

ТЕХНОЛОГІЧНА МОДУЛЬНА СХЕМА
ОБРОБЛЕННЯ–ДЕШИФРУВАННЯ–ГЕОЛОГІЧНОЇ ІНТЕРПРЕТАЦІЇ
МАТЕРІАЛІВ АЕРОКОСМІЧНИХ ЗНІМАНЬ

О.Т. Азімов

Науковий Центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України,
вул. Олесь Гончара, 55-б, м. Київ, МСП, 01601 Україна, e-mail: azimov@casre.kiev.ua

Схарактеризовано розроблену концептуальну узагальнену технологічну модульну схему оброблення, дешифрування і геологічної інтерпретації матеріалів аерокосмічних зніманих у комплексі з даними геолого-геофізичних досліджень на підставі використання геоінформаційних технологій.

Ключові слова: технологічна схема, геоінформаційні технології, просторово розподілені дані.

Актуальність та постановка завдання. Виконаний автором аналітичний огляд напрацювань у напрямі комплексування аерокосмічних і геолого-геофізичних методів досліджень, а також його попередній багаторічний досвід свідчить про те, що загальноприйнята методика використання даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) під час вирішення різноманітних геологознімальних, геологорозвідувальних і геологопошукових завдань [8, 13, 14, 20, 23 та ін.] традиційно передбачала таку структуру (технологічну послідовність):

- збір необхідних архівних і замовлених матеріалів аерокосмічних зйомок (МАКЗ);
- проблемно орієнтований аналіз і обробка МАКЗ, результатом яких є створення дистанційної основи (ДО) тієї чи іншої геологічної карти;
- тематичне дешифрування ДО;
- інтерпретація схем дешифрування; складання тематичних карт і схем з легендами або умовними позначеннями;
- подання й зберігання вказаних карт і схем.

При цьому чинник впровадження і використання комп'ютерних технологій обробки/інтерпретації даних різної фізичної природи мав незначний рівень. Однак останнім часом у зв'язку з активним розвитком геоінформатики (науки, технології й виробничої діяльності, що застосовує теорію, методи і засоби накопичення, перетворення і передачі різноманітних даних, інформації та знань про Землю за допомогою комп'ютерів, обчислювальних станцій та інших технічних розробок) під час геологічних робіт різного масштабу і цільового призначення все ширше використовують її (геоінформатики) досягнення. Це стосується й сучасних аерокосмогеологічних досліджень (АКГД) різноманітного

тематичного спрямування, за результатами яких [1, 8, 12, 21, 23, 26, 27 та ін.] загалом визначено концепцію і розроблено низку технологічних схем оброблення/інтерпретації даних ДЗЗ, здебільшого під час реалізації конкретних тематичних розробок, вирішення певних тематичних завдань (зокрема, під час нафтогазопошукових робіт).

Разом з тим розв'язання проблеми впровадження геоінформаційних технологій у практику дистанційних аерокосмічних методів вивчення особливостей геологічної будови територій висуває більш загальні наукові й суто технічні завдання. Серед них насамперед не розроблено загальноприйнятую концепцію і не створено універсальну технологічну схему перетворення, дешифрування і геологічної інтерпретації матеріалів дистанційних зніманих (МДЗ) на підставі застосування комп'ютерних засобів і програм. Дослідження у цій сфері тривають.

Отже, зазначена **проблема є актуальною** для подальшого розвитку і впровадження досягнень геоінформатики в комплексний геологорозвідувальний процес. **Метою** статті є розгляд у межах цієї широкої проблеми, як не вирішеної раніше її частини, а також характеристика запропонованої автором [2–5 та ін.] концепції створення узагальненої схеми обробки/інтерпретації МАКЗ із залученням геоінформаційних технологій в процесі робіт геологічного профілю, аналіз основних складових цієї схеми. **Новизна розробки** полягає саме у тому, що схема порівняно з попередніми аналогами має узагальнюючий характер під час виконання АКГД найрізноманітнішого спрямування, а не суто вузько тематичного. Крім того, у представлений публікації, на відміну від більшості попередніх [3, 4 та ін.], подано значно повніший

варіант відповідної логічної блок-схеми опрацювання комплексу дистанційних і геолого-геофізичних даних, а також повніший за обсягом її опис і пояснення в текстовій частині, які ілюстровано достатньо великим за кількістю наочним матеріалом. Останній здебільшого представлений різноманітними дистанційними зображеннями, їх похідними, а також результатами їх тематичного (структурного) дешифрування. Деякі з похідних зображень публікуються вперше.

Викладення основного матеріалу досліджень та отримання наукових результатів. Автор протягом багатьох років вивчав диз'юнктивні структури, пов'язані з ними процеси та інші геологічні об'єкти (зокрема, поклади вуглеводнів (ВВ), рудні тіла тощо) з дотриманням визнаних теоретико-методологічних засад проведення АКГД, технологічної послідовності використання даних ДЗЗ. Враховуючи й узагальнюючи відомі комп'ютеризовані методи, методичні підходи і прийоми роботи з комплексом МАКЗ і апріорних результатів геолого-геофізичних робіт, а також основні етапи їх виконання і послідовність відповідних операцій, як наслідок, ми розробили [2–5 та ін.] **концептуальну узагальнену технологічну модульну схему перетворення, дешифрування і геологічної інтерпретації даних дистанційного знімання** на підставі використання геоінформаційних технологій. У працях [2, 4, 5 та ін.] наведено схему, спрямовану на виявлення і визначення характеристик розривних дислокацій земної кори. Це було свідомим виокремленням вказаного завдання з низки інших поміж комплексу проблемних питань, які реально постають під час виконання геологорозвідувальних робіт (ГРР) у тому чи іншому регіоні. Нижче, для прикладу, розглянуто схему, яку запропоновано [6] (рис. 1) для виявлення пасток ВВ, оцінки перспектив їх нафтогазоносності, а також уточнення планової конфігурації водонафтового (ВНК) і газоводяного (ГВК) контактів відповідних покладів.

Цю схему реалізують у своєрідній геоінформаційній системі, основними складовими якої є база знань (БЗ), база даних (БД) і програмне забезпечення, що призначене для управління БД і тематичною обробкою даних. Подібних підходів також дотримуються інші фахівці [8, 26 та ін.]. Загалом схема складається з чотирьох основних етапів: постановка завдання; формування БЗ і БД; оброблення та аналіз даних на основі використання географічної інформаційної системи (ГІС); комплексний аналіз і геологічна інтерпретація інтегрованої в ГІС інформації.

Розглянемо ці етапи детальніше.

Етап I. Постановка завдання. Залежно від етапу і стадії ГРР, під час яких у комплексі з геолого-геофізичними даними використовують й МАКЗ, за допомогою технології, що розроблена,

можна вирішувати завдання різного масштабного рівня, наприклад:

- *регіональний рівень*: тектонічне районування і районування території щодо перспективності на будь-які корисні копалини (інші об'єкти пошуку) з виділенням основних розломів, розривів, ділянок/площ, перспективних на виявлення корисних копалин (інших об'єктів пошуку або дослідження); зокрема, корисними копалинами можуть бути вуглеводні;
- *зональний рівень*: виділення розломно-блокових полів, нафтогазоносних або рудовмісних локальних структур в їх межах, інших цільових об'єктів пошуку або дослідження з визначенням черговості їх подальшого вивчення різними геолого-геофізичними методами і пошуковим бурінням;
- *локальний рівень*: детальне дослідження перспективних площ/структур (нафтогазо- або рудоперспективних, сприятливих на пошуки інших різноманітних тематичних об'єктів) для раціональнішого розміщення розвідувальних свердловин і виділення ділянок, у межах яких можливі ускладнення (наприклад, ділянок, що пов'язані з диз'юнктивною тектонікою) в процесі буріння, інших гірничих робіт.

Відповідно до поставленого завдання (чи завдань) для реалізації технологічної схеми формують БЗ і БД.

Етап II. Формування бази знань і бази даних.

Цей етап складається з двох логічних підетапів, які гармонійно доповнюють один одного й реалізуються одночасно. Перший з них – підетап *формування бази знань*. Відповідно до [25], під БЗ розуміють сукупність знань про певну предметну сферу, на основі яких можна проводити логічні міркування, здійснювати аналіз та приймати рішення.

Стосовно АКГД БЗ являє собою організований набір фактів та правил, що формалізують знання і досвід спеціалістів-експертів про предмет досліджень, методику використання та оброблення даних ДЗЗ, моделі об'єктів досліджень і причинно-наслідкові зв'язки їх утворення і розвитку, які необхідні для вирішення поставлених завдань і знаходження відповідей на проблемні питання, що не містяться у БЗ в явному вигляді. Зокрема, БЗ для цілей розрізнення диз'юнктивних деформацій містить відомості про їхні ранги, генезис, глибини проникнення (затухання), морфокінематичні характеристики, час їх закладення, активізації, ремобілізації, особливості новітньої та сучасної активності, а також про складчасті структури, речовинні комплекси і геофізичні поля, що пов'язані з ними як просторово, так і за походженням.

БЗ для робіт, метою яких є прогноз родовищ корисних копалин, містить інформацію про за-

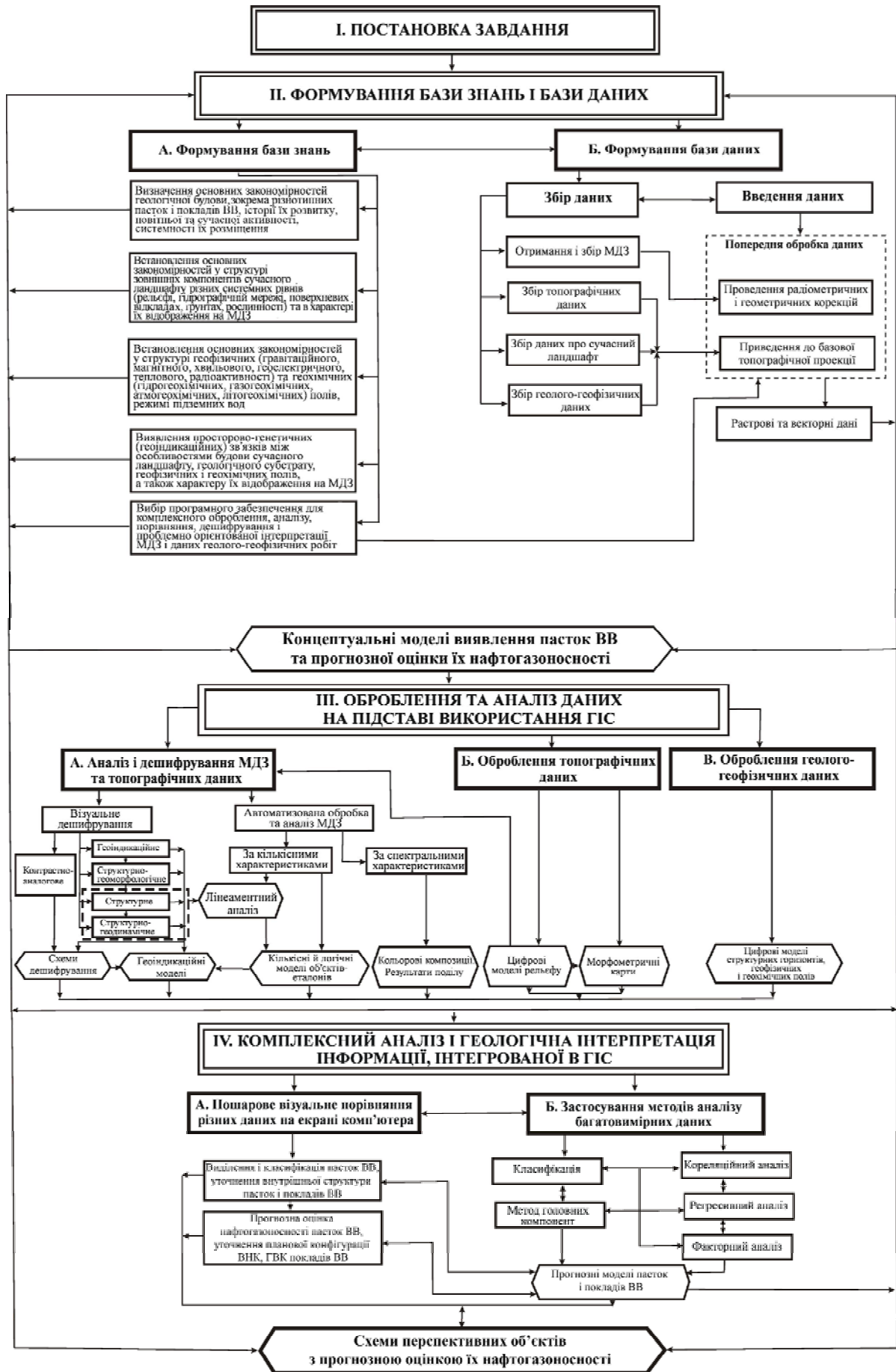


Рис. 1. Концептуальна технологічна модульна схема перетворення, дешифрування і геологічної інтерпретації даних ДЗЗ на підставі використання геоінформаційних технологій з метою виявлення пасток ВВ та оцінки перспектив їх нафтогазоносності

гальні закономірності формування речовинно-структурних форм земної кори, що контролюють розподіл цих родовищ, про характер геологічного розрізу (склад, товщини, тріщинуватість гірських порід, їх флюїдопровідні та інші фізико-хімічні характеристики), про історію тектонічного розвитку, особливо на новітньому етапі.

БЗ для цілей прогнозування і виявлення пасток і покладів ВВ включає інформацію про їх стратиграфічну, глибинну, структурну і літологічну приуроченість, тип, можливий генезис, історію геологічного розвитку, закономірності регіонального і зонального розміщення, особливості новітньої та сучасної активності тощо. Останнє важливо з огляду на вивчення морфології структур, що вмщують поклади нафти і газу, за МДЗ, а також у зв'язку з їх вираженістю як у ландшафті, так і на даних ДЗЗ.

Необхідне виконання типізації (класифікації) різнорангових об'єктів пошуку (наприклад розломів, розривних порушень вищого порядку, зон нафтогазонакопичення, пасток ВВ, рудовмісних зон тощо) як за геологічними ознаками, так і за ландшафтною (зокрема геоморфологічною) і дистанційною їх вираженістю, ступенем неотектонічної активності. Потрібен також аналіз геоіндикаційних зв'язків земного рельєфу, компонентів ландшафту загалом, рисунку зображення на МАКЗ, з одного боку, та особливостей геологічної будови – з іншого.

Другий підетап у рамках етапу II полягає у формуванні бази даних. БД, згідно з [25], являє собою сукупність даних, організованих за певними правилами, що встановлюють загальні принципи опису, зберігання і маніпулювання даними. Ці дані мають відображувати стан об'єктів досліджень та їх взаємовідношень, що необхідно для розв'язання поставлених у роботі завдань. БД формують залежно від змісту завдань прогнозу (пошуку) об'єктів вивчення, а також від ієрархічного рівня цих об'єктів. Ця база має відповідати БЗ. БД загалом включає аерокосмічні, широкий спектр геолого-геофізичних (зокрема геохімічні, гідрогеологічні тощо) і ландшафтних (включаючи геоморфологічні тощо) даних (рис. 1). Геолого-геофізичні й ландшафтні дані переважно подають у вигляді картографічних матеріалів (власне картосхеми і глибинно-часові розрізи; рис. 2, 3, а).

Доцільно складати декілька БД на одну й ту саму територію в різних масштабах. Так, для виділення регіонального розломно-блокового каркасу, прогнозування зон нафтогазонакопичення, рудоконтролюючих зон і побудови відповідних схем і карт (зокрема тематичного районування) необхідні БД у масштабах 1 : 1 000 000 і 1 : 500 000, для виявлення диз'юнктивів зонального рангу, прогнозування зон розвитку і конкретних локальних нафтогазо- і рудоперспективних структур – у масштабах 1 : 200 000, 1 : 100 000 і більших, для

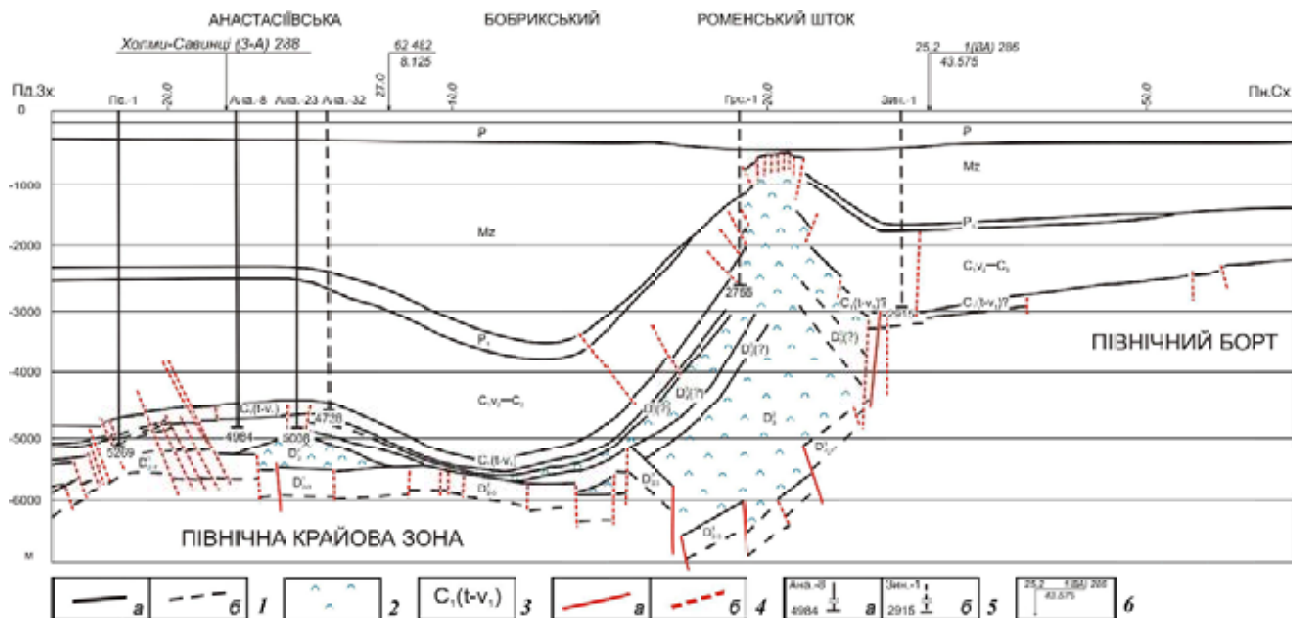
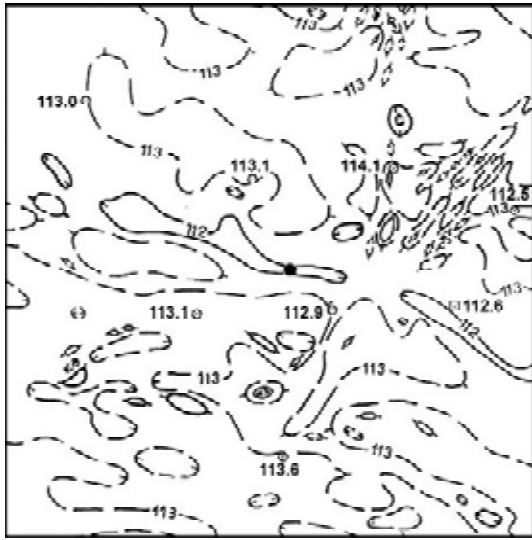
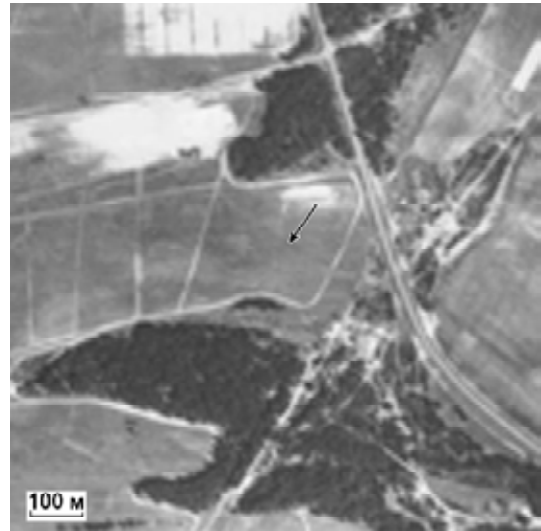


Рис. 2. Геологічний розріз регіональних (сейсмо)структурно-формаційних комплексів (СФК) осадового чохла Дніпровсько-Донецької западини за даними інтерпретації фрагмента регіонального профілю методом спільної глибинної точки Березняки–Недригайлів у межах зони сполучення Північного борту і прилеглої частини північної прибортової зони (побудовано автором з використанням матеріалів буріння глибоких свердловин і праць [7, 11, 17, 19, 22, 28, 30–32 та ін.]): 1 – межі сейсмо-СФК: а – упевнено виділені, б – невпевнено виділені; 2 – солоносні фації; 3 – позначення сейсмо-СФК; 4 – розривні порушення: а – упевнено виділені, б – невпевнено виділені; 5 – пробурені глибокі свердловини (в усї вказані назви площ й номери свердловин в їх межах): а – розташовані на профілі (указана глибина вибою, м), б – інтерпольовані на лінію профілю (вказана глибина вибою в сейсмо-СФК, що інтерпольована за його простяганням на лінію профілю, м); б – пікети перетину профілів: над рисою (або зліва вертикально) – пікет профілю, що перетинає, та його назва (або номер); під рисою – пікет профілю, що перетинається



a



b



c

Рис. 3. Старошепелицький полігон і суміжні площі території зони відчуження ЧАЕС (розмір 1,0×1,0 км): а – гіпсометрична картосхема рельєфу земної поверхні за даними топографічної карти масштабу 1 : 10 000 (ізолінії перевищення наведено в абсолютних величинах, м); б – фрагмент аерофотознімка за даними інтегральної зйомки масштабу 1 : 14 000, квітень 1990 р.; в – зведена картосхема елементарних лінементів з диференціацією геоіндикаційних ознак; елементарні лінементи виділені за позитивними (жовтий колір) і негативними (червоний колір) формами рельєфу та ґрунтово-геоботанічними ознаками (синій колір). Місцеположення полігона позначено чорним кружком (а, в) або стрілкою (б)

детального вивчення площ і родовищ – у масштабах 1 : 50 000, 1 : 25 000 і більших.

Аерокосмічні цифрові дані заносять у БД у растровому форматі, тобто у вигляді матриці значень, що передають інформацію про яскравості або теплові властивості земної/водної поверхні в діапазоні значень від 0 до 255 (байтове вираження для 8-бітних знімків; рис. 4). Фотозображення і картографічні матеріали на паперових носіях перетворюють в електронний формат (уводять у комп'ютер за допомогою сканера; рис. 3, б, 5). У подальшому ці матеріали із застосуванням відповідних ГІС або спеціалізованих пакетів програм прив'язують до певної системи координат (наприклад, Гаусса–Крюгера, 1942 р.; UTM/WGS 84; Oblique Mercator тощо) і геометрично коригують.

Потім картографічні дані оцифровують (векторизують).

Загалом, чим більше (до розумної межі) геолого-геофізичної та ландшафтної інформації міститься у БД і чим вище її достовірність, тим кращою зазвичай є якість моделей прогнозних або досліджуваних об'єктів.

Концептуальні моделі об'єктів, що прогнозуються (досліджуються), формують виходячи з аналізу БЗ і БД (див. рис. 1). На їх основі вибирають методи і методичні прийоми тематичного оброблення даних і відповідне програмне забезпечення для його виконання та управління БД. Ці методи і прийоми реалізують, використовуючи сучасні високоефективні спеціалізовані програмні продукти класу ERDAS Imagine, ER

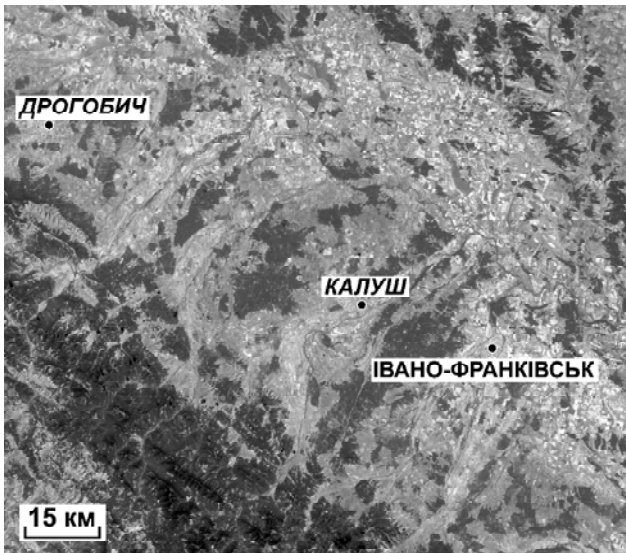


Рис. 4. Територія Прикарпаття. Фрагмент комп'ютерно обробленого сканерного багатозонального космічного знімка (КЗ) LANDSAT ETM+ (США) від 02.05.2000 р. (6-й, тепловий, канал, 10,4–12,5 мкм). Підкреслюються гідрографічна та ерозійна мережі, ділянки зволожений ґрунтів, типи рослинного покриву. Поперечні (північно-східні) до простягання Карпатського регіону річки, їх долинні комплекси та пов'язані з ними інші компоненти ландшафту відображують відомі зони розломних структур [3 та ін.]. Дугоподібний рисунок природно-територіальних комплексів у північній, північно-східній і східній частинах території (кільцева мезоморфоструктура) індицирує, на думку автора, геологічний об'єкт земної кори глибокого закладення незрозумілого генезису

Mapper, PCI (EASI/PACE), ENVI/IDL, Geomatica, TNTmips, VIISTA, IDRISI Taiga, Change Modeler, Multi Sensor Software, Manifold® System Release, GeoMedia Professional, ELT, Global Mapper, Definies AG, Multi Sensor Software, TELIMACO, Socet Set, Microstation, GeoGraphics, Blue Marble Desktop, GeoObjects, GeoTransform, eCognition Architect, eCognition Developer, Geo, Geo Professional, Geo Stereo, Manifold System, Overview, SAR Lupe, ScanMagic, ISODATA, Photomod, ScanMagic, SCANEX Imagine Processor, ГІС GeoMedia ArcInfo, ArcGIS, ArcView, MapInfo Professional тощо.

На рис. 1 подано блок-структуру розробленої схеми, метою якої є виділення площ (об'єктів), перспективних на пошуки ВВ, а також прогнозування наявності їх покладів.

Етап III. Обробка та аналіз даних на підставі використання ГІС. Першою стадією аналізу є візуальне дешифрування МДЗ у різних зонах спектра електромагнітних хвиль, яке проводять для визначення найінформативніших діапазонів зйомки, побудови схем основних тектонічних елементів і схем геоморфологічного (або ландшафтного загалом) районування досліджуваної території (див. рис. 1). Ґрунтуючись на візуальному дешифруванні, аналізують особливості відображення глибоких геологічних структур у рельєфі, інших компонентах ландшафту, а також

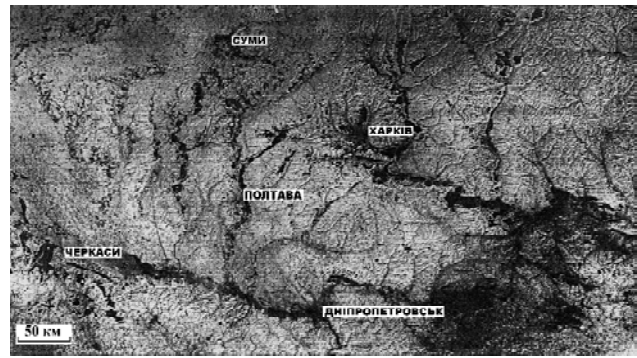


Рис. 5. Територія Дніпровсько-Донецької западини. Фрагмент телевізійного інтегрального КЗ В-5373, отриманого зі штучного супутника Землі Метеор-29 (СРСР) у зимовий період року (23.01.1980 р., 10 год 43 хв) за незначної товщини снігового покриву. Virзняються гідрографічна та ерозійна мережі від найнижчих до найвищих порядків. Поперечні (субмеридіональні та північно-східні) до простягання регіону річки, їх долинні комплекси та пов'язані з ними інші компоненти ландшафту відображують зони глибоких розломів (похованих дорифтових глибоких структур [15, 18 та ін.]

на даних ДЗЗ (див. рис. 3, 6), виділяють розривні порушення і розділені ними блоки земної кори з різними ландшафтними характеристиками і різними типами вираженості прогнозних або досліджуваних об'єктів, визначають методи подальшого цифрового оброблення аерознімальних матеріалів.

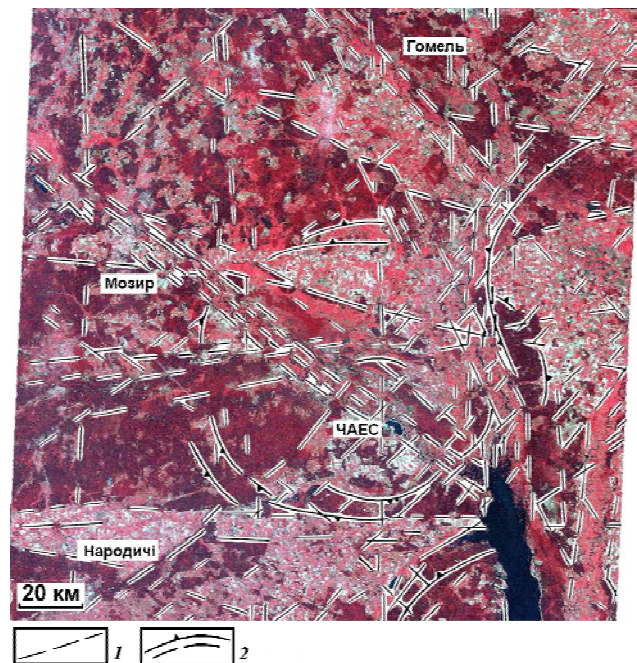


Рис. 6. Оглядовий, комп'ютерно синтезований (псевдокольори) багатозональний КЗ LANDSAT MSS (07.09.1977 р., США) території зони відчуження ЧАЕС і прилеглих районів з елементами регіонального структурного дешифрування: 1 – лінементи та їхні зони, які відображують розломно-блоковий каркас кристалічного фундаменту та осадового чохла; 2 – контури кільцевих і дугоподібних елементів ландшафту, які зумовлені наявністю структур літосфери глибокого закладення

Уже на етапі створення БЗ і БД та візуального аналізу даних *виділяють геоіндикатори* об'єктів пошуку (прогнозу). До таких об'єктів належать диз'юнктивні дислокації, тектонічні блоки з різним ступенем нафтогазо- або рудоносності, перспективні на пошуки вуглеводневих або рудних корисних копалин локальні структури, окремі розриви тощо. Виділення індикаційних ознак здебільшого виконують візуально (див. рис. 3, в, б), іноді (за належних ландшафтно-геологічних умов) і в автоматичному режимі як за вихідними дистанційними зображеннями, так і за знімками, що оброблені за спеціальними методиками, які дають змогу підсилити вираженість того або іншого геоіндикатора.

Важливою стадією оброблення багатозональних (гіперспектральних) даних ДЗЗ є аналіз відповідних знімків, який включає метод кольорових композицій, арифметичні операції з різними каналами зображень (див. рис. 1). Перший з них (метод кольорових композицій) ґрунтується на синтезі у псевдокольорах просторово сумішених зображень, що отримані в окремих вузьких діапазонах електромагнітного спектра та які передають яскравісні параметри природних об'єктів у цих зонах (рис. 7).

Методи, що використовують арифметичні операції, стосовно МАКЗ у різних зонах спектра уможливають, як і метод кольорових композицій, виділення тонших відмінностей у відображенні різноманітних природних утворень на результируючих зображеннях, отриманих на основі

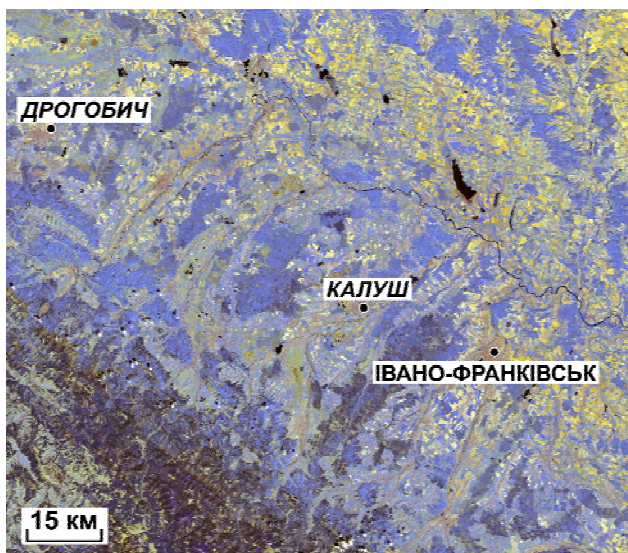


Рис. 7. Територія Прикарпаття. Фрагмент комп'ютерно обробленого і синтезованого сканерного багатозонального КЗ LANDSAT ETM+ від 02.05.2000 р. (канали: 4-й, ближній інфрачервоний (0,75–0,90 мкм); 5-й, середній інфрачервоний (1) (1,55–1,75 мкм); і 7-й, середній інфрачервоний (2) (2,09–2,35 мкм), псевдокольори). Простежуються різні типи природно-територіальних комплексів, гідрографічна й ерозійна мережі, площі відкритої водної поверхні, ділянки з різним типом рослинного покриву. Інші пояснення див. на рис. 4

зображень у цих зонах спектра. Зокрема, на рис. 8 представлено фрагмент комп'ютерно контрастованого NDVI-зображення, отриманого за даними сканерного багатозонального КЗ LANDSAT ETM+ від 21.07.2002 р. NDVI – це нормалізовано-різницевий вегетаційний індекс (Normalised Difference Vegetation Index), який вираховують за формулою

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red},$$

де NIR (Near Infrared) і Red – значення яскравостей відбитого електромагнітного випромінювання, зареєстрованого відповідно у ближньому інфрачервоному (діапазон хвиль 0,75–0,90 мкм) і червоному (діапазон хвиль 0,63–0,69 мкм) спектральних каналах КЗ LANDSAT ETM+.

Відомо, що рельєф земної поверхні є одним з найвагоміших геоіндикаторів глибинної структури досліджуваних територій. Зазвичай абсолютні відмітки рельєфу, а також геологічні (включаючи геохімічні, гідрогеологічні та ін.) та геофізичні дані подають на картах у формі ізоліній. З метою інтеграції в комплексне цифрове оброблення даних їх потрібно мати (або перетворити) у форматі матриці значень. Причому це перетворення (трансформування) має бути з кроком, який дорівнює розміру пікселя цифрового дистанційного знімка, тобто необхідно отримати *цифрову модель рельєфу* земної поверхні (рис. 9), структурних горизонтів земної кори, цифрові моделі геофізичних, геохімічних полів тощо (див. рис. 1). Разом усі ці

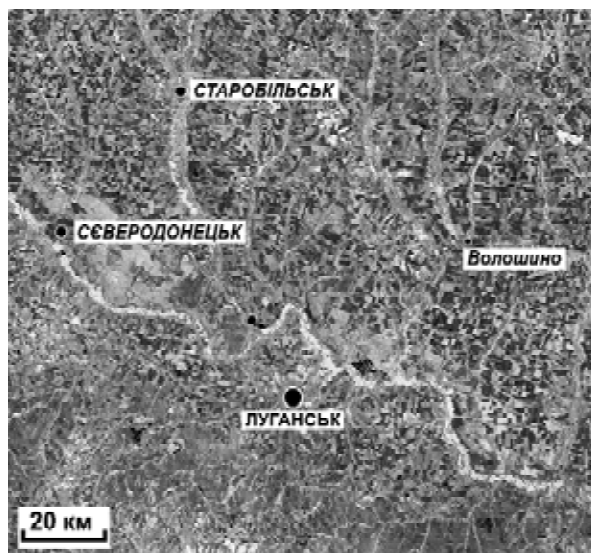


Рис. 8. Територія Північного борту південно-східної частини Дніпровсько-Донецької западини і прилеглих районів. Фрагмент NDVI-зображення (комп'ютерно контрастованого) за даними сканерного багатозонального КЗ LANDSAT ETM+ від 21.07.2002 р. Диференціюються різні типи природно-територіальних комплексів і ділянки з різним видом рослинності, проявляються гідрографічна та ерозійна мережі, ділянки зволжених ґрунтів

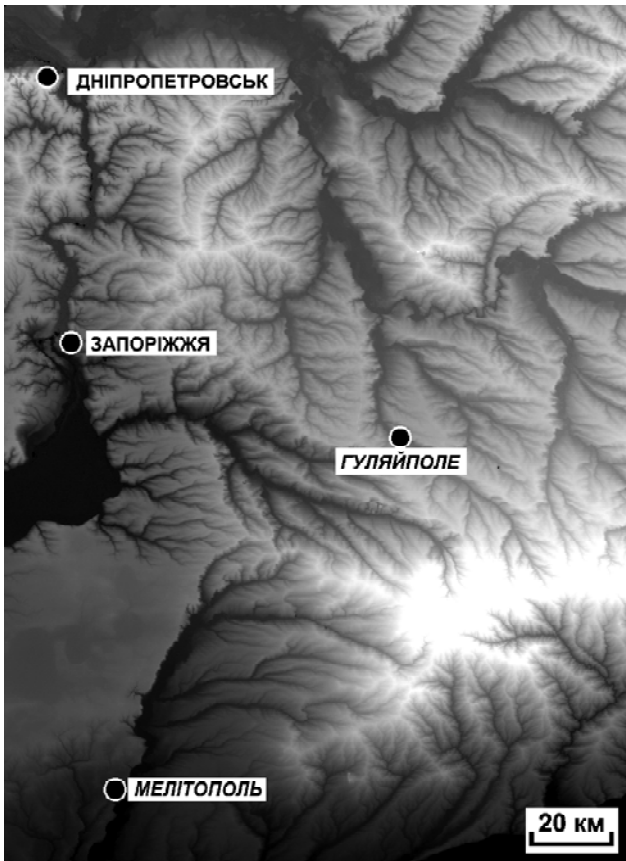


Рис. 9. Територія Оріхово-Павлоградської шовної зони і прилеглих районів Українського щита. Фрагмент створеної й комп'ютерно перетвореної мозаїки сканерних SRTM-зображень, отриманих на підставі даних космічного апарата Shuttle, США (С-діапазон радіохвиль, 5,7–6,1 см). Розпізнаються гідрографічна та ерозійна мережі, якісно оцінюються відносно перевищення у рельєфі земної поверхні. SRTM – The Shuttle Radar Topography Mission

матеріали мають формувати гіперкуб даних, що просторово поєднані за допомогою базової ГІС.

Однією із стадій оброблення результатів дешифрування, зокрема структурного, МДЗ є *лінеаментний аналіз*. Картосхеми лінеаментного поля, які отримують у процесі дешифрування, здебільшого відрізняються високою насиченістю у показі лінеаментів різного простягання. Зазвичай кількість лінеаментів є значною, хоча вони й нерівномірно поширюються на території досліджень від площі до площі (див. рис. 3, в, б). Як наслідок, безпосередня ідентифікація за ними розривних порушень, зон напружено-деформаційного стану, ступеня розкритості порід ускладнена. Для адекватного вирішення цих завдань, а також з метою оцінки ступеня тріщинної проникності гірських утворень формалізують результати дешифрування, отримують кількісні характеристики розподілу лінеаментів за площею, розподілу їх за азимутами простягання (рис. 10), а в подальшому аналізують та описують ці статистичні параметри, що одержані для всього поля лінеаментів.

Лінеаментний аналіз широко використовують фахівці під час вирішення зазначених завдань [8–

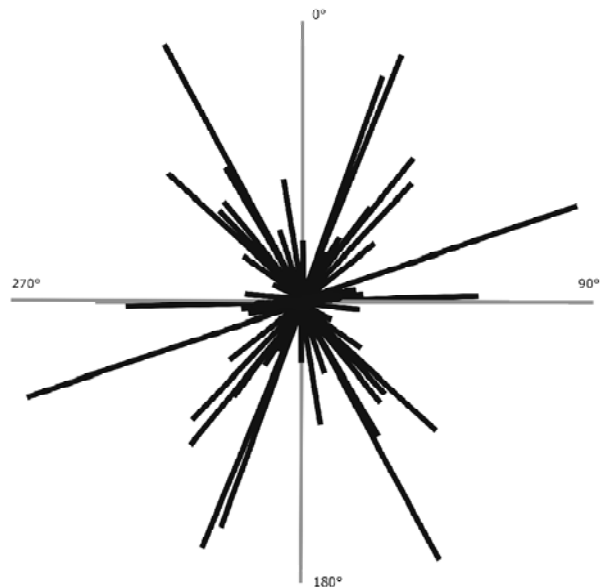


Рис. 10. Роза-діаграма розподілу лінеаментів Північного борту Дніпровсько-Донецької западини (Охтирська ділянка) за азимутальними напрямками в результаті оброблення матеріалів структурного дешифрування даних ДЗЗ і топокарт із застосуванням спеціалізованої комп'ютерної програми лінеаментного аналізу. Інтервал усереднення – 2°

10, 12, 13, 16, 21, 23, 24, 27, 35 та ін.]. Отже, він належить до найефективніших методів вивчення внутрішньої будови територій. Основне його завдання в наших дослідженнях – визначення зон розломів і розривів, розділених ними блоків земної кори різного ієрархічного рівня, що характеризуються різною просторовою організацією поля лінеаментів.

Етап IV. Комплексний аналіз і геологічна інтерпретація інтегрованої в ГІС інформації. Для встановлення зв'язків між моделями, отриманими на етапі оброблення даних, і глибинними геологічними структурами, а також з метою визначення найінформативніших геоіндикаторів для формування прогнозних моделей здійснюється комплексний аналіз інформації. При цьому виділяють два послідовні підетапи.

На першому підетапі на основі концептуальної моделі аналізують окремі ознаки: вихідні дані ДЗЗ, результати їх обробки, схеми геоіндикаторів та їх характеристики, на другому – окремі схеми і моделі, що побудовані за декількома ознаками.

Комплексний аналіз інформації реалізують різними способами (див. рис. 1):

- візуальним пошаровим зіставленням різних даних на екрані комп'ютера;
- методами аналізу багатовимірних даних.

Візуальне пошарове зіставлення даних на екрані комп'ютера є найшвидшим і найпростішим способом комплексного аналізу. Його можна виконувати за допомогою будь-якої векторної ГІС. Послідовне накладання векторних шарів дає змогу виявити найзагальніші закономірності розміщення

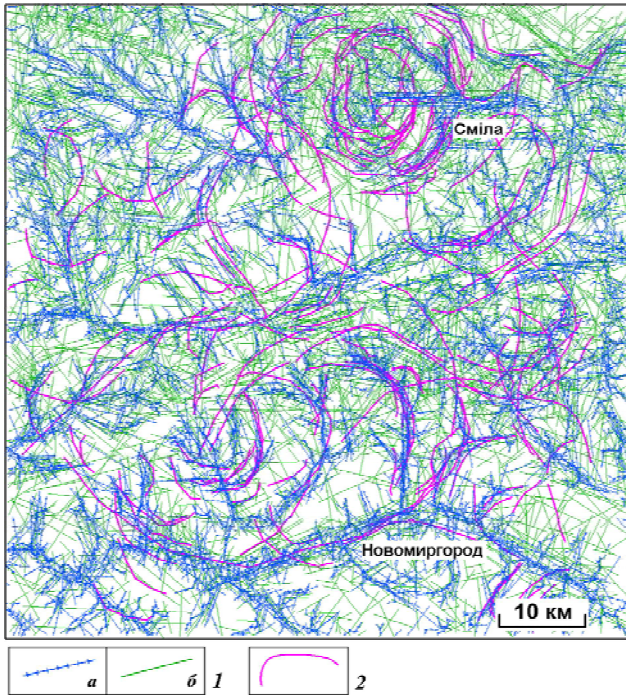


Рис. 11. Зведена схема лінеаментів і кільцевих структур території топографічного аркуша М-36-XXVI (Сміла), Український щит, за даними дешифрування МДЗ. Векторні шари: 1 – лінеаменти, виділені: а – за геоіндикаторами ерозійної (ярочно-балкової) мережі, б – за ґрунтово-геоботанічними геоіндикаторами; 2 – кільцеві, дугоподібні та криволінійні елементи ландшафту

розломно-блокових полів, родовищ, покладів і проявів корисних копалин (зокрема, нафти та газу), простежити ступінь вираженості прогнозних або досліджуваних об'єктів в усіх досліджуваних шарах тощо (рис. 11). Виділені нові характеристики об'єктів, які відрізняються від концептуальних або такі, що уточнюють їх, включають у БД і БЗ. Отже, здійснюється своєрідний зворотний зв'язок між структурними компонентами (етапами), які наповнюють технологічний ланцюг (блок-схему), що розглядається (див. рис. 1).

Методи аналізу багатовимірних даних (класифікація головних компонент, кореляційний, регресійний, факторний аналіз тощо [8, 10, 21, 24, 26, 27 та ін.]) застосовують з метою оцінки структури і взаємозалежності використаних даних, їх ролі у відображенні різноманітних геологічних об'єктів, а також з метою встановлення ознак для побудови моделей прогнозу або тих, що досліджуються.

Висновки з досліджень й перспективи подальших розвідок у цьому напрямі. Як видно з викладеного вище, ми запропонували концептуальну технологічну схему модульного характеру. Залежно від рівня завдань дослідження пошукових (зокрема, диз'юнктивних, нафтогазоперспективних або інших) геологічних об'єктів (глобальний, регіональний, зональний або локальний масштабні рівні), їх складності та повноти, а також від обся-

гу наявних дистанційних і геолого-геофізичних матеріалів можна застосовувати окремі її модулі (складові частини).

Запропонована технологічна схема розроблена, дослідно-методично апробована і практично реалізована автором у процесі вивчення характеристик розривних порушень земної кори в умовах різної ландшафтно-геологічної будови України у рамках вирішення наукових і прикладних завдань надрокористування і геоecології. Окремі модулі схеми використано в межах розв'язання проблеми прогнозування потенційних нафтогазових пасток на підставі технологій ДЗЗ.

У подальшому є сенс цілеспрямовано модифікувати технологічну схему для розв'язання актуальних проблем пошукової геології, зокрема, для виділення ймовірних вуглеводневих пасток, різноманітних рудних тіл, оцінки їх продуктивності тощо. На наш погляд, у рамках схеми особливо перспективним є розроблення наукових методик інтегральної (комплексної) обробки дистанційних і геолого-геофізичних даних різного фізичного походження, як це певною мірою показано у працях [21, 33, 34 та ін.]. Ці методики можуть ґрунтуватися на зіставленні адитивних або мультиплікативних полів, на стохастичності реалізації окремих методів з урахуванням кореляційних залежностей між окремими параметрами полів, на використанні алгоритмів розпізнавання образів, на однотипному перетворенні вихідних даних різноманітними математичними способами і т. п. За своєю сутністю всі ці підходи належать до потужного арсеналу геоінформаційних технологій. Їх застосування, вочевидь, зменшить фактор суб'єктивізму і підвищить достовірність геологічної інтерпретації результатів комплексу досліджень.

Наведені результати отримані в рамках науково-дослідної роботи "Методи 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" (№ ДР 0112U000702), що виконується Науковим Центром аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України за відомчою тематикою (програмно-цільовою тематикою Відділення наук про Землю НАН України).

1. Аерокосмічні дослідження геологічного середовища: Наук.-метод. посіб. / [А.Г. Мичак, В.Є. Філіпович, В.Л. Приходько та ін.]. – К.: Мінприроди України, Держгеолслужба, 2010. – 246 с.
2. Азімов О.Т. Дослідження диз'юнктивних дислокацій земної кори аерокосмічними методами (на прикладі регіонів України): дис. ... д-ра геол. наук: 04.00.01 "Загальна та регіональна геологія" / О.Т. Азімов /

- ІГН НАН України. – № ДО 0509U000102. – К., 2008. – 485 с.
3. *Азімов О.Т.* Геоінформатика у проблемі створення технологічної схеми обробки/інтерпретації даних аерокосмічних зйомок при вирішенні геологічних завдань / О.Т. Азімов // Матеріали ІХ Міжнар. наук. конф. “Моніторинг геологічних процесів” (м. Київ, 14–17 жовт. 2009 р.). – К.: Вид-во Київ. нац. ун-ту ім. Тараса Шевченка, 2009. – С. 235–238.
 4. *Азімов О.* Геоінформаційні технології у концепції створення узагальненої схеми обробки/інтерпретації даних дистанційного зондування Землі / О. Азімов // Вісн. Київ. нац. ун-ту ім. Тараса Шевченка. Геологія. – 2010. – Вип. 50. – С. 37–40.
 5. *Азімов О.Т.* Методологія розрізнення диз’юнктивних дислокацій за матеріалами дистанційних зйомок. Ст. 6. Комп’ютеризовані методи тематичного дешифрування та інтерпретації даних дистанційного зондування Землі / О.Т. Азімов // 36. наук.праць УкрДГРІ. – К., 2011. – № 2. – С. 102–142.
 6. *Азімов О.Т.* Комп’ютерна технологія комплексного аналізу та інтерпретації аерокосмічних і геолого-геофізичних даних (вирішення нафтогазопозукових завдань) / О.Т. Азімов, В.І. Лялька // Азово-Чорноморський полігон изучения геодинамики и флюидодинамики формирования месторождений нефти и газа: Сб. докл. X Междунар. конф. “Крым-2012”. – Симферополь: АГЕО, 2012. – С. 139–145.
 7. *Анализ эффективности геофизических исследований ГГП “Укргеофизика”:* Отчет по теме 113/89 (в 8 кн.) / [отв. исполнитель Стовба С.Н.] / ГГП “Укргеофизика”. – № ГР 39-91-82/2. – Киев, 1993. – Кн. 2. Текстовое приложение: Интерпретация и обобщение сейсмостратиграфических исследований по региональным профилям МОГТ в северо-западной части ДДВ, выполненные тематической партией 21 КГРЭ в 1990–1993 гг. / [Редколиц В.А., Березницкий В.В., Сиранчук Е.Н. и др.]. – Киев, 1993. – 122 с.
 8. *Аэрокосмические методы геологических исследований /* Под ред. А.В. Перцова. – СПб.: Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ, 2000. – 316 с.
 9. *Багатоспектральні методи дистанційного зондування Землі в задачах природокористування /* [Лялька В.І., Федоровський О.Д., Попов М.О. та ін.]; за ред. В.І. Лялька і М.О. Попова. – К.: Наук. думка, 2006. – 358 с.
 10. *Бусыгин Б.С.* ГИС-технология поисков золота в Западном Узбекистане / Б.С. Бусыгин, С.Л. Никулин, В.А. Бойко // Геоінформатика. – 2006. – № 1. – С. 44–49.
 11. *Буцева М.И.* Отчет о региональных работах КМПВ и МОГТ на Хухрянской площади, выполненных сейсморазведочной партией 2 86 в 1986–1987 гг. / М.И. Буцева, В.И. Ярош, А.Н. Марухняк / КГРЭ. – № ГР 39-86-19/20. – Киев, 1988. – 77 с.
 12. *Веклич Ю.М.* Розробка та вдосконалення методики геокартування та складання цифрових геологічних карт, включаючи їх дистанційну основу: Звіт про НДР 604 (заключний). Кн. 1. Текст / Ю.М. Веклич, В.В. Целік, О.О. Янцевич / УкрДГРІ. – № ДР У-03-135/40. – К., 2005. – 295 с.
 13. *Временные методические рекомендации по аэрокосмогеологическим исследованиям и использование их при* нефтегазопроисковых работах / [Готынян В.С., Кострюков М.И., Лаврусь В.П. и др.]. – М.: ИГиРГИ, 1987. – 158 с.
 14. *Временные методические рекомендации по применению материалов космической съемки при геологическом изучении платформенной части УССР /* [Николаенко Б.А., Веремьев П.С., Кубышкина Л.К. и др.]. – Киев: ЦТЭ, 1983. – 77 с.
 15. *Геологические критерии поисков новых объектов на нефть и газ на территории Украины /* [Порфирьев В.Б., Ключко В.П., Краюшкин В.А. и др.]; отв. ред. В.Б. Порфирьев. – Киев: Наук. думка, 1977. – 152 с.
 16. *Геологические результаты наблюдений в штате Колорадо с орбитальных аппаратов /* [Заватский Д.Л., Прост Г., Ли К., Кнеппер Д.] // Космическая геология: материалы симп. НАСА по исследованию ресурсов Земли (Геология, окружающая среда, системы информационного обслуживания); пер. с англ. М.В. Горфункеля и В.З. Махлина; под ред. В.А. Кирюхина. – Л.: Недра, 1979. – С. 124–149.
 17. *Геология и нефтегазоносность Днепровско-Донецкой впадины. Глубинное строение и геотектоническое развитие /* [Гавриш В.К., Забелло Г.Д., Рябчун Л.И. и др.]; отв. ред. В.К. Гавриш. – Киев: Наук. думка, 1989. – 208 с.
 18. *Геология и нефтегазоносность Днепровско-Донецкой впадины. Глубинные разломы и комбинированные нефтегазоносные ловушки /* [Гавриш В.К., Недошовенко А.И., Рябчун Л.И. и др.]; отв. ред. В.К. Гавриш. – Киев: Наук. думка, 1991. – 172 с.
 19. *Геология и нефтегазоносность Днепровско-Донецкой впадины. Стратиграфия /* [Айзенберг Д.Е., Берченко О.И., Бражникова Н.Е. и др.]; отв. ред. Д.Е. Айзенберг. – Киев: Наук. думка, 1988. – 148 с.
 20. *Глубинные разломы и методика аэрокосмогеологических исследований при нефтегазопроисковых работах в Днепровско-Припятском авлакогене /* [Чебаненко И.И., Готынян В.С., Жилковский Н.И. и др.]. – Киев: Ин-т геол. наук АН УССР, 1988. – 55 с. – (Препр. / АН УССР. Ин-т геол. наук; 88-31).
 21. *Нікулін С.Л.* Геоінформаційна технологія вирішення прогнозно-пошукових задач за комплексом геолого-геофізичних і космічних даних: автореф. дис. ... д-ра геол. наук: 04.00.05 “Геологічна інформатика” / С.Л. Нікулін / Київ. нац. ун-т ім. Тараса Шевченка. – К., 2013. – 44 с.
 22. *Опытно-методические работы в северо-западной части ДДВ: Отчет ОМП 20 87 за 1987–1990 гг. (сейсмостратиграфические исследования) (в 4 кн.) /* [Редколиц В.А., Березницкий В.В., Сиранчук Е.Н. и др.] / КГРЭ. – № ГР 39-87-4/25. – Киев, 1990. – Кн. 3. – 139 с.
 23. *Серокуров Ю.Н.* Космические методы при прогнозе и поисках месторождений алмазов / Ю.Н. Серокуров, В.Д. Калмыков, В.М. Зуев; под ред. Н.Н. Зинчука. – М.: ООО “Недра-Бизнесцентр”, 2001. – 198 с.
 24. *Системний підхід до вивчення нафтогазоносних територій дистанційними методами на прикладі ДК “Укргазвидобування” /* В.В. Дячук, А.В. Лизанець, В.В. Бабаєв [та ін.] // Геоінформатика. – 2002. – № 1. – С. 70–76.
 25. *Словник з дистанційного зондування Землі /* За ред. В.І. Лялька, М.О. Попова. – К.: СМП “Аверс”, 2004. – 170 с.

26. Смирнова И.О. ГИС-технология обработки и интерпретации материалов дистанционного зондирования для изучения тектонических критериев размещения месторождений углеводородов / И.О. Смирнова, А.А. Русанова // *Отечеств. геология*. – 1999. – № 6. – С. 32–40.
27. Спутниковые методы поиска полезных ископаемых / [Азимов А.Т., Апостолов А.А., Архипов А.И. и др.]; под ред. В.И. Лялько, М.А. Попова. – Киев: Карбон-Лтд, 2012. – 436 с.
28. Стратиграфия девона Днепровско-Донецкой впадины / В.А. Разницын, А.А. Билык, Л.П. Кононенко [и др.] // *Тектоника и стратиграфия*. – 1992. – Вып. 32. – С. 74–83.
29. Тектоника нефтегазоносных областей юго-запада СССР (Объясн. записка к Тектон. карте нефтегазонос. областей юго-запада СССР с использованием материалов косм. съемок. – М-б 1 : 500 000) / [Гарецкий Р.Г., Глушко В.В., Крылов Н.А. и др.]. – М.: Наука, 1988. – 85 с.
30. Теоретичні основи нетрадиційних геологічних методів пошуку вуглеводнів / [Євдошук М.І., Чебаненко І.І., Гавриш В.К. та ін.]; під ред. М.І. Євдошука. – К.: НТП “Нафтогаз-прогноз”, 2001. – 288 с.
31. Хоменко В.А. Девон Днепровско-Донецкой впадины (и сопредельных территорий) / В.А. Хоменко; отв. ред. И.И. Чебаненко. – Киев: Наук. думка, 1986. – 116 с.
32. Чирвинская М.В. Глубинная структура Днепровско-Донецкого авлакогена по геофизическим данным / М.В. Чирвинская, В.Б. Соллогуб. – Киев: Наук. думка, 1980. – 180 с.
33. Perdomo J.J., Fontana J., Pyron A. How integrated exploration technology helped answer questions in an Appalachian field // *Oil and Gas J.* – 2000. – V. 98, iss. 37. – P. 42–46.
34. Saunders D.F., Burson K.P., Brown J.J., Thompson C.K. Combined geological and surface geochemical methods discovered Agaritta and Brady Creeck fields, Conch county, Texas // *AAPG Bull.* – 1993. – V. 77, N 7. – P. 1219–1240.
35. Sützen M.L., Toprak V. Filtering of satellite images in geological lineament analyses: an application to a fault zone in Central Turkey // *Inter. J. Remote Sensing*. – 1998. – V. 19, N 6. – P. 1101–1114.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ МОДУЛЬНАЯ СХЕМА ОБРАБОТКИ–ДЕШИФРИРОВАНИЯ–ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ МАТЕРИАЛОВ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ СЪЕМОК

А.Т. Азимов

*Научный Центр аэрокосмических исследований Земли ИГН Украины (ЦАКИЗ ИГН НАН Украины),
ул. Олесь Гончара, 55-б, г. Киев 01601, Украина, e-mail: azimov@casre.kiev.ua*

Охарактеризована разработанная концептуальная обобщенная технологическая модульная схема обработки, дешифрирования и геологической интерпретации материалов аэрокосмических съемок в комплексе с данными геолого-геофизических исследований на основе использования геоинформационных технологий.

Ключевые слова: технологическая схема, геоинформационные технологии, пространственно распределенные данные.

MODULAR FLOWCHART OF TRANSFORMATION, DECODING AND GEOLOGICAL INTERPRETATION OF REMOTE AEROSPACE SURVEY DATA

О.Т. Азимов

Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth (CASRE) Institute of Geological Sciences of National Academy of Sciences of Ukraine, Oles Gonchar St., 55-b, Kyiv 01601, Ukraine, e-mail: azimov@casre.kiev.ua

The designed conceptual generic modular flowchart of transformation, decoding and geologic interpretation of remote sensing data in the complex with geological and geophysical data is characterised. The flowchart is based on geoinformation technologies application. As far as the novelty of elaboration this flowchart has the generalisable character relative to the previous analogues that allows conducting aero-space-geological studies in the multidimensional aspects instead of the restricted thematic one only. Furthermore the article shows the more complete version for the proper logical block scheme of remote and geological-geophysical data processing. In general, the flowchart consists of four main stages: 1) setting up a problem; 2) composing knowledge and data bases; 3) processing and analyses of data using the geographic information systems (GIS); 4) complex analysis and geological interpretation for the information integrated into the GIS. The flowchart is modular. Consequently its different parts (constituent elements) may be applied depending on the research level (global, regional, zonal or local scales) for the prospecting geological objects (i. e. disjunctive, petroleum promising and other ones), their complexity and completeness as well as the availability of remote sensing and geological-geophysical data. The flowchart is practically realized to study the features of the rupture dislocation of the Earth crust in the conditions of the different landscape-geological structure of Ukraine in frame of the scientific and applied problems of the use of subsurface resources and geoeology. The single modules of the flowchart are used to solve the problem of predicting the potential hydrocarbon traps.

Keywords: flowchart, geoinformation technologies, spatial data.

References:

1. Mychak A.G., Filipovych V.Je., Pryhod'ko V.L., Nikolayenko B.O., Yantsevych O.O., Pazynych N.V., Lishchenko L.P., Kudryashov O.I., Teremenko O.M., Taranhul D.O., Arkhipov O.I. *Aerokosmichni doslidzhennja geologichnogo seredovyssha: Nauk.-metod. posib.* [Aerospace research of geological environment: Sci. and methodical textbook]. Kyiv, *Ministry of ecology and natural resources of Ukraine, State geol. survey*, 2010, 246 p.
2. Azimov O.T. *Doslidzhennja dyz'junktyvnyh dyslokacij zemnoi' kory aerokosmichnymi metodamy (na prykladi regioniv Ukrainy)*. *Dys. dokt. geol. nauk: 04.00.01 "Zagal'na ta regional'na geologija"* [Research of disjunctive dislocations in the Earth's crust with remote sensing methods (by the examples of some Ukraine's regions). Dr. geol. sci. diss.: 04.00.01 "General and regional geology"] / IGS, NAS of Ukraine. N SR 0509U000102. Kyiv, 2008, 485 p.
3. Azimov O.T. *Geoinformatyka u problemi stvorennja tehnologichnoi' shemy obrobky/interpretacii' danyh aerokosmichnyh zjomok pry vyrishenni geologichnyh zavdan'* [Geoinformatics for generation of the flowchart of remote sensing data processing and interpretation for solution of geologic problems]. *Trudy IX Mizhnarodnoyi naukovoyi konferentsiyi "Monitoryng geologichnyh procesiv"* [Proc. IX Inter. Sci. Conf. "Monitoring of geological processes", Kyiv, 14-17 Oct. 2009]. Kyiv, *Publ. Taras Shevchenko National University of Kyiv*, 2009, pp. 235-238.
4. Azimov O. *Geoinformacijni tehnologii' u koncepcii' stvorennja uzagal'nenoi' shemy obrobky/interpretacii' danyh dystancijnogo zonduvannja Zemli* [Geoinformation technologies for the conception of generation of the generic flow chart of remote sensing data processing and interpretation]. *Taras Shevchenko National University of Kyiv, Bull., Series: Geology*, 2010, issue 50, pp. 37-40.
5. Azimov O.T. *Metodologija rozriznennja dyz'junktyvnyh dyslokacij za materialamy dystancijnyh zjomok. Article 6. Komp'juterizovani metody tematychnogo deshyfruvannja ta interpretacii' danyh dystancijnogo zonduvannja Zemli* [Methodology of disjunctive dislocations distinguishing via remote sensing data. Pt. 6. Computerized methods of thematic decoding and interpretation of remote sensing data]. *Sci. proc. of UkrSGRI*, Kyiv, 2011, no. 2, pp. 102-142.
6. Azimov O.T., Lyalko V.I. *Komp'juterna tehnologija kompleksnogo analizu ta interpretacii' aerokosmichnyh i geologo-geofizychnykh danyh (vyrishennja naftogazoposhukovykh zavdan')* [Computer technology of integral analysis and interpretation for aerospace, geological and geophysical data (petroleum prospecting objectives solving)]. *Trudy X Mezhdunarodnoy konferentsii "Krym-2012 – Azovo-Chernomorskiy poligon izucheniya geodinamiki i flyuidodinamiki formirovaniya mestorozhdeniy nefiti i gaza"* [Proc. XI Sci. Conf. "Crema-2012 – Azov and Black sea polygon of research the geodynamics and fluid dynamics of generation the petroleum deposits"]. Simferopol', *AGEO*, 2012, pp. 139-145.
7. Redkolis V.A., Bereznitskiy V.V., Siranchuk E.N., Drobysh L.M., Bordovskaya E.V., Kris'ko N.M., Sidlinskaya E.S., Kudryavtseva A.M. *Analiz effektivnosti geofizicheskikh issledovaniy GGP "Ukrgeofizika": Otchet po teme 113/89 (v 8 knigakh); otv. ispolnitel' Stovba S.N. Kn. 2. Tekstovoe prilozhenie: Interpretatsiya i obobshchenie seysmostratigraficheskikh issledovaniy po regional'nym profilyam MOGT v severo-zapadnoy chasti DDV, vypolnennye tematicheskoy partiej 21 KGRE v 1990-1993 gg.* [Analysis of the geophysical investigation effectiveness of the SGE "Ukrgeofizika". The report on a theme 113/89 (in 8 parts); resp. execut. Stovba S.N. Pt. 2. Text attachment: The interpretation and generalization the seismic and stratigraphic investigation by the CDPS regional profiles in the north-western part of the DDD performed by the 21 thematic party of the KGPE in 1990-1993] / SGE "Ukrgeofizika". N SR 39-91-82/2. Kiev, 1993, 122 p.
8. *Aerokosmicheskie metody geologicheskikh issledovaniy* [Aerospace methods of geological investigation]; ed. by A.V. Pertsov. St. Petersburg, *Publ. of St. Petersburg map factory of All RSRGI*, 2000, 316 p.
9. *Bagatospektral'ni metody dystancijnogo zonduvannja Zemli v zadachah pryrodokorystuvannja* [Multispectral remote sensing in nature management]; eds V.I. Lyalko and M.O. Popov. Kyiv, *Naukova dumka*, 2006, 358 p.
10. Busygin B.S., Nikulin S.L., Boyko V.A. *GIS-tehnologiya poiskov zolota v Zapadnom Uzbekistane* [GIS-technology for gold prospecting in Western Uzbekistan]. *Geoinformatika* [Geoinformatics (Ukraine)], 2006, no. 1, pp. 44-49.
11. Butseva M.I., Yarosh V.I., Marukhnyak A.N. *Otchet o regional'nykh rabotakh na Khukhryanskoy ploshchadi, vypolnennykh seysmorazvedochnoy partiej 2 86 v 1986-1987 gg.* [Report of regional works on the Khukhryanskaya area performed by the seismic prospecting party 2 86 in 1986-1987] / *Kievskaya geofizicheskaya razvedochnaya ekspeditsiya*. N SR 39-86-19/20. Kiev, 1988, 77 p.
12. Veklych Ju.M., Celik V.V., Jancevych O.O. *Rozrobka ta vdoskonalennja metodyky geokartuvannja ta skladannja cyfrovnykh geologichnykh kart, vkluchajuchy i'h dystancijnu osnovu: Zvit pro NDR 604 (zakljuchnyj)* [Development and perfection the methodology of geological mapping and digital geological mapping including their remote sensing basis. The report of a research 604 (the final)]. Pt. 1. Text / *UkrSGRI*. N SR U-03-135/40. Kyiv, 2005, 295 p.
13. Gotynyan V.S., Kostyukov M.I., Lavrus' V.P., Litvinenko V.D., Martynov O.S., Mokienko V.F., Moroz V.S., Ovsienko G.R., Tovstyuk Z.M., Chernyavskiy G.V., Shardanov A.N. *Vremennye metodicheskie rekomendatsii po aerokosmogeologicheskim issledovaniyam i ispol'zovanie ikh pri neftegazoposkovykh rabotakh* [Temporary methodological recommendations on remote sensing geological investigation and their using for oil and gas prospecting work]. Moscow, *IG&DFE*, 1987, 158 p.
14. Nikolaenko B.A., Verem'ev P.S., Kubyshkina L.K., Kurochkina O.V., Pazinich N.V. *Vremennye metodicheskie rekomendatsii po primeneniyu materialov kosmicheskoy s'emki pri geologicheskomy izuchenii platformennoy chasti USSR* [Temporary methodological recommendations on the application of space survey data when geological study of the platform part of Ukrainian SSR]. Kiev, *Tsentr'al'naia tematicheskaia ekspeditsiya*, 1983, 77 p.
15. Porfir'ev V.B., Klochko V.P., Krayushkin V.A., Ladyzhenskiy G.N., Sozanskiy V.I., Sollogub V.B., Chekunov A.V. *Geologicheskie kriterii poiskov novykh ob'ektov na nef't i gaz na territorii Ukrainy* [Geologic criteria of prospecting the new objects for oil and gas on the territory of Ukraine]; resp. ed. by V.B. Porfir'ev. Kiev, *Naukova dumka*, 1977, 152 p.

16. Zavatskiy D.L., Prost G., Li K., Knepper D. *Geologicheskie rezul'taty nablyudeniya v shtate Kolorado s orbital'nykh apparatov* [Geological results of the observations in Colorado state from theorbital vehicles]. *Kosmicheskaya geologiya: materialy simpoziuma NASA po issledovaniyu resursov Zemli (Geologiya, okruzhayushchaya sreda, sistemy informatsionnogo obsluzhivaniya)* [Spacegeology: Proc. of the NASA Earth resources survey symp. (Geology, environment, information systems and services)]; Engl. translated by M.V. Gorfunkel' and V.Z. Makhlin; ed. by V.A. Kiryukhin. Leningrad, Nedra, 1979, pp. 124-149.
17. *Geologiya i neftegazonosnost' Dneprovsko-Donetskoy vpadiny. Glubinnoe stroenie i geotektonicheskoe razvitiye* [Geology and the oil-gas-bearingness of the Dnieper-Donets depression. The deep structure and geotectonic development]; resp. ed. by V.K. Gavrish. Kiev, Naukova dumka, 1989, 208 p.
18. Gavrish V.K., Nedoshovenko A.I., Ryabchun L.I., Kuts V.G., Petrova E.S. *Geologiya i neftegazonosnost' Dneprovsko-Donetskoy vpadiny. Glubinnye razlomy i kombinirovannyye neftegazonosnyye lovushki* [Geology and the oil-gas-bearingness of the Dnieper-Donets depression. The deep faults and the combination oil-gas-bearingness traps]; resp. ed. by V.K. Gavrish. Kiev, Naukova dumka, 1991, 172 p.
19. *Geologiya i neftegazonosnost' Dneprovsko-Donetskoy vpadiny. Stratigrafiya* [Geology and the oil-gas-bearingness of the Dnieper-Donets depression. The stratigraphy]; resp. ed. by D.E. Ayzenberg. Kiev, Naukova dumka, 1988, 148 p.
20. Chebanenko I.I., Gotynyan V.S., Zhilovskiy N.I., Klochko V.P., Pererva V.M., Pogrebnyak V.F., Tovstyuk Z.M. *Glubinnyye razlomy i metodika aerokosmogeologicheskikh issledovaniy pri neftegazoposkovykh rabotakh v Dneprovsko-Privyatskom avlakogene* [Deep faults and the methodology of remote sensing geological investigation when petroleum prospecting work in the Dnieper-Donets rift]. Kiev, IGS, AS of UkrSSR, 1988. 55 p. (Prepr. / 88-31).
21. Nikulin S.L. *Geoinformatsionnaya tekhnologiya vyreshenniya prognozno-poshukovykh zadach za kompleksom geologo-geofizichnykh i kosmichnykh danykh: avtoref. dys. dokt. geol. nauk: 04.00.05 "Geologichna informatyka"* [Geoinformation technology for forecasting and search tasks solving using complex of geological, geophysical and satellite data. Dr. geol. sci. abstr. a thesis: 04.00.05 "Geological informatics"] Kyiv, Taras Shevchenko National University of Kyiv, 2013, 44 p.
22. Redkolis V.A., Bereznitskiy V.V., Siranchuk E.N., Gavrilenko M.V., Voronov P.V., Bordovskaya E.V., Petrik R.N., Drobysh L.M., Popeta A.A., Bogatyreva E.V. *Opytno-metodicheskie raboty v severo-zapadnoy chasti DDV: Otchet OMP 20 87 za 1987-1990 gg. (seystrostratigraficheskie issledovaniya) (v chetyrekh knigakh)* [Experimental and methodological works in the north-western part of the DDD. Report of the EMP 20 87 during 1987-1990 (the seismic and stratigraphic investigation) (in four parts)] / *Kievskaya geofizicheskaya razvedochnaya ekspeditsiya*. N SR 39-87-4/25. Kiev, 1990. Pt. 3, 139 p.
23. Serokourov Ju.N., Kalmikov V.D., Zouev V.M. *Kosmicheskie metody pri prognoze i poiskakh mestorozhdeniy almazov* [Space methods to forecast and prospect for diamond deposits]; ed. by N.N. Zintchouk. Moscow, Nedra-Biznestsentr, 2001, 198 p.
24. Dyachuk V.V., Lyzanets A.V., Babaev V.V., Koval A.M., Vorona V.M., Keleberda V.S., Fedotova I.M., Kupreyeva S.K., Surkov S.V., Agres N.P., Bybliv O.V. *Systemnyy pidhid do vyvchenniya naftogazonosnykh teritoriy dystantsijnymy metodamy na prykladi DK "Ukrgezvydobuvannya"* [Systematic approach to the investigation of oil and gas territories by remote methods demonstrated by the SC "Ukrgegasproduction" example]. *Geoinformatyka* [Geoinformatics (Ukraine)], 2002, no. 1, pp. 70-76.
25. *Slovnnyk z dystantsijnogo zonduvannya Zemli* [Dictionary of Remote Sensing]; eds. V.I. Lylko and M.O. Popov. Kyiv, Avers, 2004, 170 p.
26. Smirnova I.O., Rusanova A.A. *GIS-tehnologiya obrabotki i interpretatsii materialov distantsionnogo zondirovaniya dlya izucheniya tektonicheskikh kriteriev rozmeshcheniya mestorozhdeniy uglevodorodov* [GIS-technology of transformation and interpretation of remote sensing materials for study the tectonic criteria of a placement the hydrocarbons deposits]. *Otechestvennaya geologiya*, 1999, no. 6, pp. 32-40.
27. *Sputnikovyye metody poiska poleznykh iskopaemykh* [Satellite methods for prospecting the minerals]; eds. V.I. Lyalko and M.A. Popov. Kyiv, Karbon-Ltd, 2012, 436 p.
28. Raznitsyn V.A., Bilyk A.A., Kononenko L.P., Vakarchuk G.I., Vinnichenko L.G. *Stratigrafiya devona Dneprovsko-Donetskoy vpadiny* [Stratigraphy of the Devonian of the Dnieper-Donets depression]. *Tektonika i stratigrafiya* [Tectonics and stratigraphy (Ukraine)], 1993, issue 33, pp. 74-83.
29. Garetskiy R.G., Glushko V.V., Krylov N.A., Palienko V.P., Raspopova M.G., Chernyavskiy G.V., Chirvinskaya M.V., Shpak P.F. *Tektonika neftegazonosnykh oblastey yugo-zapada SSSR (Ob'yasn. zapiska k Tekton. karte neftegazonosn. oblastey yugo-zapada SSSR s ispol'zovaniem materialov kosm. s'emok. — M 1 : 500 000)* [Tectonics of the oil-gas-bearingness provinces of the south-west of the USSR (Explanatory note to the Tectonic map of the oil-gas-bearingness provinces of the south-west of the USSR with using the space survey data. Scale 1 : 500 000)]. Moscow, Nauka, 1988, 85 p.
30. *Teoreticheskiye osnovy netraditsionnykh geologichnykh metodiv poshuku vuglevodniva* [Theoretical basic of the untraditional methods for hydrocarbons prospecting]; ed. by M.I. Jevdoshuk. Kyiv, Naftogaz-prognoz, 2001, 288 p.
31. Khomenko V.A. *Devon Dneprovsko-Donetskoy vpadiny (i sopredel'nykh territoriy)* [Devonian of the Dnieper-Donets depression (and the adjacent territories)]; resp. ed. by I.I. Chebanenko. Kiev, Naukova dumka, 1986, 116 p.
32. Chirvinskaya M.V., Sollogub V.B. *Glubinnaya struktura Dneprovsko-Donetskogo avlakogena po geofizicheskim dannym* [Deep structure of the Dnieper-Donets rift by geophysical data]. Kiev: Naukova dumka, 1980, 180 p.
33. Perdomo J.J., Fontana J., Pyron A. How integrated exploration technology helped answer questions in an Appalachian field. *Oil and Gas Journal*, 2000, vol. 98, issue 37, pp. 42-46.
34. Sounders D.F., Burson K.P., Brown J.J., Thompson C.K. Combined geological and surface geochemical methods discovered Agaritta and Brady Creeck fields, Conch county, Texas. *AAPG Bulletin*, 1993, vol. 77, no. 7, pp. 1219-1240.
35. Süzen M.L., Toprak V. Filtering of satellite images in geological lineament analyses: an application to a fault zone in Central Turkey. *International Journal of Remote Sensing*, 1998, vol. 19, no. 6, pp. 1101-1114.

Надійшла до редакції 10.02.2014 р.

Received 10/02/2014