энергомассобмена в геосистемах, достижения в теории систем, современные модели физических процессов, которые происходят на материке и шельфе. Концептуально стратегия развития исследований в ЦАКИЗ ИГН НАН Украины в перспективе будет заключаться в реализации основных положений развития мирового общества, определенных решениями ООН по устойчивому безконфликтному развитию человечества путем обеспечения его продовольствием, питьевой водой и энергоресурсами.

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли и перспективы его развития.

Вступ

Космічна ера в історії людства розпочалася 4 жовтня 1957 р. поблизу м. Байконур, коли радянська ракета вивела на орбіту перший штучний супутник Землі. Наступні роки ознаменувалися польотом у космічний простір першого космонавта, першим кроком людини на поверхні Місяця та ін. Завдяки цьому і подальшому розвитку космонавтики, в цілому, людство отримало вражаючий інноваційний прорив. По-перше, з космосу нашу планету видно в усій її красі та вразливості, що раніше вважалося неможливим. По-друге, урядам та населенню планети Земля стало зрозуміло, що космос є найбільшим джерелом інновацій, які у багатьох аспектах перетинаються з діяльністю суспільства та поліпшують добробут і життя людей.

Тому цілком зрозуміло, що дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) з космічних апаратів є одним з пріоритетних напрямів сучасної науки протягом понад 60 років. Воно дозволяє досліджувати глобальні процеси та явища: наприклад, зміни земної магнітосфери та електромагнітного середовища Землі, спостереження явищ полярних сьйів, взаємодії магнітного поля Землі із сонячним магнітним полем і сонячним вітром, тектонічні, геодинамічні та геоморфологічні процеси в геологічному середовищі Землі, глобальні зміни клімату та екологічного стану геосистем Землі, землетруси, виверження вулканів, цунамі, повені, зсуви тощо. ДЗЗ дає змогу також вирішувати актуальні практичні завдання «життя» планети, зокрема:

- проводити дослідження земної поверхні, морів та океанів з космосу в різних спектральних діапазонах з метою пошуків та видобування корисних копалин, оцінки екологічного стану довкілля, метеорологічного прогнозування та визначення стану сільськогосподарських і лісових угідь;

- суттєво збільшити об'єктивну інформацію про стан екосистеми Землі і негативний вплив діяльності людства на цю екосистему;

- виконувати широкий спектр завдань, пов'язаних з розвитком міських агломерацій, інвентаризацією та оцінюванням якості земель, виявленням біопродуктивності нових районів промислу в океанах і морях.

- використовувати космічні технології у різних сферах – від наукових досліджень до комерційного впровадження – з метою економічного зростання та конкурентоспроможності;

- впливати на прийняття обґрунтованих рішень урядами та промисловістю щодо забруднення навколишнього середовища, керування видобуванням мінеральних ресурсів, ліквідації наслідків глобальних змін клімату та екологічно-природних катастроф.

Розвиток ДЗЗ в Інституті геологічних наук НАН України

На 1970-ті – кінець 1990-х років припадає активне та плідне використання аерокосмометодів у геології в Інституті геологічних наук (ІГН) АН УРСР. На початку цього періоду застосовувались дистанційні матеріали континентального і регіонального рівнів генералізації, пізніше – більш детальних масштабів. Це дало змогу дослідникам ІГН проводити аналіз глибинної будови регіонів України і на його основі створювати відповідні схеми та космогеологічні карти різного рівня генералізації [Лялько, Митник, 1975; Лялько, 1979; Быстревская, Шаталов, 1980, 1985; Лялько, Митник, Вульфсон, 1981; Шнюков и др., 1981; Шаталов, 1982; Лялько, Шаталов, 1988; Борисенко, Чебаненко, Шаталов, 1988; Чебаненко, Шаталов, Борисенко, 1988; Чебаненко и др., 1989; Верховцев, Веремьев, Шаталов, 1989; Николаенко и др., 1989; Верховцев, 1989, 2008].

У відділі тепломасопереносу в земній корі ІГН АН УРСР починаючи з 1974 р. започатковано роботи з впровадження фізико-математичних методів в аерокосмічні дослідження Землі при вирішенні теоретичних і прикладних геолого-геофізичних завдань. Про це свідчать як публікації, так і виступи на союзних та зарубіжних наукових форумах співробітників цього відділу – В.І. Лялька, М.М. Митника, Л.Д. Вульфсона, З.М. Шпортьок, О.М. Сибірцевої, А.Й. Недошовенка та ін. [Лялько, Митник, 1975; Лялько, 1979; Лялько, Митник, Вульфсон, 1981; Лялько, Шаталов, 1988; Лялько, Вульфсон, Жарый, 1992].

В 1975–1979 рр. фахівцями відділу тепломасопереносу ІГН успішно виконані дослідження з обґрунтування теорії і методики спеціальних видів дистанційних зйомок, зокрема теплової зйомки [Лялько, Митник, 1975; Лялько, 1979; Лялько, Митник, Вульфсон, 1981]. Дослідниками створені фізико-математичні моделі тепломасопереносу процесів формування пошукового геотермічного сигналу при наявності в надрах покладів корисних копалин, що формують в земній корі температурну аномалію, яка може бути зафіксована в приповерхневих товщах і на земній

поверхні. Досвід та результати використання матеріалів теплової зйомки в геології узагальнені в роботах [Лялько, Митник, 1975; Лялько, 1979; Лялько, Митник, Вульфсон, 1981].

У 1980 р. на основі дешифрування космічних знімків, отриманих з пілотованих орбітальних станцій «Салют-4», «Салют-6» і американського космічного апарата Landsat-2, в результаті комплексної інтерпретації регіональних космічних фотозображень і матеріалів геолого-геофізичного дослідження С.С. Бистревською і М.М. Шаталовим [Быстревская, Шаталов, 1980] у східній частині Приазовського регіону була виділена велика за розміром кільцева структура. Вони також склали Структурно-геологічну карту території Східного Приазов'я. Її автори відмічали, що до систем кільцевих і дугоподібних розломів і особливо до ділянок їх перетину з лінійними розломними зонами різних напрямків простягання приурочені форми, що виникли внаслідок магматизму (штоки, дайки).

Значний науково-теоретичний та практичний внесок у геологічну інтерпретацію результатів дешифрування матеріалів аерокосмічних зйомок у 1980–2000-ті роки зробили вчені відділу геотектоніки ІГН АН УРСР – І.І. Чебаненко, А.Я. Радзівілл, В.Я. Радзівіл, В.С. Токовенко, М.М. Шаталов, В.Г. Верховцев, І.С. Потапчук, Ю.А. Куделя та ін.

У 1981 р. за матеріалами дешифрування космічних знімків Є.Ф. Шнюков із співавторами [Шнюков и др., 1981] запропонували нові дані про структуру та історію геологічного розвитку акваторії Азовського моря.

В 1982–1989 рр. фахівцями відділу геотектоніки ІГН АН УРСР (І.І. Чебаненко, М.М. Шаталов, В.Г. Верховцев та ін.) виділені кільцеві структури та проведені дослідження глибинної будови інших докембрійських тектонічних структур і великих прадавніх розломів трансрегіонального рангу Приазовського мегаблоку Українського щита і Криму за комплексом геолого-геофізичних та дистанційних зйомок [Шаталов, 1982; Быстревская, Шаталов, 1985; Лялько, Шаталов, 1988; Борисенко, Чебаненко, Шаталов, 1988; Чебаненко, Шаталов, Борисенко, 1988; Чебаненко и др., 1989; Верховцев, Веремьев, Шаталов, 1989]. Зокрема, матеріали дешифрування різномасштабних космо- та аерофотознімків дозволили з великою впевненістю й обґрунтованістю одержати нові дані про розломно-блокову будову території південно-східної

частини України, що важливо не тільки для аналізу геодинамічних подій у регіоні, але й для металогенічного оцінювання території.

У 1987 р. значною подією для узагальнення результатів дешифрування стало складання за редакцією О.І. Зарицького першої карти (автори Б.О. Ніколаєнко, С.С. Бистревська, В.Т. Воловик, В.К. Гавриш) лінеаментів і кільцевих структур колишньої Української РСР за космічними даними. Це дало змогу по-новому підійти до прогнозування пошуків корисних копалин з позицій розломно-блокової тектоніки.

У 1982–1990-ті роки в ІГН більше з'являється робіт зі створення геологічних та тектонічних карт детальних масштабів різних геологічних регіонів на базі дешифрування космічних знімків. Як приклад, можна навести праці М.М. Шаталова, І.І. Чебаненка, Л.С. Борисенка, В.Г. Верховцева, М.Ф. Русакова, П.С. Веремьєва [Шаталов, 1982; Быстревская, Шаталов, 1985; Лялько, Шаталов, 1988; Борисенко, Чебаненко, Шаталов, 1988; Чебаненко, Шаталов, Борисенко, 1988; Чебаненко и др., 1989; Верховцев, Веремьев, Шаталов, 1989].

Пізніше у відділі геотектоніки ІГН НАН України в цьому напрямі дослідження були продовжені. Наприклад, у першому десятилітті 2000-х років В.Г. Верховцевим на основі структурно-геоморфологічних і аерокосмічних методів з використанням традиційних геолого-геофізичних даних було здійснено узагальнення активних на новітньому етапі розвитку платформних геоструктур України.

Піонерські роботи з впровадження в практику геологічних досліджень спеціальних космічних інтерферометричних зйомок на території України та Антарктиди виконано Р.Х. Греку.

Геологічні дослідження з використанням матеріалів аерокосмічних зйомок проводились в колишньому Міністерстві геології УРСР Б.О. Ніколаєнком, О.О. Янцевичем та ін.

З травня 1992 р. лідером науково-методичних і практичних розробок з використання супутникових даних для вирішення геолого-пошукових завдань стає *Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук Національної академії наук України* (ЦАКДЗ, або Центр). Науковці Центру за роки незалежності України плідно 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. НАН України та Державне космічне агентство України визначили ЦАКДЗ головною організацією з науково-методичного керівництва дослідженнями з ДЗЗ, які виконуються установами НАН України.

Наведені нами публікації (див. список літератури) не вичерпують всіх робіт з тематики використання аерокосмічних даних в ІГН НАН України для пошуків корисних копалин, але вони свідчать про широкий спектр досліджень і значні досягнення в цій царині. З повним переліком наукових публікацій з даних напрямів досліджень останніх років можна ознайомитися на сайтах ЦАКДЗ (<http://www.casre.kiev.ua/uk/publications>) та електронного «Українського журналу дистанційного зондування Землі» (<http://ujrs.org.ua/ujrs>).

Історія створення Центру аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України

У 1987 р. за ініціативою Б.С. Патона при Відділенні наук про Землю АН УРСР було створено наукову раду з проблеми «Вивчення природних ресурсів дистанційними методами» (постанова Президії АН УРСР № 186 від 29.05.1987 р.), яка працює до сьогодні (голова ради – академік НАН України В.І. Лялько).

У 1992 р. було засновано Державну установу (ДУ) «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України» як самостійну юридичну установу (постанова Президії АН України № 150 від 20.05.1992 р.).

Слід зауважити, що діяльність ЦАКДЗ ІГН НАН України (з 1992 до 2017 р.) п'ять разів розглядалась на Президії НАН України, незмінно одержуючи позитивні оцінки. Роботи науковців Центру були відзначені державними преміями у галузі науки і техніки у 2004, 2005 та 2011 рр.

Ми щиро вдячні Борису Євгеновичу Патону за постійну увагу та підтримку ДЗЗ як одного з найперспективніших напрямів сучасних космічних досліджень. Б.С. Патон особисто брав участь в популяризації сучасних досліджень Землі з космосу, написавши передмови до ряду монографій українських дослідників по вказаній тематиці, зокрема:

– Передмова президента НАН України академіка Б.С. Патона та генерального директора Національного космічного агентства України

О.О. Негоди до Атласу тематично дешифрованих космознімків території України «КОСМОС – УКРАЇНА» за редакцією членів-кореспондентів НАН України В.І. Лялька та О.Д. Федоровського. Київ, 2001. 106 с. (рис. 1).

Передмова президента НАН України академіка НАН України Б.С. Патона до монографії «Изменения земных систем в Восточной Европе»: Лялько В.И. (отв. ред.). Киев, 2010. 586 с. (рис. 2).

Структура Центру

Центр було створено в 1992 р. на базі відділу тепломасопереносу в земній корі ІГН НАН України та Київського науково-дослідного інституту космоаерометодів колишнього Міністерства нафтової і газової промисловості СРСР та АН СРСР. Упродовж майже 25 років директором ЦАКДЗ був нині академік НАН України В.І. Лялько. Сьогодні він є Почесним директором Центру.

У грудні 2016 р. директором Центру затверджено доктора технічних наук, професора, заслуженого діяча науки і техніки М.О. Попова. У 2018 р. його було обрано членом-кореспондентом НАН України.

Заступники директора – кандидат геологічних наук О.В. Седлєрова та кандидат технічних наук В.А. Мацько. Вчений секретар – кандидат технічних наук О.В. Томченко.

У Центрі працює понад 90 співробітників, з них дві третини науковці, серед яких – академік НАН України, два члени-кореспонденти НАН України, 10 докторів наук, 24 кандидати (геологічних, географічних, фізико-математичних, технічних і біологічних наук), навчаються шість аспірантів (рис. 3).

Організаційно ЦАКДЗ складається з п'яти відділів:

1. Енергомасообміну у геосистемах (завідувач – академік НАН України В.І. Лялько).

2. Геоінформаційних технологій у ДЗЗ (завідувач – член-кореспондент НАН України М.О. Попов).

3. Аерокосмічних досліджень у геології (завідувач – доктор геологічних наук С.М. Єсипович).

4. Системного аналізу (завідувач – член-кореспондент НАН України О.Д. Федоровський).

5. Аерокосмічних досліджень в геоєкології (завідувач – кандидат геологічних наук В.Є. Філіпович).

При ЦАКДЗ ІГН НАН України працює Центр колективного користування спектрометричною апаратурою, для якого централізовано було закуплено спектрометричну апаратуру (спектро-радіометр польовий FieldSpec® 3FR виробництва США, 2007 р.). На сьогодні приладовий парк доповнено системою реєстрації змін CO₂ на основі газометричної апаратури Qubit Systems 150, системою дистанційної реєстрації мінливості спектрометричних параметрів земної поверхні DJI STS-VIS (дрон), обладнанням для визначення температурних показників TemPro-1200, TROTEC TP-10, тепловізором FLUKE Ti110.

У 2014 р. засновано наукове фахове електронне видання «Український журнал дистанційного зондування Землі» (<http://ujrs.org.ua/ujrs>).

Наукові та науково-методичні питання Центру вирішує вчена рада. У ЦАКДЗ ІГН НАН України створена спеціалізована вчена рада Д 26.162.03 із захисту дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора (кандидата) наук за спеціальністю 05.07.12 – дистанційні аерокосмічні дослідження (технічні, геологічні науки) (наказ МОН України № 1714 від 28.12.2017 р.).

У Центрі 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. Дослідження мають фундаментальний та прикладний характер. Сформовані і плідно працюють наукові групи системного аналізу і геоінформаційних технологій в ДЗЗ.

Наукові завдання Центру

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

Основні напрями наукових досліджень Центру

– Удосконалення теоретико-методичних основ аерокосмічного моніторингу довкілля, створення і дослідження фізико-математичних моделей генерування, відбиття та розсіювання електромагнітного випромінювання земними утвореннями (рослинність, ґрунт, вода) та антропогенними об'єктами.

– Розроблення методів і технологій аерокосмічного моніторингу екологічного стану природного середовища, дистанційного вирішення природоресурсних завдань, а також завдань подвійного призначення, спостереження за глобальними змінами у геосфері (пошуки корисних копалин, кліматичні зміни, стан та зміни лісів, опустелювання тощо).

– Розроблення методів і технологій аерокосмічного агромоніторингу з оцінюванням стану сільськогосподарських культур та прогнозуванням урожайності, дистанційного спостереження за поновлюваними природними ресурсами (ґрунти, ліси, водойми).

– Обґрунтування вимог до технічних засобів ДЗЗ, розроблення методів калібрування бортових сенсорів і валідації супутникових даних і технологій; створення вітчизняної нормативно-понятійної бази ДЗЗ з гармонізацією її до відповідних міжнародних норм і стандартів.

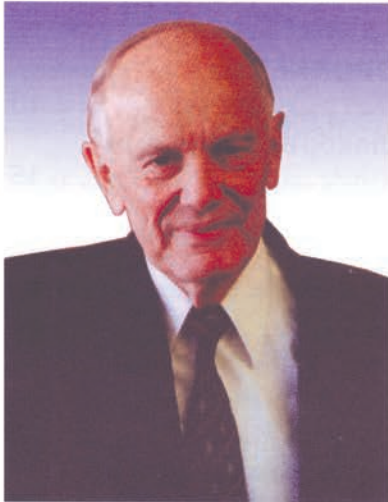
– Міжнародна кооперація досліджень з ДЗЗ з метою залучення передового зарубіжного досвіду, апаратури і технологій для потреб економіки та охорони навколишнього середовища в Україні.

Основні завдання наукових досліджень Центру

1. Оцінювання та менеджмент природних ресурсів: деталізація геологічної структури, територій (вивчення активних екзогенних процесів, виявлення та локалізація активних розломних зон, похованих плікативних структур тощо); оцінювання територій і шельфової зони з метою пошуку родовищ нафти та газу; оцінювання екологічного стану та космічний моніторинг територій видобування корисних копалин (бурштину, ільменіту, вуглеводнів та ін.); визначення вологості ґрунтів та рівня ґрунтових вод, пошук підземних водних резервуарів; оцінювання стану та картування лісових угідь, розробка дистанційної основи та складання на її підґрунті тематичних карт за Державною програмою «ГДП-200».

2. Екологічний моніторинг навколишнього середовища: оцінювання та прогнозування кліматичних змін і парникового ефекту на підставі даних ДЗЗ та полігонних досліджень; оцінювання морських акваторій і внутрішніх водойм – оперативне виявлення розливів нафти і нафтопродуктів на водній поверхні, аналіз еколого-санітарного стану та якості води водойм,

ПЕРЕДМОВА



Суттєве збільшення впливу діяльності людства на екосистему Землі значно підвищило потребу в об'єктивній інформації про стан цієї системи при прийнятті урядами і промисловістю обґрунтованих рішень, зв'язаних з проблемами забруднення навколишнього середовища, керування природними ресурсами і глобальної зміни



клімату. Для вирішення цих загальнолюдських потреб у 1995 році здійснений запуск першого космічного апарата національної космічної системи спостереження "Січ-1". У 1999 році відповідно до спільної заяви Президентів України та Російської Федерації від 31 травня 1997 р., здійснено запуск багатofункціонального природоресурсного космічного апарата "Океан-О".

Несприятливий екологічний стан геосистем України стимулює проведення робіт для розвитку космічних методів та вдосконалення технічних засобів отримання і обробки матеріалів дистанційного зондування Землі. У зв'язку з цим, Національне космічне агентство та Національна академія наук України приділяють велику увагу щодо впровадження результатів космічної діяльності в різні галузі економіки. Цей науково-методичний атлас може бути посібником, що ілюструє на реальних космічних знімках деякі можливості практичного використання космічної інформації для вирішення різноманітних проблем природокористування і охорони довкілля.

Сподіваємося, що результати, одержані під час першого року виконання програми польоту КА "Океан-О", які представлені в цьому атласі, збагатять світовий досвід дослідження Землі і будуть корисними при вирішенні актуальних для України природоресурсних та природоохоронних задач.

**Президент
Національної академії наук України**

Б. Є. Патон

**Генеральний директор
Національного космічного агентства
України**

О. О. Негода

Рис. 1. Передмова президента НАН України академіка Б.Є. Патона та генерального директора Національного космічного агентства України О.О. Негоди до Атласу тематично дешифрованих космоснімків території України «КОСМОС – УКРАЇНА» за редакцією членів-кореспондентів НАН України В.І. Лялька та О.Д. Федоровського. Київ, 2001. 106 с.

Fig. 1. A preface by the Chairman of the National Academy of Sciences of Ukraine the academician B.Ye. Paton and the Director-General of the National Space Agency of Ukraine O.O. Nehoda to the Atlas of decoded pictures of the territory of Ukraine «Space for Ukraine». (Eds. V.I. Lyalko and O.D. Fedorovsky). Kyiv, 2001. 106 p.



Существенное увеличение влияния деятельности человечества на экосистему Земли значительно повысило потребность в объективной информации о состоянии этой системы при принятии правительствами и промышленностью обоснованных решений, связанных с проблемами загрязнения окружающей среды, управления природными ресурсами и глобального изменения климата.

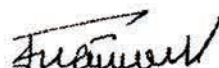
Неблагоприятное экологическое состояние геосистем Восточной Европы и, в частности, Украины стимулирует проведение работ по развитию космических и компьютерных технологий для получения и обработки материалов дистанционного зондирования Земли с целью выявления и прогнозирования изменений земных систем. В связи с этим Национальная академия наук Украины и Международный институт прикладного системного анализа уделяют большое внимание внедрению результатов космической деятельности в разные области экономики.

Эта монография может быть пособием, которое иллюстрирует на реальных примерах возможности практического использования космической и компьютерной информации для решения разных проблем природопользования и охраны окружающей среды, в частности уменьшения загрязнения окружающей среды, в том числе концентрации CO_2 и других парниковых газов в атмосфере, защиты видов и биоразнообразия.

Надеюсь, что результаты, представленные в этой монографии, обогатят мировой опыт исследования Земли и будут полезными при решении актуальных для Украины и других стран Восточной Европы не только природоресурсных и природоохранных задач, но и могут быть использованы при решении пищевой и энергетической проблем, а также содействовать наведению мостов взаимопонимания между наукой и исполнительной властью.

Президент Национальной академии

наук Украины, академик НАН Украины



Б.Е. Патон

Рис. 2. Передмова Президента НАН України академіка НАН України Б.Є. Патона до монографії «Изменения земных систем в Восточной Европе»: Лялько В.И. (отв. ред.). Киев, 2010. 586 с.

Fig. 2. A preface by the Chairman of of Ukraine the academician B.Ye. Paton to the monograph «Changes in terrestrial systems in Eastern Europe». (Ed. V.I.Lyalko). Kiev, 2010. 586 p.

виявлення промислових забруднень, контроль розподілу суспендованих речовин, зелених водоростей та ін.; оперативний моніторинг паводків, підтоплень, заболочування, пожеж на торфовищах, лісових пожеж та інших природних катаклізмів; оцінювання територій, забруднених важкими металами, радіонуклідами, пестицидами та іншими токсичними речовинами; вивчення міських агломерацій – динаміка розвитку і забудови міста, антропогенний вплив промисловості на довкілля, оцінювання розвитку «теплових островів» та їх вплив на якість життя.

3. Застосування даних ДЗЗ у сільському господарстві: інвентаризація посівів; оцінювання стану сільськогосподарських угідь – фенологічні спостереження, забезпеченість посівів добривом, вологою, визначення біомаси та продуктивності; прогнозування врожаю; аналіз параметрів стану ґрунтів.

4. Обґрунтування складу і характеристик бортових засобів ДЗЗ, оцінювання ефективності технологій ДЗЗ на основі методів системного аналізу: обґрунтування складу бортового навантаження супутників ДЗЗ; оцінювання ефектив-

ності бортових видових технічних засобів ДЗЗ; розроблення методів калібрування бортових сенсорів і валідації супутникових даних і технологій; системний аналіз ефективності функціонування системи ДЗЗ (з урахуванням космічних апаратів і наземної інфраструктури).

5. Розроблення алгоритмів і програмного забезпечення для створення технологій подвійного використання.

У Центрі розроблені нові 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 та Мавританії; оцінювання стану та врожайності агрокультур; аналізу екологічного стану територій та акваторій у режимі моніторингу; космічного моніторингу тепловтрат на урбанізованих територіях; космічного моніторингу (аудиту) балансу парникових газів та ін.



Рис. 3. Співробітники ЦАКДЗ ІГН НАН України, 2016 р.

Fig. 3. Employees of CASRE of IGS of NAS of Ukraine (2016)

Розвиток методів ДЗЗ у відділах Центру

Створення та розвиток у ЦАКДЗ наукових шкіл та груп стало продовженням наукової діяльності фахівців чотирьох основних колективів, на базі яких було створено Центр, а саме:

– відділу тепломасопереносу в земній корі ІГН НАН України та партії дистанційних методів дослідження Дослідного підприємства цього ж інституту (нині відділ енергомасообміну в геосистемах);

– Київського науково-дослідного інституту космоаерометодів, що до 1992 р. називався Київським відділом Інституту геології і розробки горючих копалин Міннафтопрому СРСР (нині відділ аерокосмічних досліджень в геології та відділ аерокосмічних досліджень в геоecології);

– СКБ заводу «Арсенал» та Інституту гідромеханіки АН УРСР (нині відділ системного аналізу);

– фахівців науково-учбових підрозділів авіаційної розвідки Міністерства оборони СРСР та України (нині відділ геоінформаційних систем у ДЗЗ).

Відділ енергомасообміну в геосистемах

Завідувач відділу – академік НАН України В.І. Лялько. До 1992 р. відділ був підрозділом ІГН НАН України і мав назву відділ тепломасопереносу в земній корі.

За час існування у складі ІГН АН УРСР (до 1992 р.) у відділі виконано значний обсяг теоретико-методичних та практичних досліджень. Основні результати досліджень:

– Розробка методичних і експериментальних основ гідрогеотермії (1983 р., В.І. Лялько, М.М. Митник та ін.).

– Космічна інформація у вирішенні геологічних завдань (1983 р., В.І. Лялько, В.Г. Трифонов, А.В. Пейве, А.Л. Яншин та ін.).

– Обґрунтування процесів тепломасопереносу в літосфері (1985 р., В.І. Лялько).

– Дослідження водообміну в гідрогеологічних структурах України в природних умовах (1988-1989 рр., В.М. Шестоपालов, В.І. Лялько, М.С. Огняник та ін.).

– Розробка методики вивчення глибинної геологічної будови та нафтогазоносності Дніпровсько-Донецької западини (1989 р., В.К. Гавриш, В.Б. Сологуб, В.І. Лялько, А.Й. Недошовенко та ін.).

Певним визнанням розробок відділу, які не мали на той час світових аналогів, стало видання англійською мовою у 1981 р. на замовлення

Національного наукового фонду США монографії В.І. Лялька «Розрахунок тепло- і масопереносу в земній корі».

У 1985 р. Премією імені В.І. Вернадського АН УРСР була відзначена монографія В.І. Лялька «Тепломасоперенос в літосфері».

Відділ енергомасообміну в геосистемах у складі ІГН НАН України було створено з метою проведення науково-дослідних робіт з вивчення енергомасообміну в геосистемах на основі комп'ютерного моделювання, сучасних супутникових технологій; формування і реалізації єдиної наукової та науково-технічної політики Центру, вирішення актуальних наукових проблем, підвищення його наукового потенціалу. У відділі виконано значний обсяг теоретико-методичних і практичних досліджень: створено моделі процесів формування ресурсів та гідрогеологічних умов охорони 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, у тому числі 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 (А.І. Воробйов, О.Т. Азімов, Ю.В. Костюченко, А.Я. Ходоровський), оцінювання фітосанітарного стану та пожежонебезпечності лісів (О.І. Сахацький, Ю.В. Костюченко, Г.М. Жолобак), прогнозування стану й урожайності зернових культур та екологічної ситуації в екосистемах (О.І. Сахацький, Г.М. Жолобак, Д.М. Мовчан, Л.О. Єлістратова, О.А. Апостолов, С.С. Дугін). Розроблено та застосовано нові ефективні методи й технології синергетичної інтерпретації матеріалів сучасних аерокосмічних гіперспектральних знімків (З.М. Шпортьок, О.І. Сахацький, О.М. Сибірцева). Уперше на основі матеріалів багатоспектральних космічних знімків експериментально визначено основні балансові складові формування парникового ефекту в межах території 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 (Ю.В. Костюченко, О.І. Сахацький, Д.М. Мовчан, І.Г. Артеменко, Л.О. Єлістратова, Ю.В. Захарчук, С.С. Дугін). Грунтуючись на вказаних теоретико-методичних дослідженнях, відділ запровадив багато результатів у вигляді укладених договорів на виконання певних робіт із низкою виробничих організацій, Міністерством екології та природних ресурсів України, Державною службою України з надзвичайних ситуацій, Укргідрометцентром України, НАК «Нафтогаз України», з державними адміністраціями Києва, Херсона тощо, а також з космічними агентствами Німеччини, Франції, Європейського Союзу та Японії в рамках виграних міжнародних грантів.

Відділ геоінформаційних технологій у ДЗЗ

Завідувач відділу – член-кореспондент НАН України М.О. Попов. Доктор технічних наук, професор М.О. Попов у 2001 р. після закінчення служби у Збройних Силах України продовжив наукову діяльність у ЦАКДЗ. Йому належать декілька монографій з питань обробки та автоматизованого дешифрування аерокосмічних зображень, понад 40 патентів та авторських свідоцтв.

За час існування Центру з 1992 по 2004 р. його колектив поповнився колишніми кадровими військовими: підполковником запасу В.І. Кононовим, кандидатом технічних наук, доцентом, відомим фахівцем у галузі оцінювання ефективності іконічних систем дистанційного зондування; підполковником запасу С.А. Станкевичем, кандидатом технічних наук, доцентом (нині професором), відомим фахівцем з методів обробки багато- та гіперспектральних зображень для задач природокористування та оборони.

Відділ геоінформаційних технологій у ДЗЗ 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 цифрових 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. Учені відділу розробляють теоретико-методичні основи оброблення та аналізу багато- і гіперспектральних аерокосмічних зображень для вирішення різноманітних тематичних завдань ДЗЗ, нові ефективні алгоритми автоматизованої інтерпретації аерокосмічних зображень. 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. У 1972 р. Міністерство нафтової і газової промисловості СРСР створює у своїх структурних підрозділах аерокосмогеологічні служби у вигляді груп (геофізичні трести) і лабораторій (регіональні науково-дослідні і проектні інститути нафти). Одна з таких лабораторій 25.12.1972 р. була створена в Українському науково-дослідному інституті проектування нафтогазовидобутку (УкрНДПНВ). У 1976 р. ця лабораторія була реорганізована у Київський відділ Інституту геології і розробки горючих копалин Міннафтогазпрому та АН СРСР. На початку 1992 р. він трансформувався в Інститут космоаерометодів, який у травні 1992 р. увійшов до складу ЦАКДЗ.

Завданнями відділу були: розробка наукових основ і апробація методики аерокосмогеологічних досліджень при нафтогазопозукових роботах в усіх нафтогазоносних провінціях колишнього СРСР, які відрізняються ландшафтними умовами та геологічною будовою; навчання на курсах підвищення кваліфікації при відділі спеціалістів виробничих груп і лабораторій галузевих інститутів, що проводять аерокосмогеологічні дослідження; апробація і впровадження в галузі нової знімальної фотограмметричної апаратури; організація обміну закордонним і вітчизняним досвідом аерокосмогеологічних досліджень та ін.

У 1987 р. фахівцями відділу видаються «Временные методические рекомендации по аэрокосмогеологическим исследованиям и использованию их результатов при нефтегазопроисловых работах». До кінця 1987 р. методика аерокосмогеологічних досліджень була розроблена і запроваджена у виробничому режимі практично в усіх нафтогазоносних провінціях колишнього СРСР. У цьому ж році видається «Тектоническая карта нефтегазоносных областей юго-запада СССР» (з використанням матеріалів космічних зйомок), м-б 1:500 000 (відп. ред. М.О. Крилов), яка відзначена Державною премією УРСР.

З 1988 р. фахівці відділу розпочали розробку методу прямого прогнозування покладів вуглеводнів на основі наземного і дистанційного вивчення спектрального поля ландшафтів, який отримав назву супутникової технології прогнозу покладів нафти і газу на суходолі. Піонери-розробники методу – кандидат технічних наук М.О. Тепляков, кандидат геолого-мінералогічних наук Г.Ф. Бусел. У подальшому великий внесок у розробку зробили кандидати геолого-мінералогічних наук В.М. Перерва, О.І. Архіпов, кандидат біологічних наук О.І. Левчик та ін. Відділ розробив і виготовив фотометри ПФ-08, КФ-08 для виконання наземних спектрометричних досліджень.

Науковий напрям відділу – розроблення методологій 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 нафтогазоперспективних площах оцінено перспективи нафтогазоносності. Результати апробації демонструють високу достовірність цієї технології і відкривають перспективи для прогнозування нових родовищ вуглеводнів, що дозволить значною мірою вирішити паливно-енергетичну проблему України, використовуючи власну сировинну базу. Застосування зазначеної технології 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. За допомогою дистанційних методів розроблено 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 модернізований 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 системного аналізу

Завідувач відділу – член-кореспондент НАН України О.Д. Федоровський. Основний науковий потенціал відділу складають фахівці, які працювали у ЦКБ заводу «Арсенал», де набули вагомий досвід у проектуванні та дослідженні авіаційних систем ДЗЗ.

У 1958 р. Державний оптичний інститут ім. С.І. Вавілова (м. Ленінград) передав заводу «Арсенал» результати досліджень експериментального макета скануючого тепловізора «Уржум» для створення на його базі авіаційних приладів ДЗЗ. Для забезпечення цих робіт у ЦКБ була організована лабораторія інфрачервоної техніки (1960 р). Керівником цих підрозділів і головним конструктором було призначено О.Д. Федоровського. У цей період були розроблені і виготовлені перші зразки авіаційних оптико-електронних скануючих тепловізорів: вертолітний варіант «Сура», а пізніше – літаковий тепловізор «Гагара». Апаратура призначалася для зондування морських акваторій, виявлення і розпізнавання в нічний час кораблів за їхнім власним випромінюванням в інфрачервоній області спектра.

У 1980-ті роки були створені більш досконали універсальні авіаційні тепловізійні системи ДЗЗ – «Пінгвін», «Спостерігач», ІЧ-пеленгатор «Полнос», спектрофотометр «Риф», а також космічна інфрачервона скануюча система ДЗЗ для ШСЗ «Діамант».

Відділ системного аналізу Центру 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 – виконання науково-дослідних робіт, передбачених державними і відомчими замовленнями; проведення фундаментальних, пошукових та прикладних науково-дослідних робіт за такими спрямуваннями: 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 процесі збільшення обсягу виконуваних тематичних завдань (зростання ризику надзвичайних ситуацій, розширення пошуку корисних копалин, аграрний комплекс, сталий розвиток міських агломерацій, якість води та водопостачання, екологічний стан довкілля, оборонний комплекс) та вдосконалення аерокосмічних систем ДЗЗ.

Відділ аерокосмічних досліджень у геоecології

Завідувач відділу – кандидат геологічних наук В.Є. Філіпович. Підрозділ було засновано у травні 1992 р. на базі колишнього Київського відділу Інституту геології і розробки горючих копалин Міністерства нафтової і газової промисловості СРСР (1976 р.), який на початку 1992 р. трансформувався в Київський науково-дослідний інститут космоаерометодів.

Відділ створено з метою організації і проведення науково-дослідних робіт у напрямі розроблення теорії та методів використання матеріалів багатоспектрального аеро- і космічного знімання для вирішення геоecологічних проблем. Основними завданнями та функціями відділу є створення нових методів і технологій комп'ютерного оброблення та інтерпретації аерокосмічних зображень для вирішення природоохоронних геоecологічних проблем, розроблення методології екологічного моніторингу в умовах сучасної трансформації урбанізованих територій на основі новітніх супутникових технологій ДЗЗ. У відділі опрацьовано методичні принципи і технології використання матеріалів дистанційної інформації під час виконання геологознімальних робіт в Україні; запропоновано на основі використання космічних даних модернізацію методики оцінювання шкоди державі внаслідок нелегального видобування бурштину. На підставі дистанційних даних побудовано просторово-часові моделі підтоплення територій ґрунтовими водами в умовах міських агломерацій; за допомогою наземного спектрометрування та використання матеріалів ДЗЗ розроблено методичні прийоми виявлення техногенного забруднення урбанізованих територій важкими металами, а також джерел забруднень водного середовища. Створено методичні засади оціню-

вання геоecологічного стану промислових центрів (для Нікополя, Борислава, Києва, Кривого Рога, Запоріжжя, Херсона, Миколаєва, Маріуполя). На основі розробленої геоінформаційної системи (ГІС), використання космічної інформації, аналізу 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. Київ). Розроблено методичні основи застосування космічних даних у тепловому діапазоні для оцінювання і прогнозування реакції міського середовища на зміни клімату. 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 – окремий будинок». Результати проведених робіт стосовно Києва використовують природоохоронні та комунальні структури Київської міської держадміністрації. Розробки відділу з використання дистанційних даних для геології та геоecології впродовж останніх 15 років регулярно впроваджуються у підприємства Державної геологічної служби України.

Упровадження розроблених у ЦАКДЗ новітніх супутникових технологій дозволило провести оцінку врожайності на полях Новобузького, Миколаївського та Новоодеського районів Миколаївської області під урожай 2012 р.; Фастівського району Київської області під урожай 2013 та 2014 рр.; південно-східних районів Київської області під урожай 2015 та 2016 рр. Матеріали передані ДУ «Держґрунтохорона» та ТОВ «Баришівська зернова компанія».

На основі розроблених технологій космічного геомоніторингу створено комплект цифрових карт (ГІС-технологія) порушених територій Олевського району Житомирської області в результаті нелегального видобування бурштину. Передані матеріали будуть використані Центром екологічної

освіти та інформації у проєкті ПРООН/ГЕФ «Рекультивация земель, порушених внаслідок незаконного видобування корисних копалин на цінних природних територіях» для моніторингу екологічного стану та рекультивации земель, що зазнали знищення ґрунтово-рослинного шару внаслідок нелегального видобування бурштину.

Казенному підприємству спеціального приладобудування «Арсенал» передано робоче програмне забезпечення для субпіксельної обробки зображень, що отримуються матричною знімальною камерою космічної системи «Січ» (2013 р.), та спеціалізований програмний модуль субпіксельної обробки кадрів поверхні Землі, які формуються сканером далекого інфрачервоного діапазону (СДІЧ), який буде використаний для розробки програмного забезпечення для наземної обробки супутникових зображень, що формуються бортовою знімальною апаратурою перспективної супутникової системи ДЗЗ «Січ-2М».

До Департаменту житлово-комунальної інфраструктури Київської міської державної адміністрації передано базу ГІС для супутникового моніторингу розвитку зсувонебезпечних процесів на Правобережжі м. Київ. За матеріалами космічних зйомок проведено моніторингові дослідження розвитку зсувів упродовж останнього десятиріччя (2005–2015 рр.). Результати досліджень можуть бути використані при плануванні протизсувних заходів у м. Київ, наповненні муніципальної ГІС, коректуванні містобудівного планування та екологічної політики Київської держадміністрації.

Наукові досягнення Центру

ЦАКДЗ – перша в Україні наукова організація, яка свого часу була прийнята до Європейської асоціації лабораторій дистанційного зондування (EAR-SeL). Центр плідно співпрацює з Європейським космічним агентством (ESA), а також із космічними агентствами й установами США, Німеччини, Франції, Японії, Угорщини, Польщі, Білорусі, зокрема в межах програм GEOSS-GMES та ін.

У науковому доробку Центру – атласи «Україна з космосу» та «Космос – Україні», комп'ютерно дешифровані космоснімки українсько-російського космічного апарата «Океан-О», українського супутника «Січ-1», підготовлено аналогічні матеріали знімків супутника «Січ-2», в яких показано можливість їх 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 англomовний варіант монографії «Изменения земных систем в Восточной Европе», передмову до яких написав президент НАН України академік НАН України Б.Є. Патон. Центр неодноразово посідав перші місця у Відділенні наук про Землю НАН України за кількістю одержаних патентів.

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 та 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 технології дешифрування космоснімків. Академік НАН України В.І. Лялько, члени-кореспонденти НАН України О.Д. Федоровський і М.О. Попов відзначені почесним званням «Заслужений діяч науки і техніки України».

Результати досліджень Центру відображені майже в 800 публікаціях у вітчизняних і зарубіжних виданнях, насамперед у 18 монографіях. Найбільш значущі з них такі: «Аэрокосмические методы в геоэкологии», «Україна з космосу (Атлас дешифрованих знімків території України з космічних апаратів)», «Космос – Україні (Атлас дешифрованих знімків території України з КА «Океан» та інших космічних апаратів)», «Інформатизация аерокосмічного землезнавства», «Багатоспектральні методи дистанційного зондування Землі в задачах природокористування», «Изменения земных систем в Восточной Европе», «Earth Systems Change over Eastern Europe», «Спутниковые методы поиска полезных ископаемых», «Сучасні методи дистанційного пошуку корисних копалин», «Парниковий ефект і зміни клімату в Україні: оцінки та наслідки», навчальний посібник «Аерокосмічні знімальні системи» та науково-методичний посібник «Аерокосмічні дослідження геологічного середовища».

Перспективи розвитку наукових досліджень Центру

Нині ДУ «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України» динамічно розвивається, вирішує актуальні наукові та прикладні проблеми, сприяючи тому, щоб наукові здобутки його співробітників посіли гідне місце у вітчизняній та світовій науці та зробили вагомий внесок у вирішення актуальних для України задач реальної економіки та оборони.

Перспективи розвитку наукових досліджень Центру пов'язані зі створенням єдиної теорії ДЗЗ, в основу якої покладені сучасні уявлення наук про Землю, теорія енергомасообміну в геосистемах, досягнення в теорії систем; удосконалення моделей фізичних процесів, що відбуваються на суходолі та шельфі, у контексті досліджень нафтогазоперспективності територій; розроблення теоретико-методичних підходів, моделей, алгоритмів, демонстраційного програмного забезпечення та пілотних технологій комплексного геоінформаційного аналізу матеріалів аерокосмічних спостережень Землі і наземних даних, а також наукові рекомендації щодо впровадження цих розробок у практику; створення системи глобального та регіонального космічного екологічного моніторингу, зокрема

моніторингу екологічного стану урбанізованих територій, аудиторського моніторингу балансу парникових газів для надійного обґрунтування та уточнення їхніх квот для різних країн та оцінювання потенційних можливостей продажу квот, зокрема Україною.

Концептуально стратегія розвитку досліджень в ЦАКДЗ ІГН НАН України в перспективі до 2020 р. полягатиме в реалізації (з урахуванням науково-прикладної спеціалізації установи) основних положень розвитку світового суспільства, визначених рішеннями ООН зі сталого безконфліктного розвитку людства шляхом забезпечення його перш за все трьома необхідними складовими життєдіяльності, а саме – продовольством, питною водою та енергоресурсами. У вирішенні цієї планетарної проблеми суттєву роль відіграватиме розробка сучасних методів та технологій використання матеріалів гіперспектральних прецизійних аерокосмічних зйомок та комп'ютерного моделювання процесів енергомасообміну в геосферах Землі з метою розробки рекомендацій щодо вибору сценаріїв раціонального природокористування в умовах збалансованого соціоекономічного розвитку різних країн при відповідних взаємних гарантіях оборонного характеру та міжнародної безпеки.

Список літератури

Лялько В.И., Митник М.М. Дистанционные геотермические поиски полезных ископаемых. *Геол. журн.* 1975. Т. 35, № 6 (165). С. 27–46.

Лялько В.И. О возможности дистанционных геохимических поисков некоторых полезных ископаемых на основе лидарной спектроскопии. *Геол. журн.* 1979. Т. 39, № 5 (188). С. 19–25.

Быстревская С.С., Шаталов Н.Н. Глубинная структура земной коры по космическим изображениям (на примере Восточного Приазовья). *Исслед. Земли из космоса.* 1980. № 5. С. 10–16.

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. Препр. ИГН АН УССР.

Шнюков Е.Ф., Куделя Ю.А., Радзивилл А.Я., Радзивил В.Я., Токовенко В.С. Новые данные о структуре и истории геологического развития акватории Азовского моря по дешифрированию космических снимков. *Геол. журн.* 1981. Т. 41, № 1 (196). С. 21–26.

Шаталов Н.Н. К вопросу об использовании результатов дешифрирования космо- и аэрофотосним-

ков при изучении особенностей геологического строения Восточного Приазовья. *Геол. журн.* 1982. Т. 42, № 1 (202). С. 68–76.

Лялько В.И., Митник М.М., Вульфсон Л.Д. Методические основы дистанционных методов при геологических исследованиях. *Космическая информация в геологии:* Трифонов В.Г. (ред.). Москва: Наука, 1983. Гл. 6. 536 с.

Быстревская С.С., Шаталов Н.Н. Использование аэрокосмических материалов при региональных вулcano-тектонических реконструкциях и металлогеническом анализе в пределах платформенных областей. *Современные проблемы палеовулканологии.* Москва: Наука, 1985. С. 164–173.

Лялько В.И., Шаталов Н.Н. Использование аэрокосмической информации в геологии и смежных областях. *Геол. журн.* 1988. Т. 48, № 2 (239). С. 141–143.

Борисенко Л.С., Чебаненко И.И., Шаталов Н.Н. Новейшая тектоника Крыма по данным геолого-геофизических и аэрокосмических исследований. *Геол. журн.* 1988. Т. 48, № 3 (240). С. 3–11.

Чебаненко І.І., Шаталов Н.Н., Борисенко Л.С. Использование аэрокосмических снимков для выявления разломов и неотектонических движений Крыма и Приазовья. *Аэрокосмическое изучение современных и новейших тектонических процессов*: Сб. науч. тр. Москва: Наука, 1988. С. 12-16.

Чебаненко І.І., Шаталов Н.Н., Потапчук І.С., Верховцев В.Г. Основные структуры Приазовского блока Украинского щита по аэрокосмическим данным. *Тектоносфера Украины*. Киев: Наук. думка, 1989. С. 80–86.

Верховцев В.Г., Веремьев П.С., Шаталов Н.Н. Кольцевые структуры Приазовского блока Украинского щита по данным дешифрирования космических снимков. *Исслед. Земли из космоса*. 1989. № 6. С. 15–22.

Николаенко Б.А., Быстревская С.С., Воловик В.Т., Гавриш В.К. Карта линейных и кольцевых структур Украинской ССР (по материалам космических съемок). М-б 1:1 000 000: Зарицкий А.И. (ред.). Киев: Наук. думка, 1989. 113 с.

Верховцев В.Г. Опыт проведения крупномасштабных аэрокосмотектонических исследований (на примере Мариупольско-Стародубовского эталонного участка). *Тектоника и стратиграфия*. 1989. Вып. 30. С. 6-12.

Верховцев В.Г. Новітні платформні геоструктури України та динаміка їх розвитку: дис. ... д-ра геол. наук за спеціальністю 04.00.01 – загальна і регіональна геологія. Київ, 2008. 280 с.

Лялько В.І., Вульфсон Л.Д., Жарый В.Ю. Аэрокосмические методы в геоэкологии. Киев: Наук. думка, 1992. 206 с.

Україна з космосу (Атлас дешифрованих знімків території України з космічних апаратів). 2 вид: Лялько В.І., Федоровський О.Д. (ред.). Київ: Наук. думка, 1999. 34 с.

Космос – Україні (Атлас дешифрованих знімків території України з КА «Океан» та інших космічних апаратів): Лялько В.І., Федоровський О.Д. (ред.). Київ: Наук. думка, 2001. 106 с.

Нові методи в аерокосмічному землезнавстві: Лялько В.І. (ред.). Київ: Наук. думка, 1999. 262 с.

Інформатизація аерокосмічного землезнавства: Довгий С.О., Лялько В.І. (ред.). Київ: Наук. думка, 2001. 606 с.

Словник із дистанційного зондування Землі: Лялько В.І., Попов М.О. (ред.). Київ: СМП АВЕРС, 2004. 170 с.

Державний стандарт України ДСТУ 4220:2003 «Дистанційне зондування Землі з космосу. Терміни

та визначення понять». Київ: Держспоживстандарт України, 2003. 18 с.

Державний стандарт України ДСТУ 4758:2007 «Дистанційне зондування Землі з космосу. Оброблення даних. Терміни та визначення понять». Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 12 с.

Багатоспектральні методи дистанційного зондування Землі в задачах природокористування: Лялько В.І., Попов М.О. (ред.). Київ: Наук. думка, 2006. 358 с.

Буришинська Х.В., Станкевич С.А. Аерокосмічні знімальні системи. Навч. посібник. Львів: «Львівська політехніка», 2010. 292 с.

Изменения земных систем в Восточной Европе: Лялько В.І. (ред.). Киев: ПП «Фолиант», 2010. 581 с.

Аерокосмічні дослідження геологічного середовища. Наук.-метод. посібник. А.Г. Мичак, В.С. Філіпович, В.Л. Приходько [та ін.]. Міністерство охорони навколишнього природного середовища України, Державна геологічна служба України. Київ, 2010. 246 с.

Earth Systems Change over Eastern Europe: Groisman P., Lyalko V.I. (Eds.). Kiev: Akadempriodyka, 2012. 488 p.

Спутниковые методы поиска полезных ископаемых: акад. НАН України В.І. Лялько і д-р техн. наук М.А. Попов (ред.). Киев: Карбон Лтд, 2012. 436 с.

Інфраструктура спутникових геоінформаційних ресурсів і їх інтеграція: Сб. науч. ст.: д-р техн. наук М.А. Попов і д-р техн. наук Е.Б. Кудашев (ред.). Киев: Карбон-Сервис, 2013. 192 с.

Парниковий ефект і зміни клімату в Україні: оцінки та наслідки: Лялько В.І. (ред.). Киев: Наук. думка, 2015. 283 с.

Попов М.О., Левчик О.І. До 20-річчя заснування Державної установи «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України». *Вісн НАН України*. 2012. № 6. С. 68–73.

Лялько В.І., Попов М.О., Федоровський О.Д., Філіпович В.Є., Єсипович С.М., Седлєрова О.В. До 25-річчя від дня заснування Державної установи «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України». *Геол. журн*. 2017. № 1 (358). С. 101-108.

Сучасні методи дистанційного пошуку корисних копалин: Лялько В.І., Попов М.О. (ред.). ISBN 978-966-02-8295-7 (електронне видання). Київ, 2017. 220 с.

References

- Lyalko V.I., Mitnick M.M.**, 1975. Remote geothermal prospecting of minerals. *Geologichnyy Zhurnal*, vol. 35, No. 6 (165), p. 27-46 (in Russian).
- Lyalko V.I.**, 1979. On the possibility of remote geochemical searches for some minerals based on lidar spectroscopy. *Geologichnyy Zhurnal*, vol. 39, No 5 (188), p. 19-25 (in Russian).
- Bystrevskaya S.S., Shatalov N.N.**, 1980. Deep structure of the earth's crust by cosmic images (on the example of the Eastern Priazovye). *Issledovaniye Zemli iz kosmosa*, No 5, p. 10-16 (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. Kiev, 46 p., Prepr. IGS of NAS of USSR (in Russian).
- Shnyukov E.F., Kudel Yu.A., Radziwill A.Ya., Radzivil V.Ya., Tokovenko V.S.**, 1981. New data on the structure and history of geological development of the Azov Sea water area on interpretation of space images. *Geologichnyy Zhurnal*, vol. 41, No. 1 (196), p. 21-26 (in Russian).
- Shatalov N.N.**, 1982. On the use of the results of decoding of cosmic and aerial photographs in the study of the features of the geological structure of the Eastern Azov Sea. *Geologichnyy Zhurnal*, vol. 42, No. 1 (202), p. 68-76 (in Russian).
- Lyalko V.I., Mitnik M.M., Wulfson L.D.**, 1983. Methodical bases of remote methods in geological research. *Space information in geology*. (Ed. V.G. Trifonov), 1983. Moscow: Nauka, Part 6, 536 p. (in Russian).
- Bystrevskaya S.S., Shatalov N.N.**, 1985. Use of aerospace materials for regional volcanic-tectonic reconstructions and metallogenic analysis within the platform areas. In: *Modern problems of paleovolcanology*. Moscow: Nauka, p. 164-173 (in Russian).
- Lyalko V.I., Shatalov N.N.**, 1988. Use of aerospace information in geology and related fields. *Geologichnyy Zhurnal*, vol. 48, No. 2 (239), p. 141-143 (in Russian).
- Borisenko L.S., Chebanenko I.I., Shatalov N.N.**, 1988. The newest tectonics of Crimea according to geological-geophysical and aerospace research. *Geologichnyy Zhurnal*, vol. 48, No. 3 (240), p. 3-11 (in Russian).
- Chebanenko I.I., Shatalov N.N., Borisenko L.S.**, 1988. Use of an astrocosmic image to detect faults and neotectonic movements of the Crimea and the Azov Sea. In: *Aerospace study of modern and newest tectonic processes: Collection scientific words*. Moscow: Nauka, p. 12-16 (in Russian).
- Chebanenko I.I., Shatalov N.N., Potapchuk I.S., Verkhovtsev V.G.**, 1989. The basic structures of the Priazovsky block of the Ukrainian Shield for aerospace data. In: *Tectonosphere of Ukraine*. Kiev: Naukova Dumka, p. 80-86 (in Russian).
- Verkhovtsev V.G., Veremeyev P.S., Shatalov N.N.**, 1989. Ring structures of the Priazovsky block of the Ukrainian shield according to the interpretation of space images. *Issledovanie Zemli iz kosmosa*, No 6, p. 15-22 (in Russian).
- Nikolaenko B.A., Bystrevskaya S.S., Volovik V.T., Gavrish V.K.**, 1989. Map of linear and annular structures of the Ukrainian SSR (based on satellite imagery). Scale 1:1 000 000. (Ed. A.I. Zaritsky). Kiev: Naukova Dumka, 113 p. (in Russian).
- Verkhovtsev V.G.**, 1989. Experience in conducting large-scale aerospace-tectonic studies (using the example of the Mariupol-Starodubovskoy reference area). *Tektonika I Stratigrafiya*, iss 30 p. 6-12 (in Russian).
- Verkhovtsev V.G.**, 2008. The newest platform geostuctures of Ukraine and the dynamics of their development: dis. ... Dr. geol. sci. on specialty 04.00.01 – general and regional geology. Kyiv, 280 p. (in Ukrainian).
- Lyalko V.I., Wulfson L.D., Zhary V.Yu.**, 1992. Aerospace methods in geoecology. Kiev: Naukova Dumka, 206 p. (in Russian).
- Ukraine from space** (Atlas of decoded pictures of the territory of Ukraine from space vehicles). 2 ed. (Eds. Lyalko V.I., Fedorovsky A.D.), 1999. Kyiv: Naukova Dumka, 34 p. (in Ukrainian).
- Cosmos – Ukraine** (Atlas of decoded pictures of the territory of Ukraine with spacecraft "Ocean" and other space vehicles). (Eds. Lyalko V.I., Fedorovsky A.D.), 2001. Kyiv: Naukova Dumka, 106 p. (in Ukrainian).
- New methods in aerospace agriculture**. (Ed. Lyalko V.I.), 1999. Kyiv: Naukova Dumka, 262 p. (in Ukrainian).
- Informatization of aerospace agriculture**. (Eds. Dovgy S.O., Lyalko V.I.), 2001. Kyiv: Naukova Dumka, 606 p. (in Ukrainian).
- Reference book with remote sensing of the Earth**. (Eds. Lyalko V.I., Popov M.A.), 2004. Kyiv: SMP AVERS, 170 p. (in Ukrainian).
- State standard of Ukraine DSTU 4220:2003 «Remote sensing of the Earth from space. Terms and definitions of concepts»**, 2003. Kyiv: State Standard of Ukraine, 18 p. (in Ukrainian).
- State standard of Ukraine DSTU 4758:2007 «Remote sensing of the Earth from space. Data processing. Terms and definitions of concepts»**, 2007. Kyiv: State Standard of Ukraine, 12 p. (in Ukrainian).
- Multispectral methods for remote sensing of the Earth in the problems of nature management**. (Eds. Lyalko V.I., Popov M.A.), 2006. Kiev: Naukova Dumka, 358 p. (in Ukrainian).

Burshinska Kh.V., Stankevich S.A., 2010. Aero-cosmic surveying systems. Text book. Lviv: «Lviv Polytechnic», 292 p. (in Ukrainian).

Changes in terrestrial systems in Eastern Europe. (Ed. Lyalko V.I.), 2010. Kiev: «Foliant» publishing house, 581 p. (in Russian).

Aerocosmic studies of the geological environment. Sci. method. allowance. A.G. Michach, V.E. Filipovich, V.L. Prikhodko et al., 2010. Ministry of Environmental Protection of Ukraine, State Geological Survey of Ukraine. Kyiv, 246 p. (in Ukrainian).

Earth Systems Change over Eastern Europe. (Eds. P. Groisman, V.I. Lyalko), 2012. Kiev: Akadempriodyka, 488 p. (in English).

Satellite methods of searching for minerals. (Eds. acad. of NAS of Ukraine V.I. Lyalko and Dr. Tech. Sci. M.A. Popov), 2012. Kiev: Carbon Ltd., 436 p. (in Russian).

Infrastructure of satellite geoinformation resources and their integration: Collektion scientific articles. (Eds.: Dr. Tech. Sci. M.A. Popov and Dr. Tech. Sci. E.B. Kudashev), 2013. Kiev: Carbon-Service, 192 p. (in Russian).

Greenhouse effect and climate change in Ukraine: assessments and consequences. (Ed. Lyalko V.I.), 2015. Kyiv: Naukova Dumka, 283 p. (in Ukrainian).

Popov M.A., Levchik O.I., 2012. To the 20th Anniversary of the founding of the State Institution «Scientific Center for Aerospace Exploration of the Earth of the Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine. *Visnyk NAN Ukrainy*, No. 6, p. 68-73 (in Ukrainian).

Lyalko V.I., Popov M.A., Fedorovsky A.D., Filipovich V.E., Esipovich S.M., Sedlerova O.V., 2017. To the 25th Anniversary of the founding of the State Enterprise «Scientific Center for Aerospace Earth Studies of the Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine». *Geologichnyy Zhurnal*, No. 1 (358), p. 101-108 (in Ukrainian).

Modern methods of remote search for minerals. (Eds. Lyalko V.I., Popov M.A.), 2017. ISBN 978-966-02-8295-7 (electronic publication). Kyiv, 220 p. (in Ukrainian).

Стаття надійшла
20.08.2018