



# СУЧАСНІ МЕТОДИ ДИСТАНЦІЙНОГО ПОШУКУ КОРИСНИХ КОПАЛИН

NOVEL REMOTE SENSING METHODS  
FOR MINERALS PROSPECTING



**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ ГЕОЛОГІЧНИХ НАУК НАН УКРАЇНИ  
НАУКОВИЙ ЦЕНТР АЕРОКОСМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗЕМЛІ**

---

**NATIONAL ACADEMY OF UKRAINE  
INSTITUTE OF GEOLOGICAL SCIENCES  
SCIENTIFIC CENTRE FOR AEROSPACE RESEARCH OF THE EARTH**



# **СУЧАСНІ МЕТОДИ ДИСТАНЦІЙНОГО ПОШУКУ КОРИСНИХ КОПАЛИН**

За редакцією В. І. Лялька і М. О. Попова

## **NOVEL REMOTE SENSING METHODS FOR MINERALS PROSPECTING**

V. I. Lyalko and M. O. Popov (Eds)

**КИЇВ 2017**

KYIV 2017

*О. Т. Азімов, С. І. Альперт, О. А. Апостолов, М. В. Артюшенко, О. І. Архіпов, А. Я. Буніна, А. І. Воробйов, Л. Ф. Даргейко, С. С. Дугін, С. М. Єсипович, Т. А. Єфименко, А. О. Козлова, Г. Б. Крилова, Л. П. Ліщенко, М. С. Лубський, В. І. Лялько, Т. А. Мельниченко, А. Г. Мичак, Н. В. Пазинич, В. М. Подорван, М. О. Попов, М. О. Свіденюк, О. В. Седлерова, С. Г. Семенова, С. А. Станкевич, К. Ю. Суханов, О. В. Титаренко, О. В. Томченко, М. В. Топольницький, О. Д. Федоровський, В. Є. Філіпович, А. В. Хижняк, А. Я. Ходоровський, З. М. Шпортюк, В. Г. Якимчук*

Одним з актуальних завдань наук про Землю є поліпшення раціонального використання природних ресурсів, зокрема, через розроблення нових ефективних методів пошуку покладів корисних копалин на основі сучасних супутникових технологій.

В монографії наведено нові методи дистанційного пошуку корисних копалин різних типів, які розроблено в останні роки в Науковому центрі аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України.

Наводяться і детально описуються теоретико-методичні основи інформаційного інтегрування даних багатоспектрального аерокосмічного знімання, польової спектрометрії і геолого-геофізичних даних при вирішенні завдань дистанційного пошуку покладів корисних копалин на суходолі і морському шельфі, нові ефективні методи дистанційного пошуку покладів вуглеводнів та виявлення родовищ рудної і нерудної сировини.

Більшість з розроблених методів дистанційного пошуку покладів вуглеводнів пройшла апробацію на ділянках Дніпровсько-Донецької западини, в окремих частинах Чорного моря. Розроблені методи дистанційного виявлення родовищ рудної та нерудної сировини були застосовані при прогнозуванні покладів поліметалевих руд на Українському щиті, при пошуку покладів гіпсу і гіпсоангидритів в різних регіонах України.

Розроблені методи дистанційного пошуку покладів корисних копалин на суходолі і шельфі можуть слугувати науковою основою при обґрунтуванні заходів раціонального природокористування та прийнятті інформаційних і управлінських рішень.

Автори сподіваються, що матеріали монографії будуть корисними вченим і спеціалістам-практикам, які працюють над вирішенням різноманітних природоресурсних завдань і впровадженням нових перспективних геологічних і геоінформаційних технологій.

One of the current challenges in Earth Sciences is the improvement of efficient natural resources management, essentially, through the development of novel advanced methods for minerals prospecting using modern satellite technologies.

A monograph highlights the novel remote sensing methods for mineral prospecting of different resources. These methods were developed in the Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth, IGS NAS of Ukraine in recent years. It is presented and described the following ones theoretical and methodical fundamentals for the integration of multispectral satellite imagery, field spectrometry, geological and geophysical data for remote sensing minerals prospecting both onshore and offshore, novel efficient methods for remote sensing hydrocarbon prospecting and as well as for ore and non-ore mineral deposits detecting.

Most of the developed remote sensing methods for hydrocarbon prospecting have been validated over the test sites within the Dnieper-Donets Depression as well as inside prospective offshore areas of Black Sea. The developed remote sensing methods for ore and non-ore minerals prospecting have been applied to predict the poly-metallic deposits within the Ukrainian Shield, to search the occurrences of gypsum and anhydrite in many regions of Ukraine, etc.

The developed remote sensing methods for the minerals exploration onshore and offshore can be a scientific basis for the justification of the measures to the efficient environment management and taking the informative and administrative decisions. The authors hope that the of monograph will be useful for the scientists and experts, which work to resolve the various natural resource issues and implementation of the new promising geological and geo-information technologies.

**Рецензенти:** доктор технічних наук, членкореспондент НАН України О. М. Трофимчук  
доктор геологічних наук М. М. Шаталов

Рекомендовано до публікації рішенням Вченої ради Наукового центру аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України, протокол № 3 від 14.03.2017 року

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

|              |                                                                     |
|--------------|---------------------------------------------------------------------|
| <b>АКФ</b>   | — автокореляційна функція                                           |
| <b>АПТ</b>   | — аномалія пониження температури                                    |
| <b>АТП</b>   | — аномалія типу поклад                                              |
| <b>БД</b>    | — база даних                                                        |
| <b>БЗ</b>    | — база знань                                                        |
| <b>ВВ</b>    | — вуглеводні                                                        |
| <b>ВНК</b>   | — водо-нафтовий контакт                                             |
| <b>ГА</b>    | — генетичний алгоритм                                               |
| <b>ГВК</b>   | — газо-водяний контакт                                              |
| <b>ГІС</b>   | — географічна інформаційна система                                  |
| <b>ДББ</b>   | — Дніпровський буровугільний басейн                                 |
| <b>ДДЗ</b>   | — Дніпровсько-Донецька западина                                     |
| <b>ДЗЗ</b>   | — дистанційне зондування Землі                                      |
| <b>КА</b>    | — космічний апарат                                                  |
| <b>КСВ</b>   | — коефіцієнт спектрального відбиття                                 |
| <b>МАІ</b>   | — метод аналізу ієрархій                                            |
| <b>МAM</b>   | — метод аналітичних мереж                                           |
| <b>МСГТ</b>  | — метод спільної глибинної точки                                    |
| <b>НАН</b>   | — Національна академія наук                                         |
| <b>НГП</b>   | — нафтогазоносна провінція                                          |
| <b>РП</b>    | — регіональний профіль                                              |
| <b>СФК</b>   | — структурно-формаційний комплекс                                   |
| <b>ТСДШ</b>  | — теорія свідчень Демпстера–Шейфера                                 |
| <b>УЩ</b>    | — Український щит                                                   |
| <b>ЦАКДЗ</b> | — Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі                     |
| <b>ЦМР</b>   | — цифрова модель рельєфу                                            |
| <b>ШРЗ</b>   | — шовна рифтогенна зона                                             |
| <b>ШСЗ</b>   | — штучний супутник Землі                                            |
| <b>ВРА</b>   | — Basic Probability Assignment (базовий ймовірнісний розподіл)      |
| <b>DEM</b>   | — Digital Elevation Model (цифрова модель рельєфу)                  |
| <b>GDEM</b>  | — Global Digital Elevation Model (глобальна цифрова модель рельєфу) |

# ЗМІСТ

|                                                                                                                                                                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>ПЕРЕДМОВА</b> ( В. І. Лялько, М. О. Попов) .....                                                                                                                                                                              | 6  |
| <b>РОЗДІЛ 1</b> ДИСТАНЦІЙНІ ДОСЛІДЖЕННЯ В ГЕОЛОГІЇ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ: РЕТРОСПЕКТИВА І СУЧАСНІСТЬ .....                                                                                                                        | 7  |
| 1. Ретроспектива дистанційних досліджень в геології на території України (А. І. Воробйов, В. І. Лялько, А. Г. Мичак, В. Є. Філіпович) .....                                                                                      | 7  |
| 1.2. Нормативна база застосування дистанційних аерокосмічних методів при проведенні геологорозвідувальних робіт в Україні (А. Г. Мичак, В. Є. Філіпович) .....                                                                   | 12 |
| 1.3. Місце аерокосмічної інформації в геологорозвідувальних роботах (А. Г. Мичак, В. Є. Філіпович) .....                                                                                                                         | 12 |
| 1.3.1. Місце аерокосмічної інформації в комплексі геологорозвідувальних робіт на нафту і газ (А. Г. Мичак, В. Є. Філіпович) .....                                                                                                | 12 |
| 1.3.2. Місце аерокосмічної інформації в комплексі геологорозвідувальних робіт на тверді корисні копалини (А. Г. Мичак, В. Є. Філіпович) .....                                                                                    | 13 |
| Література до розділу 1.....                                                                                                                                                                                                     | 16 |
| <b>РОЗДІЛ 2</b> МЕТОДИ ДИСТАНЦІЙНОГО ПОШУКУ ПОКЛАДІВ ВУГЛЕВОДНІВ .....                                                                                                                                                           | 20 |
| 2.1. Критерії виявлення нафтогазоперспективних ділянок на суходолі з використанням геотермо-мیکробиологічних методів та аерокосмічних теплових діапазону (В. І. Лялько, З. М. Шпортюк) .....                                     | 20 |
| 2.1.1. Механізм і модель підвищення температури в приповерхневих шарах при наявності нафтогазового покладу .....                                                                                                                 | 20 |
| 2.1.2. Обґрунтування геотермічних критеріїв дистанційних пошуків покладів нафти і газу за допомогою режимних контактних вимірювань температури земної поверхні .....                                                             | 23 |
| 2.1.3. Використання дистанційної геотермічної зйомки для пошуків нафтогазових покладів .....                                                                                                                                     | 25 |
| 2.1.4. Теоретичні основи дистанційних геотермічних пошуків нафтогазових покладів .....                                                                                                                                           | 25 |
| 2.1.5. Методика дистанційної геотермічної зйомки з метою пошуку нафтогазових покладів .....                                                                                                                                      | 27 |
| 2.1.6. Дослідна перевірка методу дистанційної геотермічної зйомки для пошуків нафти і газу в Дніпровсько-Донецькій западині .....                                                                                                | 31 |
| 2.2. Диз'юнктивні критерії виявлення нафтогазоперспективних ділянок з використанням методів ДЗЗ (О. Т. Азімов) .....                                                                                                             | 32 |
| 2.3. Методи просторової інтерполяції геолого-геофізичних і дистанційно отриманих параметрів (О. Т. Азімов, Л.Ф. Даргейко) .....                                                                                                  | 34 |
| 2.4. Схема оброблення та комплексної інтерпретації дистанційних і геолого-геофізичних даних для вирішення завдань пошуку родовищ корисних копалин із застосуванням аерокосмічних методів (О. Т. Азімов) .....                    | 39 |
| 2.5. Інформаційно-аналітичне забезпечення оцінки мінливості товщин відкладів, перспективних водні, у межах Дніпровсько-Донецької западини (О. Т. Азімов) .....                                                                   | 46 |
| 2.6. Метод оцінювання вуглеводневого потенціалу локальних структур на основі комплексування матеріалів космічної зйомки і магнітометричних даних (О. Т. Азімов) .....                                                            | 55 |
| 2.7. Методика прогнозування покладів вуглеводнів за даними лінеamentного аналізу (О. А. Апостолов, А. Я. Ходоровський) .....                                                                                                     | 59 |
| 2.7.1. Методика лінеamentного аналізу .....                                                                                                                                                                                      | 60 |
| 2.7.2. Методика прогнозування покладів вуглеводнів .....                                                                                                                                                                         | 63 |
| 2.8. Прогнозування перспективності території Дніпровсько-Донецької западини та Тарханкутського півострову Криму на пошуки покладів вуглеводнів з використанням лінеamentного аналізу (О. А. Апостолов, А. Я. Ходоровський) ..... | 65 |
| 2.8.1. Прогнозування покладів вуглеводнів у межах Дніпровсько-Донецької западини .....                                                                                                                                           | 65 |
| 2.8.2. Прогнозування покладів вуглеводнів у межах Тарханкутського півострова Криму .....                                                                                                                                         | 69 |
| 2.8.3. Аналіз карт щільності лінеamentів .....                                                                                                                                                                                   | 72 |
| 2.8.4. Результати прогнозного оцінювання перспективності території Тарханкутського півострову на пошуки покладів вуглеводнів .....                                                                                               | 72 |
| 2.8.5. Формування комплексу пошукових ознак та аналіз їх впливу на розміщення покладів вуглеводнів .....                                                                                                                         | 74 |
| 2.8.6. Прогнозна оцінка перспективності території району на пошуки покладів вуглеводнів .....                                                                                                                                    | 74 |
| 2.9. Комплексний метод прогнозування нафтогазоперспективних об'єктів в нафтогазових басейнах (С. М. Єсіпович, Т. А. Єфименко, С. Г. Семенова, О. В. Титаренко) .....                                                             | 79 |
| 2.10. Приклади застосування розробленого комплексного методу прогнозування нафтогазоперспективних об'єктів (Т. А. Єфименко, М. О. Свіденюк, О. В. Седлєрова, О. В. Титаренко, М. В. Топольницький) .....                         | 85 |

|                 |                                                                                                                                                                                                                                              |            |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 2.10.1.         | Північно-Західний шельф Чорного моря .....                                                                                                                                                                                                   | 85         |
| 2.10.2.         | Хухринсько-Чернетчинська площа північного борту Дніпровсько-Донецької западини (ділянка Хухрянського нафтогазоконденсатного родовища з прилеглою територією) .....                                                                           | 93         |
| 2.11.           | Інтеграція дистанційних та геолого-геофізичних даних при пошуках покладів нафти та газу на суходолі (С. І. Альперт, Т. А. Єфименко, А. О. Козлова, В. М. Подорван, М. О. Попов, С. А. Станкевич, О. В. Титаренко, М. В. Топольницький) ..... | 100        |
| 2.11.1.         | Інтеграція дистанційних та геолого-геофізичних даних за удосконаленим методом Демпстера–Шейфера .....                                                                                                                                        | 100        |
| 2.11.2.         | Інтеграція дистанційних та геолого-геофізичних даних за удосконаленою моделлю Байеса .....                                                                                                                                                   | 104        |
| 2.11.3.         | Геологічна інтерпретація отриманих результатів інтеграції даних для Липоводолинського родовища .....                                                                                                                                         | 105        |
| 2.12.           | Евристичні методи оцінювання ділянок нафтогазоперспективних територій на основі міждисциплінарної інтеграції космічної та наземної інформації (О. І. Архипов, О. Д. Федоровський, А. В. Хижняк) .....                                        | 107        |
| 2.13.           | Оцінка нафтогазоперспективності ділянок Дніпровсько-Донецької западини на основі міждисциплінарної інтеграції аерокосмічної і наземної інформації (О. І. Архипов, Т. А. Єфименко, К. Ю. Суханов, О. В. Томченко, О. Д. Федоровський) .....   | 111        |
| 2.14.           | Застосування адаптивних спектральних індексів для пошуку покладів вуглеводнів з використанням матеріалів космічної зйомки й наземного фотометрування (К. Ю. Суханов, В. Г. Якимчук) .....                                                    | 114        |
| 2.15.           | Визначення меж покладів вуглеводнів методом мультифрактальної сегментації даних дистанційного спектрометрування рослинних покривів (М. В. Артюшенко, С. С. Дугін) .....                                                                      | 118        |
| 2.15.1.         | Концепція дослідження .....                                                                                                                                                                                                                  | 118        |
| 2.15.2.         | Мультифрактальний аналіз спектрограм рослинного покриву на родовищах вуглеводнів .....                                                                                                                                                       | 119        |
| 2.15.3.         | Визначення меж покладів вуглеводнів за варіабельністю мультифрактального спектру .....                                                                                                                                                       | 123        |
| 2.16.           | Прогнозування нафтогазоносності у Чорному морі з використанням аерокосмічних методів (А. І. Воробйов, В. І. Лялько, Т. А. Мельниченко, З. М. Шпортюк) .....                                                                                  | 125        |
| 2.16.1.         | Зміст супутникової технології прогнозування покладів нафти і газу на морі .....                                                                                                                                                              | 125        |
| 2.16.2.         | Особливості виділення метану з дна моря на Північно—Західному шельфі Чорного моря .....                                                                                                                                                      | 126        |
| 2.16.3.         | Результати використання супутникових методів при нафтогазопозукових роботах у Чорному морі .....                                                                                                                                             | 131        |
| 2.16.4.         | Виявлення розломних зон і каналів міграції вуглеводнів у Північно—Східній частині Чорного моря .....                                                                                                                                         | 134        |
| 2.16.5.         | Відображення розломних зон Керченського шельфу на космічних знімках NOAA .....                                                                                                                                                               | 140        |
|                 | Література до розділу 2 .....                                                                                                                                                                                                                | 142        |
| <b>РОЗДІЛ 3</b> | <b>МЕТОДИ ДИСТАНЦІЙНОГО ВИЯВЛЕННЯ РОДОВИЩ РУДНОЇ ТА НЕРУДНОЇ СИРОВИНИ .....</b>                                                                                                                                                              | <b>153</b> |
| 3.1.            | Критерії виявлення родовищ рудної та нерудної сировини при використанні дистанційних методів (Л. П. Ліщенко, А. Г. Мичак, Н. В. Пазинич, В. Є. Філіпович) .....                                                                              | 153        |
| 3.1.1.          | Критерії виявлення родовищ рудної сировини .....                                                                                                                                                                                             | 153        |
| 3.1.2.          | Критерії виявлення родовищ нерудної сировини .....                                                                                                                                                                                           | 156        |
| 3.2.            | Методика пошуку рудної сировини на основі інтегрування дистанційних і наземних спектрометричних даних (А. Г. Мичак, В. Є. Філіпович) .....                                                                                                   | 157        |
| 3.3.            | Інтегрування дистанційних і геолого-геофізичних даних під час пошуково-розвідувальних робіт на поліметалеві руди (О. Т. Азімов, А. Я Буніна, С. А. Станкевич) .....                                                                          | 176        |
| 3.4.            | Результати прогнозування покладів поліметалевих руд на Українському щиті на підставі інтегрування дистанційних і геолого-геофізичних даних (О. Т. Азімов, А. Я Буніна, С. А. Станкевич) .....                                                | 179        |
| 3.5.            | Методика дистанційного пошуку покладів бурого вугілля шляхом інформаційного інтегрування даних багатоспектральної аерокосмічної зйомки і геолого-геофізичних даних (Л. П. Ліщенко, Н. В. Пазинич) .....                                      | 183        |
| 3.6.            | Методика дистанційного пошуку покладів гіпсу та гіпсоангідритів шляхом інформаційного інтегрування даних багатоспектральної аерокосмічної зйомки, польової спектрометрії і геологічних даних (Л. П. Ліщенко) .....                           | 197        |
| 3.6.1.          | Генезис гіпсоангідритів та їх розповсюдження .....                                                                                                                                                                                           | 197        |
| 3.6.2.          | Визначення якісних причинно-наслідкових зв'язків між заляганням покладів гіпсоангідриту та оптико-фізичними параметрами і характеристиками ґрунтового-рослинного покриву .....                                                               | 198        |
| 3.6.3.          | Дослідження зовнішніх та прихованих чинників, які мають вплив на формування корисного сигналу гіпсоангідритових покладів .....                                                                                                               | 200        |
| 3.6.4.          | Розробка аналітичної моделі енергомасообміну в геосистемі при наявності покладів гіпсоангідритів на прикладі еталонних ділянок в різних регіонах України .....                                                                               | 201        |
|                 | Література до розділу 3 .....                                                                                                                                                                                                                | 212        |
| <b>ВИСНОВКИ</b> | <b>(В. І. Лялько, М. О. Попов) .....</b>                                                                                                                                                                                                     | <b>217</b> |

## ПЕРЕДМОВА

Однією з найважливіших і актуальних проблем у галузі природничих наук є розроблення наукових і науково-методичних основ підвищення ефективності пошуку покладів корисних копалин різних видів, насамперед, вуглеводнів. На вирішення цієї проблеми спрямована Цільова науково-технічної програма Відділення наук про Землю НАН України "Корисні копалини та перспективи нагромадження їх запасів".

В рамках цієї Програми у Науковому центрі аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України проводяться дослідження з удосконалення відомих і розроблення нових методів дистанційного пошуку покладів корисних копалин на суходолі та морському шельфі з метою вирішення завдання підвищення ефективності їх пошуку.

Предметом досліджень, опис і результати яких складають зміст даної колективної монографії, є методи інформаційного інтегрування даних багатоспектрального аерокосмічного знімання, польової спектроскопії і геолого-геофізичних даних при вирішенні завдань дистанційного пошуку покладів корисних копалин на суходолі і шельфі. Книга містить основні наукові і науково-практичні результати, отримані вченими Центру в означеному напрямку в період 2012-2016 років.

При постановці роботи принципове значення мав той раніше встановлений факт, що присутність покладу в земній корі обумовлює певні зміни в параметрах і характеристиках природних речовин верхнього шару земної поверхні (грунтів, рослинності, води). Відомо, що такі зміни можуть бути дуже слабкими, тому їх виявлення потребує залучення максимально можливого обсягу даних. Дані отримуються з різних джерел, мають неоднакові формати, можуть бути різночасовими; гетерогенність даних ускладнює їх оброблення і прийняття рішень.

Виходячи з цього, постає наукова задача дослідження – це розроблення методів інформаційного інтегрування подібних даних, а саме даних багатоспектрального аерокосмічного знімання, польової спектроскопії і геолого-геофізичних даних.

У монографії наводяться і детально описуються:

- \* теоретико-методичні основи інформаційного інтегрування даних багатоспектрального аерокосмічного знімання, польової спектроскопії і геолого-геофізичних даних при вирішенні завдань дистанційного пошуку покладів корисних копалин на суходолі і морському шельфі;

- \* нові методи дистанційного пошуку покладів вуглеводнів та виявлення родовищ рудної і нерудної сировини на суходолі і морському шельфі на основі інформаційного інтегрування даних багатоспектрального аерокосмічного знімання, польової спектроскопії і геолого-геофізичних даних.

Більшість з розроблених методів дистанційного пошуку покладів вуглеводнів пройшла апробацію на тестових ділянках території Дніпровсько-Донецької западини, в районах Північно-Західної та Північно-Східній частин Чорного моря.

Запропоновані методи дистанційного виявлення родовищ рудної та нерудної сировини були застосовані, зокрема, при прогнозуванні покладів поліметалевих руд на Українському щиті, при пошуку покладів гіпсу і гіпсоангідритів в різних регіонах України, тощо.

Розроблені методи дистанційного пошуку покладів корисних копалин на суходолі і морському шельфі можуть бути використані при обґрунтуванні заходів раціонального природокористування та прийняття управлінських рішень владними структурами України.

Значну роботу по підготовці колективної монографії до опублікування виконав О.І. Кудряшов, за що наукові редактори книги висловлюють йому свою подяку.

Загальне наукове редагування монографії виконано доктором геолого-мінералогічних наук академіком НАН України В.І. Ляльком і доктором технічних наук М.О. Поповим.

## РОЗДІЛ 1

# ДИСТАНЦІЙНІ ДОСЛІДЖЕННЯ В ГЕОЛОГІЇ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ: РЕТРОСПЕКТИВА І СУЧАСНІСТЬ

### 1.1. Ретроспектива дистанційних досліджень в геології на території України

Вирішення більшості геолого-пошукових задач здійснюється із застосуванням дистанційних аерокосмічних методів. Але так було не завжди. У Радянському Союзі ініціатором використання дистанційних методів в геології був академік О. Є. Ферсман, який організував та очолив 1929 року Науково-дослідний інститут аерозйомки у м. Ленінграді (Санкт-Петербург). Саме за його ініціативи в період з 1929 по 1935 роки на теренах важкодоступних районів Сибіру та Азії були проведені перші масштабні дослідження з вивчення природних ресурсів методами аерозйомки. Одним із напрямків цих досліджень було вивчення геологічної будови та пошук корисних копалин. Важливою науковою працею, яка узагальнювала досвід та результати використання матеріалів аерозйомок в геології, стала робота А. В. Гавемана, яка побачила світ у 1937-му році [1]. У сорокові роки минулого століття значно збільшились об'єми аерофотознімальних робіт, удосконалилась технологія, методи обробки та дешифрування.

Значним кроком у розвитку геологозйомочних робіт на основі матеріалів аерозйомок було створення в 1944 році Лабораторії аерометодів (ЛАЕМ) при АН СРСР (нині ГУП "НИИКАМ", Росія) та Аерогеологічної експедиції (зараз ФГУНПП "Аэрогеология" Росія). Науково-практичні роботи співробітників цих організацій, їх підходи щодо використання матеріалів аерозйомок при геологічних дослідженнях в різних регіонах колишнього СРСР (Казахстан, Прикаспій, Україна, Сибір та ін.) стали підґрунтям для подальшого розвитку та впровадження дистанційних методів в геологорозвідувальний процес і в Україні.

Базовими методичними підручниками геологів у 50–60-х роках минулого століття, були монографії М. М. Петрусевича "Геологосъемочные и поисковые работы на основе аэрометодов" [2] та "Аэрометоды при геологических исследованиях" [3]. В цих по-

сібниках, поряд із ґрунтовним описом теоретичних та організаційних питань геологозйомочних робіт, містилась велика кількість зразків дешифрування геологічної будови різних за тектонічною та ландшафтною будовою регіонів.

В Україні перша професійна аерофотозйомка для потреб народного господарства була проведена в 1922 році в околицях м. Харків акціонерним товариством "Укрповітряшлях". Спочатку це були дослідницькі роботи з отримання якісних аерофотознімків, різних масштабів у видимому діапазоні. З 1924 р. аерофотознімання набувають систематичного планового характеру. Першими замовниками зйомки та їх активними користувачами були геодезисти, які шляхом топографічного дешифрування аерофотознімків забезпечили створення та поновлення топографічних карт детальних масштабів східних та південних територій України.

Для геологічного вивчення території України матеріали аерозйомок вперше застосували у 1962 р. О. О. Звягельський та В. М. Федірченко [4, 5]. Завдяки роботам цих дослідників була отримана нова геолого-тектонічна інформація про північну частину Українського кристалічного щита, яка переконливо свідчила про практичну можливість використання аерометодів в умовах геологічно закритих районів України. Згодом матеріали аерофотознімання були застосовані І. С. Причиною та В. І. Шуньком [6] для дешифрування структурно-тектонічних елементів у Дніпровсько-Донецької западині (ДДЗ).

Революційним етапом для розвитку дистанційних методів стало освоєння навколосезного космічного простору. З пілотованих космічних апаратів (КА), штучних супутників Землі (ШСЗ), орбітальних станцій у великій кількості почали поступати космічні знімки. Перші знімки земної поверхні з космосу були отримані метеорологічним супутником "Тайрос" та космічними кораблями серії "Мер-



курій” у 1960–62 роках. За кольоровими знімками регіону Карибського басейну та території Північно-Західної частини Африки було виявлено значну кількість раніше невідомих тектонічних порушень, закартографовано маловідомі виходи різновікових корінних порід.

Перші космічні фотозображення території СРСР у видимому діапазоні електромагнітного спектру було отримано льотчиком-космонавтом Г. С. Титовим у 1962 році з КА “Восток”.

В Україні 1 червня 1965 року у складі Центральної комплексної тематичної експедиції Держгеолкому УРСР було створено Центральну партію аерометодів (пізніше — відділ аерокосмогеологічних досліджень Укргеоінформу), яку очолив геолог-дистанційник Б. О. Ніколаєнко. Під його керівництвом були розроблені методичні прийоми оброблення матеріалів крупномасштабних аерозйомок, створена методика камерального складання середньомасштабних аерофотогеологічних карт території Українського кристалічного щита, розроблені методичні рекомендації із застосування матеріалів висотної і радіолокаційної аерозйомок при геологічному картографуванні [7–9]. В наступні роки були створені спеціалізовані загони, групи, відділи аерометодів у багатьох підрозділах Держкомгеології України. Їх очолили ентузіасти дистанційних методів Г. І. Воронова, В. М. Строев (Північукргеологія), А. І. Варавка, В. Ф. Голенчук (Південьукргеологія), В. Г. Гетьман, В. К. Слюсаренко (Артемгеологія), О. В. Миленко (Ворошиловградгеологія), А. А. Пасинков (Кримморгеологія), В. А. Скіяревський, Ю. Л. Соколова (Укргеофізрозвідка), М. М. Купчинська (Дніпрогеофізика), І. Є. Черленевська, Я. В. Ілечко (Львівська геологічна експедиція), С. М. Зенгіна (Інститут мінеральних ресурсів, м. Сімферопіль), В. О. Меліхов (Чернігівське відділення УкрНДГРІ).

Створена аерогеологічна служба Держкомгеології України забезпечила виробничі підрозділи матеріалами дистанційних зйомок, провела підготовку геологів в галузі дистанційних методів, розробила низку методичних вказівок щодо застосування цих методів досліджень у різних ландшафтно-геологічних умовах України. Зокрема, з приводу використання матеріалів аерофотозйомки при геологічному картуванні Українського щита (УЩ) і ДДЗ (1974 р.), застосування матеріалів висотної та радіолокаційної аерозйомок при геологічному картуванні УЩ (1980 р.), геологічному вивченні платформної частини України (1983 р.), використання матеріалів зимових космічних зйомок при структурно-тектонічних дослідженнях та пошуках корисних копалин у закритих районах (1984 р.), дешифрування аерофотознімків при вивченні зсувних та ерозійних процесів на території України (1979 р.), використання аерофотоматеріалів при вивченні карсту України (1980 р.).

Дешифрування аерофотоматеріалів проводилось також при пошуках бокситів, торфу, солей, сірки, золота, алмазів, при вивченні зсувів та селів [10]. Значною подією для узагальнення результатів дешифрування стало складання за редакцією О. І. Зарицького першої карти лінеamentів і кільцевих структур Української РСР за космічними даними (автори Б. О. Ніколаєнко, С. С. Бистревська, В. Т. Воловик, В. К. Гавриш), що дало змогу по-новому підійти до прогнозування пошуків корисних копалин з позицій розломно-блокової тектоніки [11].

У цілому період з 70-х і до кінця 80-х років минулого століття був надзвичайно активним та плідним у використанні аерокосмометодів в геології України. На початок цього періоду застосовувались дистанційні матеріали континентального і регіонального рівнів генералізації, пізніше більш детальних масштабів, що дало змогу багатьом дослідникам проводити аналіз глибинної будови регіонів України і на його основі створювати відповідні космогеологічні карти різного рівня генералізації. Космічне фотознімання дало можливість створити специфічні космофотогеологічні карти та схеми тектонічної будови, що відображали нові особливості геологічної будови території окремих регіонів України. Так, на основі оглядово регіональних дистанційних матеріалів у 1976 році співробітниками Київського відділу Інституту геології та розробки корисних копалин Міннафтопрому СРСР (КВ ІГ і РКК) було складено оглядову “Космофотокарту Дніпровсько-Прип'ятського авлакогену”, дещо пізніше була складена “Карта нафтогазогеологічного районування Дніпровсько-Донецької западини” у масштабі 1:1 000 000.

Я. Н. Белевцев і С. С. Бистревська у 1978 році склали “Схему розміщення основних глибинних структур в межах південно-західної частини Східно-європейської платформи”, яка відображає Дніпровсько-Донецький авлакоген, зони стику з УЩ і Воронезьким кристалічним масивом, а також Волинську рифтову зону, що характеризується складною кулісоподібною будовою.

В 1975–1979 роках фахівцями Інституту геологічних наук АН УРСР (ІГН) успішно проведені дослідження з обґрунтування теорії і методики спеціальних видів дистанційних зйомок, зокрема, теплової зйомки [12–14]. Дослідниками створені фізико-математичні моделі тепломасопереносу, процесів формування пошукового геотермічного сигналу при наявності в надрах покладів корисних копалин, які формують в земній корі температурну аномалію, яка може бути зафіксована в приповерхневих товщах і на земній поверхні.

В 1980–1989 роках фахівцями відділу геотектоніки ІГН (І. І. Чебаненко, М. М. Шаталов, В. Г. Верховцев, І. С. Потапчук та ін.) виділені кільцеві структури та проведені дослідження глибинної будови інших докембрійських тектонічних структур й великих

прадавніх розломів трансрегіонального рангу Приазовського мегаблоку УЩ й Криму за комплексом геолого-геофізичних та дистанційних зйомок [15–21]. Зокрема, матеріали дешифрування різномасштабних космо- і 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 металогенічної оцінки території.

На основі дешифрування космічних знімків, отриманих з пілотованих орбітальних станцій “Салют-4”, “Салют-6” і американського КА Landsat-2, в результаті комплексної інтерпретації регіональних космічних фотозображень і матеріалів геолого-геофізичного дослідження С. С. Бистревська і М. М. Шаталов у 1980 році склали “Структурно-геологічну карту території Східного Приазов’я” [15]. 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). На карті виділяється п’ять різних за глибиною залягання і віком формування систем тектонічних порушень, багато з яких раніше не фіксувалося на геологічних матеріалах [15].

В 1983 році геологами Інституту геохімії і фізики мінералів АН УРСР під керівництвом М. П. Гречишнікова було виконано роботи з узагальнення матеріалів аерокосмічних досліджень докембрійського фундаменту УЩ [22]; в результаті було отримано нові дані по докембрійським рудоносним структурам, впроваджено методи дистанційного аерокосмічного вивчення областей розвитку докембрію, а також докембрійських рудоконтролюючих структур.

Важливим етапом використання космічної інформації було створення “Космотектонічної карти Українського щита” в масштабі 1:1 000 000 [23], на якій зображені основні тектонічні елементи докембрію УЩ за результатами структурного дешифрування матеріалів космічних зйомок. Проведений металогенічний аналіз головних космоструктурних елементів щита і намічені нові рудоперспективні структури і рудні вузли.

Створенням космогеологічних карт СРСР масштабів 1:5 000 000 [24], 1:2 500 000 [25], до яких ввійшли різні тектонічні області України, виконанням у великих обсягах науково-дослідних і дослідно-методичних робіт щодо застосування комплексів космічних знімків, отриманих у різних зонах спектру, в регіональних геологічних дослідженнях завершився етап дрібномасштабного космофотогеологічного картування в Україні.

Разом з тим, питанням інтерпретації результатів дешифрування для вирішення різних структурних геологозйомочних завдань (вивчення ролі тектонічних розломів, лінеamentів, взаємовідношень

складчастих і диз’юнктивних дислокацій, інтрузивних утворень) приділялось значно менше уваги.

З другої половини 80-х років минулого століття дистанційні методи все більше застосовуються при еколого-геологічних дослідженнях. Здійснюються спеціалізовані роботи — аерокосмічний моніторинг геологічного середовища. У рамках цих досліджень розроблені нові методичні засоби побудови прогнозних карт для пошуків підземних вод, розрахунків ймовірності прояву екзогенних геологічних процесів, захищеності підземних вод.

Поява КА природоресурсного призначення (Landsat, Space Shuttle (США), “Метеор”, “Космос”, “Союз”, “Ресурс”, “Мир” (СРСР), SPOT (Франція)), обладнаних бортовою спектро- та радіометричною апаратурою, яка забезпечує зйомки земних утворень в ультрафіолетовому, видимому, інфрачервоному та радіо-діапазонах, дозволила вченим відповідних інститутів НАН України обґрунтувати теорії і методики використання дистанційних зйомок земної поверхні, їх комплексної геологічної інтерпретації для пошуків нафти, газу, сульфідних руд, ділянок живлення і розвантаження підземних вод різних регіонів України.

Нові методики технології дозволили провести геологічні дослідження з уточнення раніше виявлених і картографування нових структурних елементів. Особливе значення мало те, що на космофотокартах всіх регіонів впевнено виділяються лінійні (розломні зони) та кільцеві структури. Проводиться оцінка інформативності космічних зображень для вирішення різних завдань комплексного тематичного картографування. За допомогою дешифрування космофотозображень підвищується ступінь об’єктивності ранжування геологічних структур і тектонічного районування. При прогнозуванні геологічних форм в ДДЗ, на УЩ та інших регіонах на тектонічних картах встановлено перехресний структурний план земної кори. Виділяють структурні та рудні вузли, утворені розривами трансрегіонального і регіонального рангів та кільцевими утвореннями, що дають можливість локалізувати райони пошуків корисних копалин.

Результативну допомогу геологам у другій половині 80-х років надали матеріали багатозонального знімання за допомогою фотокамер МКФ-6 та МСК-4, що дозволило суттєво уточнити фотометричні характеристики природних об’єктів знімання.

У 1980–90-ті роки в Україні більш широко з’являються роботи зі створення геологічних та тектонічних карт детальних масштабів на базі дешифрування космічних знімків. Як приклад, можна навести “Карту розподілу щільності фотозображення в межах Міллерівської і Гуківської кільцевих структур” [26]. Концентрична форма Гуківської структури відображається на різних стратиграфічних рівнях елементами будови вугленосної товщі.

Наприкінці 80-х років минулого століття, в ре-

зультаті комплексної інтерпретації даних дешифрування матеріалів аерокосмічної і радіолокаційної зйомки і геолого- геофізичних даних, під керівництвом Л. В. Шандренка, Ю. Л. Соколової та ін. в Центральній тематичній експедиції Міністерства геології УРСР отримані нові відомості про структурно-тектонічну і геологічну будову північного борту ДДЗ. Виявлено 332 прогнозних підняттях. Зроблено висновки про шляхи міграції вуглеводнів (ВВ) тріщинуваті породи кристалічного фундаменту. Вироблені основи напрямки пошукових робіт перспективних на нафту і газ в кристалічних породах фундаменту. Складена “Карта співставлення даних структурного дешифрування і сейсморозвідки (північний борт ДДЗ)” масштабу 1:200 000. Даються рекомендації на постановку бурових і сейсморозвідувальних робіт [27].

Використання космічних сканерних знімків, отриманих з ШСЗ “Метеор-1, 2” і багатозональних фотоматеріалів з орбітальної станції “Салют”, КА серії Landsat дозволило побудувати “Схему дешифрування космічних знімків північно-східної частини Українських Карпат і Внутрішньої частини Передкарпатського прогину” (автори А. Г. Мичак, О. І. Кудряшов). Більша частина лінеamentів, відображених на космічних знімках, відповідає розривним порушенням регіонального характеру, що тісно пов’язані з доальпійською основою регіону [28].

Комплексний підхід до використання матеріалів космічного фотознімання в геології був здійснений в Україні в 1988 р. дослідниками КВ ІГ і РКК та провідними спеціалістами науково-дослідних і виробничих організацій Міннафтопрому і Мінгео УРСР, результати якого дозволили створити “Тектонічну карту нафтогазоносних областей південного заходу СРСР” (автори Р. Г. Гарецький, В. В. Глушко, М. О. Крилов, М. Г. Распопова та ін.). До складу цієї карти входили картографічні додатки масштабу 1:1 000 000 [29]:

1. Карта розривних порушень і основних зон лінеamentів південного заходу СРСР;
2. Карта гіпсометрії підосви плитних комплексів південного заходу СРСР;
3. Карта неотектоніки південного заходу СРСР.

Тектонічна карта була складена на основі використання найновітніших на той час фактичних даних, новітніх уявлень про геологічну будову території України. Були залучені комплекти космічних знімків, отриманих в різних зонах спектру на протязі багатьох років. Особливої уваги заслуговують виявлені вперше на території України трансконтинентальні диз’юнктивні дислокації, що обмежують блоки літосфери. Ці глибинні лінійні структури розглядаються як “молоді” зони підвищеної тріщинуватості земної кори — новоутворення, зобов’язані своїм проявом на земній поверхні сучасній структурі літосфери і процесам, що відбуваються на великих глибинах. Новоутворення приурочені

до крупних неоднорідностей в нижніх частинах літосфери і проявляються у верхньому поверсі (фундаменті і осадовому чохла) зонами регіональної підвищеної тріщинуватості. В цілому, зони підвищеної проникливості земної кори, як відзначають автори карти, можуть мати пошуковий інтерес: на кристалічних щитах — це зони ендегенної мінералізації, у великих прогинах — зони нафтогазонакопичення.

Колектив авторів “Тектонічної карти нафтогазоносних областей південного заходу СРСР” у 1990 році отримав Державну премію УРСР. Геологічне значення цієї карти є актуальним до цього часу.

Значний об’єм дистанційних досліджень в “нульових” роках виконали фахівці відділу аерокосмогеологічних досліджень Укргеоінформу Державної геологічної служби України під керівництвом О. О. Янцевича. За допомогою методів математичної статистики встановлено тісний кореляційний зв’язок кількісних показників тектонічної роздробленості з водонасиченістю свердловин та проявом екзогенних геологічних процесів (зсуви, яри, карст, просадки, суфозія). На основі комп’ютерного оброблення геолого-гідрогеологічної інформації та отриманих результатів дешифрування космофотознімків створено методики побудови автоматизованих прогнозних карт для пошуків підземних вод, імовірності прояву екзогенних геологічних процесів, нового покоління карт захищеності підземних вод тощо.

Велика увага приділяється використанню комп’ютерних технологій, поширюється використання в ДЗЗ географічних інформаційних систем (ГІС), котрі забезпечують роботу як з растровими (зображення), так і з векторними (карти) форматами [10].

В 2000-х роках на замовлення “Північгеологія” на базі спектрометричного аналізу матеріалів ДЗЗ та рослинності розробляються методичні прийоми пошуків родовищ кольорових металів на рівні окремих рудних вузлів [10, 30, 31]. В ці ж роки проводяться роботи із забезпечення геологозйомочних робіт фактографічним та інтерпретаційними частинами дистанційної основи до Держгеолкарти-200 [10, 32–37].

Дослідженням новітньої тектоніки та структурної геоморфології з використання даних ДЗЗ присвячені роботи вчених Київського національного університету ім. Тараса Шевченка, зокрема, В. М. Тимофеева, С. Ю. Бортника, В. Г. Пазинича та ін. [38–41].

Значний науково-теоретичний та практичний вклад у геологічну інтерпретацію результатів дешифрування матеріалів аерокосмічних зйомок внесли вчені ІГН НАН України (І. І. Чебаненко, В. К. Гавриш, А. Я. Радзівіл, А. І. Недошовенко, М. М. Шаталов, В. Г. Верховцев та ін.)

В 2008 році співробітником Наукового центру

аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України (ЦАКДЗ) О. Т. Азімовим було запропоновано новий структурно-геодинамічний методологічний підхід до геологічного дешифрування даних ДЗЗ і проблемно-орієнтованої інтерпретації його результатів. Розроблено класифікацію компонентів сучасного ландшафту типових регіонів платформної частини України (УЩ, ДДЗ) та особливостей їх відображення на даних ДЗЗ щодо геоіндикації кінематичних характеристик різнорангових диз'юнктивів і пов'язаних з ними полів деформацій [42–45]. Для районів УЩ і ДДЗ побудовано уточнені структурно-тектонічні картосхеми масштабів 1:200 000–1:50 000. Установлено закономірності просторово-генетичного зв'язку пасток ВВ у ДДЗ із вузлами перетину відроджених диз'юнктивів. Уперше у межах локальних ділянок північної частини УЩ за даними ДЗЗ виділено і ландшафтно-геодинамічно аргументовано 11 майданчиків, потенційно придатних для будівництва сховищ небезпечних промислових відходів у геологічних формаціях [46–49].

В 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. Охарактеризовано виявлені лінійні і кільцеві геоструктури, а також сумарні амплітуди вертикальних новітніх рухів земної кори території України (мілкомасштабні дослідження: 1:500 000–1:1 000 000), геологічних регіонів (середньомасштабні дослідження: 1:200 000–1:500 000), окремих еталонних (деталізаційних) ділянок (середньо-, крупномасштабні роботи: 1:200 000–1:5 000) [50].

Вже кілька десятків років в Національному гірничому університеті (м. Дніпро) плідно працює школа дистанційних геологів під керівництвом проф. Б. С. Бусигіна. Тут створюються нові ефективні методики пошуків рудних і нерудних корисних копалин, прогнозу сейсмічності, геологічного картування, лінеamentного аналізу [51–53], а також ведеться підготовка молодих спеціалістів.

Лідером науково-методичних і практичних розробок з використання супутникових даних для вирішення геолого-пошукових задач, за роки незалежності України, став ЦАКДЗ, створений у травні 1992 року на базі відділу тепломасопереносу в земній корі ІГН НАН України та Київського НДІ космоаерометодів колишнього Міністерства нафтової та газової промисловості СРСР та АН СРСР. Науковці Центру плідно працюють над застосуванням космічної інформації при пошуках рудних, нерудних та горючих корисних копалин як на суші, 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 (ДКАУ) визначили ЦАКДЗ головною організацією з науково-методичного керівництва дослідженнями з ДЗЗ, які виконуються установами НАН України. На базі Центру працюють наукова рада НАН України з проблеми “Вивчення природних ресурсів дистанційними методами” та спеціалізована рада із захисту докторських та кандидатських дисертацій у галузі технічних та геологічних наук за спеціальністю “Дистанційні аерокосмічні дослідження”. ЦАКДЗ – перша в Україні наукова організація, яка свого часу була прийнята до Європейської асоціації лабораторій дистанційного зондування (EARSeL).

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.

Нині ЦАКДЗ динамічно розвивається, вирішує актуальні наукові та прикладні проблеми, сприяючи тому, щоб наукові здобутки його співробітників посіли гідне місце у науці та зробили достойний внесок у вирішення актуальних для України задач реальної економіки та оборони, зокрема, у наповнення запасів корисних копалин.

Концептуально стратегія розвитку досліджень в ЦАКДЗ 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 розроблення сучасних методів та технологій використання матеріалів гіперспектральних аерокосмічних зйомок та комп'ютерного моделювання процесів енергомасообміну в геосферах Землі з метою обґрунтування рекомендацій для вибору сценаріїв раціонального природокористування в умовах збалансованого соціо-економічного розвитку різних країн при відповідних взаємних гарантіях оборонного характеру та міжнародної безпеки.

З повним переліком наукових публікацій з даних напрямків досліджень останніх років можна ознайомитися на сайті ЦАКДЗ <http://www.casre.kiev.ua/uk/publications> та в Українському журналі дистанційного зондування Землі: <http://ujrs.org.ua/ujrs>

Приведений огляд публікацій не вичерпує всіх робіт з тематики використання аерокосмічних даних в Україні для пошуків корисних копалин, але вони свідчать про широкий фронт досліджень і значні досягнення в цій царині.

## 1.2. Нормативна база застосування дистанційних аерокосмічних методів при проведенні геологорозвідувальних робіт в Україні

Геологічна діяльність в межах України регламентується відповідними законодавчими актами та керівними нормативними документами, основним серед яких є Кодекс України про надра [54].

Серед галузевих геологічних нормативів важливими для визначення місця дистанційних аерокосмічних методів при пошуках корисних копалин мають:

- Положення про стадії геологорозвідувальних робіт на тверді корисні копалини [55];
- Положення про стадії геологорозвідувальних робіт на підземні води (гідрогеологічні роботи) [56];
- Галузевий стандарт України “Етапи і стадії геологорозвідувальних робіт на нафту і газ. Порядок проведення” [57], а також дві інструкції;
- Організація та проведення геологічного довивчення раніше закартованих площ масштабу 1:200 000, складання та підготовка до видання Державної геологічної карти України масштабу 1:200 000 [58];
- Організація та проведення геологозйомочних робіт і складання та підготовка до видання Геологічної карти України масштабу 1:50 000 (1:25 000) [59].

Названі керівні геологічні документи регламентують послідовність проведення геологорозвідувальних робіт у процесі вивчення надр з метою геологічного картування території України, її окремих регіонів у плані пошуку, розвідки, підготовки до розроблення й експлуатації родовищ корисних копалин. У визначенні місця та значення методів дистанційного зондування, в процесі геологічних досліджень, в приведених законодавчих актах інформації є небагато. Зокрема, в галузевому стандарті України “Етапи і стадії геологорозвідувальних робіт на нафту і газ” місце дистанційних методів передбачено тільки на регіональному етапі досліджень, де у п. 7.3.2.1, на стадії виділення зон і районів для першочергового вивчення, пропонується “дешифрування матеріалів аерофото- і космічних зйомок різного рівня генералізації” [57].

В Положенні про стадії геологорозвідувальних

робіт на тверді корисні копалини теж використання матеріалів дистанційних зйомок відзначено тільки на стадії регіонального геологічного вивчення території України на підстадах геолого-знімальних робіт масштабу 1:200 000 (1:100 000) та геологопрогнозних робіт масштабу 1:50 000 (1:25 000) з метою забезпечення максимальної результативності робіт (п. 5.2.2: “проводиться дешифрування матеріалів космічних аерозйомки та інших дистанційних методів” і п. 5.3.3: “виконується оброблення результатів дистанційних зйомок (аерофото- та радіолокаційної зйомок)” [55]. Дещо більше інформації з використання дистанційних матеріалів приведено в інструкції “Організація та проведення геологічного до вивчення раніше закартованих площ масштабу 1:200 000...” [58], але вона відображає рівень розвитку дистанційних методів 70–80-х років минулого століття.

Зважаючи на такий стан, існує необхідність привести більш детальний погляд на місце дистанційних аерокосмічних методів на різних стадіях геологорозвідувальних робіт при пошуках корисних копалин. Адже, за останні 20–30 років розвиток космічної індустрії сприяв надзвичайно активному розвитку методів та технологій космічних досліджень природних ресурсів Землі, їх широкому впровадженню в практику геологічних досліджень.

У цілому геологорозвідувальний процес (відповідно до приведених базових законодавчих актів) має регіональний, пошуковий та розвідувальний рівні геологічного вивчення надр та розвідки корисних копалин, але при цьому ці рівні мають свої особливості при пошуку різних корисних копалин, зокрема, у визначенні об’єктів вивчення, мети, виду та складу робіт. Розглянемо окремо стадійність (схеми) геологорозвідувальних процесів на нафту та газ і при пошуках твердих корисних копалин, оскільки матеріали дистанційних аерокосмічних зйомок найбільш широко використовуються саме в цих напрямках і разом з тим, вони мають найбільші відмінності при застосуванні.

## 1.3. Місце аерокосмічної інформації в геологорозвідувальних роботах

### 1.3.1. Місце аерокосмічної інформації в комплексі геологорозвідувальних робіт на нафту і газ

Вивчення нафтогазоносності, пошуки і розвідка покладів нафти та газу на основі дистанційних аерокосмічних методів здійснюються в Україні з урахуванням галузевого стандарту “Етапи і стадії геологорозвідувальних робіт на нафту і газ” [57]. При цьо-

му дослідження, їх назва та послідовність повністю відповідають приведеному стандарту, тобто враховують регіональний, пошуковий та розвідувальний етапи. Стадії, об’єкти та масштаби досліджень, основні види робіт з використанням аерокосмічних матеріалів здійснюються в Україні на основі досвіду багаторічних досліджень з використання дистанційних матеріалів зйомок при нафтогазопошукових дослідженнях [60–72].

В залежності від геологічного (технічного) завдання, рівня вивченості досліджуваної території, на різних стадіях геологорозвідувальних робіт виконуються роботи в масштабах: на етапі регіональних робіт – 1:200 000–1:100 000, пошуковому 1: 50 000 і розвідувальному 1:25 000, 1:10 000 (табл. 1.1).

Для прискорення робіт, залежно від геологічного завдання, території досліджень, геологічних та інших умов допускається суміщення стадій в часі досліджень, але оптимальним є послідовність виконання на початку — регіональних, потім пошукових і тільки потім розвідувальних робіт.

**Регіональний етап** передбачає дві стадії дистанційних досліджень. Метою першої стадії (виділення нафтогазоперспективних зон) є уточнення та виявлення нової інформації глибинної будови існуючих зон (їх частин) нафтогазонакопичення, встановлення ієрархії розривних порушень, лінеаментних зон та кільцевих утворень.

На другій стадії регіональних робіт “оцінка зон, ділянок нафтогазонакопичення” уточнюються зони розривних порушень (лінеаментів), вивчаються їх неотектонічні особливості. На цій стадії можливе виявлення неотектонічних аномалій, що можуть зіставлятися з окремими локальними як відомими підняттями, окремими блоковими структурами, так і виділеними вперше.

В результаті регіональних аерокосмічних досліджень, в комплексі з іншими геолого-геофізичними даними уточнюється геолого-тектонічна будова як в цілому нафтогазонаосної провінції, так і її окремих територій, виявляються перспективні зони, ділянки для проведення подальших пошукових аерокосмогеологічних і геолого-геофізичних (сейсморозвідувальних, геохімічних та ін.) робіт.

В процесі регіональних досліджень обґрунтовуються найбільш перспективні напрямки подальших нафтогазопошукових робіт. Масштаб досліджень цього етапу становить 1:200 000, в районах зі складною геологічною будовою — 1:100 000).

**Пошуковий етап.** Метою дистанційних пошукових досліджень є уточнення та виявлення на матеріалах аерокосмічних зйомок прогнозних структур та можливих зон розвитку тріщинуватих колекторів. За своїм значенням це основний етап досліджень. Масштаб досліджень, як правило, 1:50 000. В процесі дешифрування широкого спектру дистанційних даних (видимого, інфрачервоного, теплового діапазонів електромагнітного спектру, радіолокаційних зйомок), комплексної інтерпретації отриманих результатів з геолого-геофізичними матеріалами на цій стадії виявляються і характеризуються більш детально, ніж на регіональному етапі розривні порушення (лінеamenti) та прогнозні структури. Важливим напрямком досліджень цього етапу є виявлення (прогнозування) можливих зон розвитку тріщинуватих колекторів в межах прогнозних структур.

Етап завершується створенням карти прогнозних об'єктів і рекомендаціями на цілеспрямоване проведення подальших розвідувальних робіт (в тому числі дистанційних спектrometerичних досліджень).

Розвідувальний етап передбачає деталізаційні дистанційні дослідження об'єктів, виявлених на попередньому етапі. За об'ємами робіт перевага надається дистанційним спектrometerичним дослідженням та підготовці рекомендацій на цілеспрямоване проведення подальших видів геологорозвідувальних робіт, в окремих випадках — здійснення структурного, параметричного і пошукового буріння.

### *1.3.2. Місце аерокосмічної інформації в комплексі геологорозвідувальних робіт на тверді корисні копалини*

Дослідження на тверді корисні копалини на основі дистанційних методів досліджень в Україні проводяться з урахуванням Положення про стадії геологорозвідувальних робіт на тверді корисні копалини 124/4345 [20]. Назва стадій відповідає приведенню у Положенні — регіональне геологічне вивчення, пошукові роботи та розвідка родовищ, підстадії, об'єкти, масштаб, мета, види дистанційних досліджень здійснюються на основі досвіду робіт фахівців ЦАКДЗ та інших установ з використання дистанційних матеріалів зйомок при пошуках твердих корисних копалин в зарубіжних країнах і на території України (табл. 1.2) [66–73].

В цьому напрямку досліджень в останні роки співробітниками ЦАКДЗ опубліковано та впроваджено в практику цілий ряд нових розробок:

1. Проведено апробацію нової супутникової технології прогнозування та пошуку покладів ВВ на 9 об'єктах виробничих геолого-пошукових підприємств: ВАТ “Укрнафта” ДК “Укргазвидобування” та отримано високий (82%) відсоток достовірності прогнозу, що дозволить в значній мірі зменшити собівартість та значно підвищити ефективність геолого-пошукових робіт на нафту й газ (О. І. Архипов, Г. Ф. Бусел та ін.).

2. Складена та прийнята до впровадження методика “Аерокосмічні дослідження геологічного середовища” у вигляді методичного посібника. Ця методика вже використовується при проведенні геолого-знімальних робіт та при геологічному до вивченні території в ПДРГП “Північгеологія” та впроваджується у всі підрозділи Геологічної служби України (А. Г. Мичак, В. Є. Філіпович, Н. В. Пазинич, Л. П. Ліщенко, О. М. Терemenko, О. І. Кудряшов, Н. І. Гончаренко).

3. З метою забезпечення енергетичної незалежності України шляхом диверсифікації зарубіжних поставок енергоносіїв розроблено нову технологію оперативного космічного аудита перспектив на-

Таблиця 1.1.

Схема геологорозвідувального процесу при нафтогазопошукових роботах з використанням аерокосмічної інформації

| Етап           | Стадія                                            | Об'єкти та масштаб дослідження                      | Основні види досліджень (робіт)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Основні кінцеві результати                                                                                                                                                                           |
|----------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Регіональний   | Виділення нафтогазо-перспективних зон             | Нафтогазоносна провінція<br>М 1:200 000             | Уточнення та виявлення нової інформації глибинної будови нафтогазоносною провінції, її частини, зон (їх частин) нафтогазоакопичення, встановлення ієрархії розривних порушень, лінеаментних зон та кільцевих утворень. Аналіз просторових закономірностей в розподілі структурних форм. Обґрунтування найбільш перспективних напрямків нафтогазопошукових робіт                                                                                                                     | Картографічні моделі глибинної геологічної будови регіону робіт на основі комплексного аналізу результатів дешифрування і геолого-геофізичних даних з прогнозними оцінками нафтогазо-перспективності |
|                | Оцінка нафтогазо-накопичення окремих зон, ділянок | Нафтогазо-перспективні зони, ділянки<br>М 1:100 000 | Уточнення зон розривних порушень (лінеаментів), кільцевих утворень. Виявлення неотектонічних аномалій, блоків, що зіставляються з зонами підняття, великими локальними структурами (як відомими так і виділеними вперше).<br><br>Виділення перспективних неотектонічно активних зон, лінійних зон підвищеної тріщинуватості гірських порід. Обґрунтування нових ділянок для проведення подальших пошукових аерокосмогеологічних і геолого-геофізичних (сейсморозвідувальних) робіт. |                                                                                                                                                                                                      |
| Пошуковий      | Пошуки структур                                   | Прогнозні структури (об'єкти)<br>М 1:50 000         | Виділення прогнозних структур, на основі структурного дешифрування, структурно-геоморфологічного аналізу, визначення їх черговості для проведення сейсморозвідувальних робіт                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Картографічна модель прогнозних об'єктів                                                                                                                                                             |
|                |                                                   |                                                     | Уточнення виявлених зон розвитку тріщинуватих колекторів (прогнозування розвитку тріщинуватих колекторів)<br><br>Виділення прогнозних об'єктів для проведення розвідувальних дистанційних (спектрометричних) досліджень                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                      |
| Розвідувальний | Пошуки покладів                                   | Пастки, поклади<br>М 1:25 000<br>(М 1:10 000)       | Деталізаційні дистанційні дослідження виявлених об'єктів. Рекомендації на цілеспрямоване проведення подальших видів геологорозвідувальних робіт, в окремих випадках структурного, параметричного і пошукового буріння                                                                                                                                                                                                                                                               | Картографічна модель розвідувальних об'єктів. Рекомендації.                                                                                                                                          |

фтогазоносності тих ліцензійних ділянок, які Україна передбачає купувати за рубежом із метою добування нафти та газу. Зазначена технологія була успішно застосована для вирішення поставлених НАК “Нафтогаз України” завдань на Туркменському шельфі Каспійського моря та в Арабських Еміратах (В. І. Лялько, О. І. Архіпов, З. М. Товстюк, А. Г. Мичак).

4. Підготовлено стандарт ДСТУ 4220-2003 “Дистанційне зондування Землі з космосу. Терміни та визначення понять” (М. О. Попов, В. І. Кононов).

5. Розроблена методика та виконана оцінка нафтогазового потенціалу шельфу Чорного моря дистанційними методами (В. І. Лялько, А. І. Воробйов, В. М. Перерва, В. Ю. Безкровний, А. Я. Ходоровський, О. А. Апостолов, О. А. Кичка, Ю. В. Костюченко, З. М. Товстюк, О. Ю. Котляр).

6. НДР “Оцінка перспектив нафтогазоносності Турутинсько-Рогінцівської та Вербівсько-Качалівської структур для НГВУ “Охтирканафтогаз” ВАТ “Укрнафта” методом дистанційного зондування” на замовлення НГВУ “Охтирканафтогаз” ВАТ “Укрнафта” (2010 р.). Виконавці — О. І. Архіпов, З. М. Товстюк, Т. А. Єфіменко, О. В. Седлорова та ін.

7. У зв'язку з широким публічним обговоренням в Україні питань екологічної безпеки при заплано-

ваному урядом видобутку сланцевого газу співробітниками ЦАКДЗ академіком НАН України В. І. Ляльком і д. г. н. О. Т. Азімовим разом з співробітником Інституту стратегічних досліджень при Президенті України д. т. н. Є. О. Яковлевим була підготовлена доповідь: “Аерокосмічні та гідрогеологічні методи у вирішенні задач екологічної безпеки при видобутку сланцевого газу в Україні”. Ця доповідь була заслухана на трьох “круглих столах”, присвячених тематиці сланцевого газу, її основні положення висвітлювались українським телебаченням, що сприяло формуванню у аудиторії та владних структурах реалістичних підходів до освоєння вказаних газових ресурсів.

Концептуально, при аерокосмічних дослідженнях на тверді корисні копалини необхідно дотримуватись багатоступінчастого аналізу дистанційних зображень, при якому об'єкт дослідження розглядається на тлі досліджуваного регіону, складовою, невід'ємною частиною якого він є. Тобто, дотримуватись послідовної деталізації досліджуваних об'єктів, починаючи з найбільш оглядових. Разом з тим, дистанційні дослідження з пошуку певних конкретних корисних копалин можуть проводитись, залежно від території досліджень, геологічних умов,

Таблиця 1.2.

Схема геологорозвідувальних робіт на тверді корисні копалини з використанням аерокосмічної інформації

| Підстадія                                  | Об'єкти та масштаб дослідження                                                          | Мета та основні види досліджень, (об'єкти пошуку)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Основні кінцеві результати                                                                                                                                                                                       |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Регіональні геолого-структурні дослідження | Металогенічні провінції, області<br>М 1:200 000                                         | Уточнення та виявлення нової інформації глибинної будови металогенічної провінції, встановлення ієрархії розривних порушень, лінеаментних зон та кільцевих утворень.<br>Аналіз просторових закономірностей в розподілі структурних форм. Визначення основних закономірностей розміщення корисних копалин.                                                                                                                                                                                                                           | Картографічні моделі глибинної геологічної будови регіону робіт                                                                                                                                                  |
|                                            | Окремі частини областей, крупні структури (геоблоки), металогенічні зони<br>М 1:100 000 | Створення дистанційних основ<br><br>Уточнення структурно-тектонічних каркасів (регіональні розломи, лінеаментні зони, кільцеві структури (утворення); Уточнення меж (геологічних контурів) геологічних тіл.<br>Отримання додаткової нової інформації для вивчення та уточнення закономірностей розміщення корисних копалин.<br>Виділення геологічних структур, окремих районів, об'єктів для подальших пошукових, пошуково-оціночних робіт                                                                                          | Дистанційні основи 1:20 000, 1:100 000<br><br>Картографічні моделі геологічної будови регіону робіт на основі комплексного аналізу результатів дешифрування і геолого-геофізичних даних з елементами металогенії |
| Пошуково-оціночні роботи                   | Потенційні рудоносні райони, вузли<br>М 1:50 000                                        | Створення дистанційних основ<br><br>Проведення структурного дешифрування, морфоструктурних досліджень.<br>Виявлення прогностичних рудоносних районів, вузлів за структурним в комплексі металогенічного прогнозу.<br>Виділення рудоносних об'єктів для подальшої розвідки                                                                                                                                                                                                                                                           | Дистанційні основи 1:50 000<br><br>Картографічні геологопошукові моделі потенційних рудних вузлів, полів.                                                                                                        |
|                                            | Рудоносні поля, їх частини. Родовища.<br>М 1:25 000<br>(М 1:10 000-М 1:5 000)           | Створення дистанційних основ для технічного проекту, розробки конкретного покладу корисних копалин<br><br>Детальне структурне, структурно-геоморфологічне дешифрування з виявленням структурно-речовинних комплексів, локальних магматогенних об'єктів (інтрузій, кратерів, кальдер, субвулканів, трубок вибуху, дайок, малих інтрузій), елементарних структурних форм (блоків, диз'юнктивних та плікативних утворень.<br><br>Рекомендації до вихідних даних для виготовлення технічного проекту розробки покладу корисних копалин. | Дистанційні основи М 1:25 000 — М 1:5 000<br><br>Картографічні моделі рудних полів, їх частин, та родовищ<br><br>Рекомендації розробки покладу корисних копалин.                                                 |

геологічного завдання (бажання) замовника (державного чи приватного інвестора), неодноразово на родовищах, рудних полях, вузлах, районах, зонах, що були розвідані раніше з суміщенням стадій в часі.

Метою стадії регіонального геологічного вивчення є виявлення найважливіших рис геологічної (тектонічної) будови, їх елементів і взаємовідносин між ними: лінійних структур різного простягання (меридіонального, поперечного, діагонального, які можуть бути накладеними, (наскрізними), а також структурні зони, западини, регіональні блоки, мас-

штабні кільцеві структури, великі вулканічні апарати (вулканіти) та ін. Це дає можливість оцінити загальну структурну позицію металогенічної провінції (області), на субрегіональному (в деяких випадках континентальному) рівні, намітити загальні структурні закономірності, підійти до вирішення деяких існуючих дискусійних геолого-тектонічних питань регіону. На завершення регіональної стадії, здійснити аналіз поширення ендегенного зрудення території дослідження, визначити основні закономірності розміщення корисних копалин.



На стадії пошукових робіт основним завданням є уточнення і доповнення інформації про об'єкти виявлені на попередній стадії робіт. Уточнюється структурний каркас (окремі лінеamenti, їх зони, кільцеві утворення, геологічні межі виявлених геологічних тіл. Отримується додаткова інформація для вивчення та уточнення закономірностей розміщення корисних копалин, виділяються потенційні рудоносні райони, вузли, окремі об'єкти для подальших пошукових, пошуково-оціночних робіт.

Розвідка родовищ дистанційними методами передбачає детальне структурно-геологічне, структурно-геоморфологічне дешифрування з виявлення окремих структурно-речовинних комплексів, магматогенних локальних об'єктів (інтрузій, кратерів, кальдер, субвулканів, трубок вибуху, дайок, малих інтрузій), елементарних структурних форм (блоків, диз'юнктивних та плікативних утворень. Цей рівень досліджень має багато специфічних моментів, які визначаються специфікою досліджуваної території. В першу чергу це відноситься до геологічної відкритості досліджуваної ділянки (наявності рослинного покриву, його специфіки, ґрунтового покриву, четвертинних відкладів, особливостей геоморфоло-

гічної будови, на кінець кліматичних умов і т. д.). На завершення цієї стадії, на основі проведених комплексних дистанційних досліджень з існуючими геолого-геофізичними, геохімічними і т. д. даними надаються рекомендації до вихідних даних для виготовлення технічного проекту розробки покладу корисних копалин.

Важливим напрямком всіх стадій робіт є створення дистанційних основ, відповідного рівня досліджень. Дистанційна основа — це певним чином оброблені й систематизовані вихідні матеріали дистанційного зондування в цифровій та аналоговій формах, які, у кінцевому варіанті, забезпечують створення високоякісної геокартографічної продукції.

Таким чином, дистанційні аерокосмічні методи в комплексі геолого-пошукових робіт на корисні копалини займають важливе, але специфічне, власне тільки їм місце. Вони не підміняють собою методи геолого-геофізичного спрямування, які є базовими при цілеспрямованих пошуках тих чи інших корисних копалин, а значно підвищують ефективність та економічність всього комплексу досліджень, які використовуються при пошуках родовищ.

## Література до розділу 1

1. Гавеман А. В. Аэросъемка и исследование природных ресурсов / А. В. Гавеман; ред. Б. А. Федорович // АН СССР, СОПС. — М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1937. — 286 с.
2. Петрусеви́ч М. Н. Геологосъемочные и поисковые работы на основе аэрометодов. / М. Н. Петрусеви́ч. — Госгеолтехиздат, 1954. — 108 с.
3. Петрусеви́ч М. Н. Аэрометоды при геологических исследованиях. / М. Н. Петрусеви́ч, под ред. А. А. Богданова. — М.: Госгеолтехиздат, 1962. — 407 с.
4. Методическое руководство по использованию материалов аэрофотосъемки при геологическом картировании и поисках полезных ископаемых в масштабах 1:50 000-1:200 000 юго-запада СССР (Украина). Отчет по работе отряда № 4 КАТП 12 за 1964-65 гг. Аэрогеологический трест Мингеологии СССР. Рук. А. А. Звягельский. — М., 1966. — Кн. 1. — 263 с. ДНВП "Геоинформ України". Рег. № 26115.
5. Звягельский А. А. Использование материалов аэрофотосъемки при геологическом картировании и поиске полезных ископаемых масштаба 1:50000-1:200000. Юго-запад СССР (Украина). Методическое руководство. / А. А. Звягельский под ред. В. А. Нечаева. — М.: Недра, 1969. — 214 с.
6. Комплексная геологическая карта листа XVI (Лохвиця) масштаба 1:200 000 / И. С. Причина [и др.]. Отчет ГСП-34 Кременчугской экспедиции по работам 1964–1967 гг. Киевгеология, К., 1967. — Кн.1: 390 с., кн.2: — 246 с. ДНВП "Геоинформ України". Рег. № 27696.
7. Николаенко Б. А. О рациональной технологии дешифрирования аэрофотоснимков при крупномасштабном геологическом картировании закрытых районов / Б. А. Николаенко // Геол. журнал. — 1970. — т. XXX. — вып. 3. — С. 151–152.
8. Временные методические рекомендации по применению материалов высотной и радиолокационной аэросъемки при геологическом картировании Украинского щита / Б. А. Николаенко [и др.]. — К., 1980. — 147 с.
9. Временные методические рекомендации по применению материалов космической съемки при геологическом изучении платформенной части УССР / Б. А. Николаенко. [и др.]. — К., Мингео УССР, ЦТЭ, 1983. — 77 с.
10. Аерокосмічні дослідження геологічного середовища: науково-методичний посібник. / А. Г. Мичак, В. Є. Філіпович, В. Л. Приходько [та ін.].— Міністерство охорони навколишнього природного середовища України. Державна геологічна служба. — К., 2010. — 246 с.
11. Карта линейных и кольцевых структур Украинской ССР (по материалам космических съемок) Масштаб 1:1 000 000 / Б. А. Николаенко, С. С. Быстревская, В. Т. Воловик, В. К. Гавриш / Под ред. А. И. Зарицкого. — К.: Наук. думка, 1989. — 113 с.
12. Лялько В. И. О возможности дистанционных геохимических поисков некоторых полезных ископаемых на основе лидарной спектроскопии / В. И. Лялько // Геол. журн.— 1979. — №5. — С. 19–25.
13. Лялько В. И. Дистанционные геотермические поиски полезных ископаемых / В. И. Лялько, М. М. Митник // Геол. журн. — 1975.— №6.— С. 27–46.
14. Митник М. М., Вульфсон Л. Д., Шпортюк З. М. Геотермические поиски полезных ископаемых / В. И. Лялько [и др.]. — К.: Наук. думка, 1979. — 148 с.

15. Быстревская С. С. Глубинная структура земной коры по космическим изображениям (на примере Восточного Приазовья) / С. С. Быстревская, Н. Н. Шаталов // Исследование Земли из космоса. — 1980 — № 5. — С. 10–16.
16. Шаталов Н. Н. К вопросу об использовании результатов дешифрирования космо- и аэрофотоснимков при изучении особенностей геологического строения Восточного Приазовья / Н. Н. Шаталов // Геол. журн. — 1982. — Т. 42. — № 1. — С. 68–76.
17. Борисенко Л. С. Новейшая тектоника Крыма по данным геолого-геофизических и аэрокосмических исследований / Л. С. Борисенко, И. И. Чебаненко, Н. Н. Шаталов // Геол. журн. — 1988. — № 3. — С. 3–11.
18. Чебаненко И. И. Использование аэрокосмических снимков для выявления разломов и неотектонических движений Крыма и Приазовья / И. И. Чебаненко, Н. Н. Шаталов, Л. С. Борисенко // Аэрокосмическое изучение современных и новейших тектонических процессов. Сб. научн. тр. — М.: Наука, 1988. — С. 12–16.
19. Основные структуры Приазовского блока Украинского щита по аэрокосмическим данным / И. И. Чебаненко [и др.] // Тектоносфера Украины. Сб. научн. тр. — К.: Наук. думка, 1989. — С. 80–86.
20. Тектонические особенности сквозных глубинных рудоконцентрирующих структур юго-восточной части УССР / И. И. Чебаненко [и др.] // Сквозные рудоконцентрирующие структуры. Сб. научн. тр. — М.: Наука, 1989. — С. 104–110.
21. Верховцев В. Г. Кольцевые структуры Приазовского блока Украинского щита по данным дешифрирования космических снимков / В. Г. Верховцев, П. С. Веремьев, Н. Н. Шаталов // Исследование Земли из космоса. — 1989. — № 6. — С. 15–22.
22. Докембрийские структуры по данным аэрокосмических и наземных геологических исследований (отв. ред. Н. П. Гречишников). — К.: ИГФМ АН УССР, 1983. — 64 с.
23. Космотектоническая карта Украинского щита / Я. Н. Белевцев [и др.] // Исследование Земли из космоса. — 1982. — № 4. — С. 15–14.
24. Космогеологическая карта линейных и кольцевых структур территории СССР. Масштаб 1:5 000 000 / Гл. ред. А. Д. Щеглов. — М. Мингео СССР, 1980.
25. Космогеологическая карта СССР. Масштаб 1:2 500 000. / Гл. ред. Е. А. Козловский, ред. И. Н. Брюханов, Н. В. Межеловский. — М.: Мингео СССР, 1984.
26. Прохоров А. Н. Методика проведения комплексных геологосъемочных и поисковых работ в закрытых районах / А. Н. Прохоров. — Л.: Недра, 1971. — 136 с.
27. Изучение структурных особенностей северного борта ДДВ на основе комплексной интерпретации данных дешифрирования материалов дистанционных съемок. Отчет по титулу 21/89 за 1989–1991 гг. Рук. Л. В. Шадренко. ЦТЭ Мингео УССР. К., 1991. — Кн. 1 — текст 133 с. ДНВП “Геоинформ України”. Рег. № 52949.
28. Региональные аэрокосмические исследования Предкарпатского прогиба и складчатой зоны Карпат в масштабе 1:200 000. Отчет о НИР. Рук. А. Г. Мычак. Об-ние Укрнефть Миннефтепрома, Киевский отд. ИГиРГИ АН УССР, К., 1986. — 151 с. ДНВП “Геоинформ України”. Рег. № 49396.
29. Тектоника нефтегазоносных областей юго-запада СССР (объяснительная записка к тектонической карте нефтегазоносных областей юго-запада СССР с использованием материалов космических съемок. Масштаб 1:500 000) / Р. Г. Гарецкий, В. В. Глушко, Н. А. Крылов [и др.]. — М.: Наука, 1988. — 85 с.
30. Філіпович В. Є. Особливості комплексування дистанційних та традиційних геологічних методів при пошуках кольорових металів / В. Є. Філіпович, В. Л. Приходько, Д. О. Тарангул // Космічна наука і технологія. — 2002. — Т. 8. — № 2/3. — С. 170–173.
31. Методика інтерпретації багатоспектральних даних при пошуках кольорових металів / В. Є. Філіпович [та ін.] // Багатоспектральні методи дистанційного зондування Землі в задачах природокористування. (за ред. В. І. Лялька та М. О. Попова). — К.: Наук. думка, 2006. — С. 203–211.
32. Розробка методичних рекомендацій з аерокосмогеологічних досліджень та використання їх результатів при ГЗР. Звіт з НДР (заключний). Кер. А. Г. Мичак. ЦАКДЗ ІГН НАНУ, ПДРГП “Північгеологія”. — Київ, 2005. — 231 с. ДНВП “Геоинформ України”. Рег. № 60567.
33. Дешифрування матеріалів аерокосмічних зйомок з метою геологічного довивчення території листа М-35-X (Олевськ) в масштабі 1: 200 000 по титулу 107. Звіт з НДР (заключний). ЦАКДЗ ІГН НАНУ, ПДРГП “Північгеологія”, Житомирська ГЕ. — К., 2005 р. — 100 с.
34. Дешифрування матеріалів аерокосмічних зйомок у мультиспектральних діапазонах та складання на його основі комплексу цифрових карт (ГС-технологія) території аркушу М-35-VI (Хойники) в масштабі 1: 200 000 у межах України” Звіт з НДР (заключний). Кер. В. Є. Філіпович. ЦАКДЗ ІГН НАНУ, ПДРГП “Північгеологія”, Житомирська ГЕ. — К., 2007. — 66 с.
35. Дешифрування матеріалів аерокосмічних зйомок з метою геологічного довивчення у межах України територій листів М-35-IV (Рубель) та М-35-V (Лельчиці) в масштабі 1: 200 000. Звіт з НДР (заключний). Кер. В. Є. Філіпович. ЦАКДЗ ІГН НАНУ, ПДРГП “Північгеологія”, Житомирська ГЕ. — К., 2008. — 95 с.
36. Дешифрування матеріалів аерокосмічних зйомок у мультиспектральних діапазонах та складання на його основі комплексу цифрових карт (ГС-технологія) території аркушів М-34-VI (Владава); М-35-I (Камінь-Каширський) масштабу 1: 200 000 в межах України. Звіт з НДР (заключний). Кер. А. Г. Мичак. ЦАКДЗ ІГН НАНУ, ПДРГП “Північгеологія”, Рівненська ГЕ. — К., 2008. — 133 с.
37. Складання методичних рекомендацій з комплексного використання аерокосмічних методів досліджень геологічного середовища. Звіт з НДР (заключний). Кер. А. Г. Мичак. ЦАКДЗ ІГН НАНУ, ПДРГП “Північгеологія”. — К. 2010. — 275 с.
38. Бортник С. Ю. Морфоструктури центрального типу території України: просторово-часовий аналіз: авто-

- реф. дис... д-ра геогр. наук: 11.00.04 / С. Ю. Бортник. — Київ: Б.в., 2002. — 32 с.
39. Пазинич В. Г. Придніпров'я у перигляціалі. Част. перша. Зміни водності річок / В. Г. Пазинич // Супутник Київського географічного щорічника. Вип. 2. — К., 2004. — 156 с.
  40. Пазинич В. Г. Науково-пізнавальні можливості цифрових моделей поверхні Землі / В. Г. Пазинич // Київський географічний щорічник. Науковий збірник. — 2005. — Вип. 5. — С. 92–97.
  41. Фізична географія та геоморфологія. — К.: ВГЛ “Обрії”, 2009. — Вип. 56. — 360 с.
  42. Азімов О. Т. Дослідження диз'юнктивних дислокацій земної кори аерокосмічними методами (на прикладі регіонів України): Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра геол. наук: 04.00.01 “Загальна та регіональна геологія” / Олександр Тельманович Азімов. — К., 2008. — 37 с.
  43. Азімов О. Т. Ландшафтні геоіндикатори характеристик розривних порушень як основа їх вивчення дистанційними методами. 1. Морфокінематичні ознаки диз'юнктивних структур / О. Т. Азімов // Геоінформатика. — 2009. — № 1. — С. 69–81.
  44. Азімов О. Т. Ландшафтні геоіндикатори характеристик розривних порушень як основа їх вивчення дистанційними методами. Геодинамічні ознаки диз'юнктивних структур / О. Т. Азімов // Геоінформатика. — 2009. — № 2. — С. 71–79.
  45. Azimov O. Recent stress deformation in disjunctive zones on the base of remote sensing data / O. Azimov // Геофиз. журн. — 2010. — 32. — № 4. — С. 8–12.
  46. Азімов О. Т. Оперативне прогнозування нафтогазових пасток неантиклінального та комбінованого типів за результатами аерокосмогеологічних досліджень / О. Т. Азімов // 36. наук. пр. ІГН НАН України. — К., 2009. — Вип. 2. — С. 13–19.
  47. Азімов О. Т. Методологія дослідження будови Українського щита на основі комп'ютерних дистанційних технологій у контексті уточнення Держгеолкарт-200 [Електронний ресурс] // Archives EAGE: [сайт] / О. Т. Азімов. — Режим доступу: <http://www.earthdoc.org/publication/publicationdetails/?publication=43751>. — Заголовок з екрану.
  48. Кореляція структурно-геологічних і аерокосмічних досліджень з метою уточнення будови та розвитку Оріхово-Павлоградської міжблокової зони Українського щита / О. М. Пономаренко [та ін.]. // Геоінформатика. — 2010. — № 4. — С. 69–76.
  49. Азімов О. Т. Застосування дистанційних методів для обґрунтування можливості поховання радіоактивних відходів ЧАЕС у глибоких свердловинах у Коростенському масиві кристалічних порід / О. Т. Азімов // Національне картографування: стан, проблеми та перспективи розвитку: 36. наук. пр. — К.: ДНВП “Картографія”, 2010. — Вип. 4. — С. 27–34.
  50. Верховцев В. Г. Новітні платформні геоструктури України та динаміка їх розвитку. — Рукопис. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора геологічних наук за спеціальністю 04.00.01 — загальна і регіональна геологія / В. Г. Верховцев. — Київ, 2008.
  51. Бусыгин Б. С. Комплексирование аэрокосмических и геолого-геофизических материалов при прогнозировании золоторудной минерализации / Б. С. Бусыгин, С. Л. Никулин // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. — 2009. — Т. 6. — № 2. — С. 17–23.
  52. Бусыгин Б. С. Генерализация космических снимков для повышения эффективности решения геологических задач методами линеamentного анализа / Б. С. Бусыгин, С. Л. Никулин // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. — 2010. — Т. 7. — № 2. — С. 303–309.
  53. Бусыгин Б. С. Использование линеamentного анализа космических снимков для прогнозирования рудных объектов в пределах Восточно-Африканского рифта. / Б. С. Бусыгин, С. Л. Никулин // Український журнал дистанційного зондування Землі. — 2016. — №9. — С. 4–11. Режим доступу до журналу: <http://www.ujrs.org.ua/ujrs>. Назва з екрану.
  54. Закон України від 27.07.94 № 132/94-ВР “Кодекс України про надра”.
  55. Положення про стадії геологорозвідувальних робіт на тверді корисні копалини. Затверджено наказом Геолкому України від 15.02.2000 № 19 і зареєстровано в Міністерстві юстиції України 2 березня 2000 року за № 124/4345. Офіційний вісник України від 24.03.2000. — С. 149, стаття 395, код акту 15126/2000.
  56. Положення про стадії геологорозвідувальних робіт на підземні води (гідрогеологічні роботи) Затверджено наказом Міністерства екології та природних ресурсів України від 16.07.2001 № 260 і зареєстровано в Міністерстві юстиції України 30 липня 2001 р. за № 648/5839. Офіційний вісник України від 17.08.2001. — 2001. — № 31. С. 417 стаття 1445, код акту 19646/2001.
  57. Галузевий стандарт України (ГСТУ 41-00032626-00-011-99). Етапи і стадії геологорозвідувальних робіт на нафту і газ. — Київ, 1999. — 18 с.
  58. Організація та проведення геологічного довивчення раніше закартованих площ масштабу 1:200 000, складання та підготовка до видання Державної геологічної карти України масштабу 1:200 000. Інструкція. (Геолком України). — К., 1999. — 295 с.
  59. Організація та проведення геологозйомочних робіт і складання та підготовка до видання Геологічної карти України масштабу 1:50 000 (1:25 000). Інструкція. (Департамент геології та використання надр Міністерства екології та природних ресурсів України). — К., 2002. — 204 с.
  60. Информация ИСЗ “Січ-1” в решении актуальных проблем нефтегазовой геологии / В. М. Перерва [и др.]. // Космична наука і технологія. — 1996. — Т. 2. — № 3–4. — С. 49–54.
  61. Нові супутникові технології у процесах пошуку, розвідки і розробки родовищ нафти і газу / В. М. Перерва [та ін.]. // Космична наука і технологія. — 1999. — Т. 5. — № 2–3. — С. 31–33.

62. Перерва В. М. Оптимізація процесів пошуку та розробки родовищ нафти і газу на основі супутникових технологій / В. М. Перерва [та ін.]. // Нові методи в аерокосмічному землезнавстві. — К.: ЦАКДЗ ІГН НАН України, 1999. — С. 202–211.
63. Перерва В. М. Теоретико-методические основы и результаты поисков газовых месторождений на шельфе Черного моря с использованием материалов космических съемок / В. М. Перерва, В. И. Лялько, Ю. В. Костюченко // Геология и полезные ископаемые Черного моря. Доклады международной конференции. — Киев, 1999. — С. 39–49.
64. Спутниковые методы поиска полезных ископаемых / Под ред. акад. НАН Украины В. И. Лялько и докт. техн. наук М. А. Попова. — К.: Карбон-Лтд, 2012. — 436 с.
65. Мультиспектральный структурно-польовий спосіб прогнозування покладів нафти і газу / В. М. Перерва, М. О. Тепляков, О. Архіпов [та ін.]. Деклараційний патент на винахід UA №63073A. — Опубліковано 15.01.2004.
66. Региональные аэрокосмические исследования Предкарпатского прогиба и складчатой зоны Карпат в масштабе 1:200 000. Отчет о НИР. Рук. А. Г. Мычак. — ВГФ, УТГФ, К., 1986. — 151 с.
67. Нові методи в аерокосмічному землезнавстві Методичний посібник по тематичній інтерпретації матеріалів аерокосмічних зйомок / В. І. Лялько, О. Д. Федоровський, В. М. Перерва [та ін.]. — К., 1999. — 264 с.
68. Сучасний стан та перспективи космогеологічних досліджень в Україні / А. Г. Мичак [та ін.]. // Сучасний стан і задачі розвитку регіональних геологічних досліджень. Матеріали III науково-виробничої наради геологів-зйомщиків України. 8–12 вересня 2005 року, Рівне–Київ. УДГРІ, 2005. — С. 187–189.
69. Філіпович В. Є. Особливості комплексування дистанційних та традиційних геологічних методів при пошуках кольорових металів / В. Є. Філіпович, В. Л. Приходько, Д. О. Тарангул // Космічна наука і технологія. — 2002. — Т. 8. — № 2/3. — С. 170–173.
70. Розробка методичних рекомендацій з аерокосмогеологічних досліджень та використання їх результатів при ГЗР. Звіт з НДР (заключний). Кер. А. Г. Мичак. ЦАКДЗ ІГН НАНУ. Геоінформ. — Київ, 2005. — 231 с.
71. Багатоспектральні методи дистанційного зондування Землі в задачах природокористування / За ред. В. І. Лялька та М. О. Попова. — К.: Наук. думка, 2006. — 357 с.
72. Аерокосмічні дослідження геологічного середовища: науково-методичний посібник / А. Г. Мичак [та ін.]. Міністерство охорони навколишнього природного середовища України. Державна геологічна служба. — К., 2010. — 246 с.
73. Філіпович В. Є., Мичак А. Г., Тарангул Д. О. та ін. Перспективи пошуків міді у межах Рафаловського рудного вузла на основі комплексної інтерпретації матеріалів аерокосмічних та геолого-геофізичних зйомок. Звіт з НДР (заключний). Кер. В. Є. Філіпович. ЦАКДЗ ІГН НАНУ. ПДРГП “Північгеологія”, Рівненська ГЕ. — Київ, 2005. — 109 с.