

**ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ МЕТОДОЛОГІЇ ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВНУТРІШНЬОЇ СТРУКТУРИ
ЗЕМЛІ ЗА ДАНИМИ АЕРОКОСМІЧНИХ ЗНІМАНЬ**

**BASIC FOUNDATIONS OF THE METHODOLOGY OF STUDY OF THE INTERNAL STRUCTURE OF EARTH
ACCORDING TO AEROSPACE SURVEY DATA**

О.Т. Азімов

Oleksandr T. Azimov

State Institution «Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth, IGS, NAS of Ukraine»; 55-B, O. Honchara St., Kyiv, 01601, Ukraine (azimov@casre.kiev.ua)

У статті з феноменологічних позицій концептуально охарактеризовано п'ять основних (або фундаментальних) принципів, на яких базується методологія дослідження особливостей будови земної кори на підставі використання дистанційних аерокосмічних технологій. Головний (перший) принцип стосується усвідомлення процесу одночасної взаємодії (парагенезу) фізичних сил протилежного спрямування. Це сили притягання і відмінні від них сили відштовхування. Другий принцип полягає у визначенні двох груп геологічних рушійних сил (внутрішніх і зовнішніх) у виникненні та розвитку структур літосфери. Третій принцип застосування матеріалів аерокосмічних зйомок у геологічних цілях базується на позиціях існування в літосфері поряд з пластичними (квазіпластичними) – крихкими (квазікрихкими) деформацій гірських порід. Четвертий принцип стверджує існування активних процесів перманентно-перервного енергомасообміну в природних геосистемах планети, як проявів особливостей існування і форм руху матерії. П'ятий принцип констатує, що специфічні сучасні ландшафти та притаманні їм аномалії, будучи геоіндикаторами внутрішньої структури геологічного субстрату і пов'язаних з ним енергомасообмінних процесів, диференціюються за спектральними характеристиками відбитого, розсіяного, поглинутого й емітерного електромагнітного випромінювання в різних діапазонах хвиль. Як наслідок, вони розрізняються за цими характеристиками, а також можуть бути відображеними і розпізнаними на даних дистанційних аерокосмічних знімків.

Ключові слова: методологія, земна кора, геологічні рушійні сили, дистанційне зондування Землі, ландшафтні геоіндикатори.

Five main foundations that are the basis of the methodology of investigation of the Earth crust structure using remote aerospace technologies are characterised conceptually from the phenomenological perspective. The keystone (first) principle concerns the knowledge of process for the simultaneous mutual interaction (paragenesis) of the physical forces oppositely directed. These are the attractive power and the opposite of it the repulsive forces. The second principle is confined to determine of two groups for the geological driving forces (internal and external) for the appearance and evolution of the lithosphere structure. The third principle of remote sensing application for the geological purposes is based on the concept of existence both the plastic (quasiplastic) rock deformations and brittle (quasibrittle) ones. The fourth principle claims the existence of active processes for the permanent-interrupted energy-mass-exchange in the natural geosystems of the Planet as a manifestation of the special aspects for matter being and its forms of movements. The fifth principle states that the specific recent landscapes and the anomalies intrinsic to them as the geoindicators of interior structure of the geological substrate and energy-mass exchange processes connected with it are differentiated by the spectral features of reflected, absorbed, and emitted electromagnetic radiation in the different wave regions. As a result they are distinguished using these characteristics and may be imaged and identified via remote sensing data.

Keywords: methodology, Earth crust, geological dynamics, remote sensing of the Earth, landscape geoindicators.

МЕТА І ЗАВДАННЯ РОБОТИ

Дистанційні знімки Землі з літальних космічних або повітряних апаратів є важливим джерелом даних при вивченні блокової будови її кристалічної основи та осадової товщі, уточненні розташування кільцевих структур, прогнозі нафтогазо- і рудоперспективних об'єктів та просторового розподілу їхніх проявів і родовищ, дослідженні геодинаміки та моніторингу сучасних екзогенних процесів тощо (Макаров, 1981; Гарецкий и др., 1988; Аэрокосмические методы..., 2000; Азімов,

2004; Лялько та ін., 2006; Азімов и др., 2012; та ін.). Використання даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) у геологічних дослідженнях аргументується низкою їхніх позитивних якостей, важливими з яких є: актуальність, оперативність отримання, об'єктивність у відображенні об'єктів та процесів, велика оглядовість, інтегруюча здатність (природна генералізація), своєрідна «рентгеноскопічність», повторюваність, можливість отримання дистанційних матеріалів одного і того ж регіону різних масштабів, можливість одер-

жання зображень у декількох зонах спектра електромагнітних хвиль, відносна дешевина при вирішенні поставлених завдань тощо.

Крім того, комплексне використання традиційних геолого-геофізичних методів вивчення будови земної кори і методів ДЗЗ дозволяє оптимізувати мережу наземних досліджень та екстраполювати отримані внаслідок їх проведення дані.

Разом з тим застосування дистанційних аерокосмічних даних не дає однозначної відповіді при вирішенні низки завдань надрокористування. До таких, зокрема, належать питання встановлення конкретної глибини залягання того чи іншого геологічного тіла, його геометричних та ряду інших параметрів. Наприклад, що стосується диз'юнктивних дислокацій, то теорія і методологія їх диференціації за кінематичними і геодинамічними характеристиками, ступенем розкритості для проникнення різноманітних флюїдів на підставі використання матеріалів аерокосмічних зйомок (МАКЗ) до теперішнього часу ще повною мірою не розроблені. До цього слід додати недостатній рівень використання комп'ютерних технологій обробки залучених даних ДЗЗ під час вирішення вказаних проблем.

Більш того, наразі теоретичні погляди фахівців галузі на фізичну сутність відображення глибоко похованих об'єктів літосфери у зовнішніх компонентах сучасного ландшафту та на моделі формування відповідного корисного сигналу за матеріалами дистанційних зйомок (МДЗ) часом суперечливі або неоднозначні (Макаров, 1981; Гарецкий и др., 1988; Аэрокосмические методы..., 2000; Азимов, 2004; Лялько та ін., 2006; Азимов и др., 2012; та ін.). У цьому контексті слід зазначити, що розвиток геології відбувається в напрямі все глибшого і повнішого пізнання нашої планети, процесів самоорганізації її речовини і створення різноманітних моделей геологічного розвитку середовища (Хаин, Рябухин, 2004). Першочергове завдання теоретичних досліджень полягає в установленні законів цього розвитку, тобто тих загальних, необхідних та істотних зв'язків між геологічними об'єктами та явищами, що зумовлюють їхні упорядковані зміни.

Закони геології відображають інтегральну взаємодію та взаємообумовленість законів математики (механіки), фізики, хімії та біології у природних геосферах (геосистемах). Вони, геологічні закони, характеризують взаємовідношення і взаємозв'язок між матерією літосфери, гідросфери, атмосфери, біосфери, якою ці геосфери скла-

дені, космосом, а також між явищами і процесами, що в них відбуваються, включаючи взаємодію геофізичних полів і різноманітні фізико-хімічні реакції. Разом з тим простежується нерівномірність розвитку цих процесів у часі й просторі, що підтверджується наявністю широкого спектра і різноманітністю тектонічних структур сучасної Землі. З огляду на це геологічні закони сформульовані недостатньо чітко. Вони можуть сприйматися на рівні робочих концепцій або гіпотез, які часто є альтернативними одна до одної. Це визначає загальну постановку проблеми.

Таким чином, фактично будучи в науках про Землю, за словами В.І. Вернадського (Вернадский, 1981), законами-тенденціями, закони в геології здебільшого мають імовірнісний, статистичний характер, тобто не можуть розглядатися з детерміністських позицій (Хаин, Рябухин, 2004). Переважно вони виявляються лише при статистичному обробленні значного фактичного матеріалу саме як пануюча тенденція й неминуче містять велику кількість відхилень і навіть винятків. Зазвичай це є наслідком накладення, інтерференції різноманітних процесів.

Крім того, геологічні об'єкти не є тотожними, що володіють притаманними лише їм властивостями і більш-менш різко відрізняються від інших об'єктів. У природі існує різноманіття моделей об'єктів, не зовсім тотожних і лише частково подібних між собою (наприклад, конкретними структурними елементами). Тому їх виділення, класифікація, а відповідно й встановлення властивих їм особливостей будови і розвитку, що спирається на ті чи інші ідеалізовані абстрактні моделі, неминуче є дещо умовним і схематичним.

Повною мірою вказане характерне й для теоретичних основ виявлення особливостей структури земної кори на підставі застосування дистанційних аерокосмічних технологій як складових комплексного процесу геологічних досліджень, а отже, окреслює невирішену раніше частину загальної проблеми. Тому теоретична база як окремих дисциплін, так і методів ДЗЗ потребує подальшого розвитку на принципах системності, що засвідчує зв'язок цієї задачі з фундаментальними завданнями сучасної науки.

Отже, узагальнюючи напрацювання фахівців галузі, а також суміжних сфер природознавства, доповнюючи їх результатами власних досліджень, усвідомлюючи спільний розвиток геосфер планети, наявність тісних залежностей між ними та їхніми компонентами, а також існування зв'язку їх з космосом, з феноменологічних поглядів

концептуально охарактеризуємо основні (або фундаментальні) принципи (Азімов, 2007, 2013; та ін.), що є базовими методології дослідження особливостей будови земних надр і різноманітних ендегенних процесів за МАКЗ. Це є головною метою статті. При цьому ми усвідомлюємо: загальноприйнято вважати, що принцип – це першооснова; тобто те, що лежить в основі певної теорії науки.

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Розглядаючи основоположні принципи методології вивчення особливостей структури земної кори на підставі використання МДЗ з позицій феноменології, під останньою ми розуміємо не напрям філософських досліджень, а її природознавчу сутність. У цьому розумінні феноменологія – термін, який використовують у природознавстві для позначення сукупності знань, які визначають взаємозв'язок між різними спостереженнями явищ (феноменів), загалом не порушуючи принципів фундаментальної теорії, але безпосередньо не виводячи цих взаємозв'язків із неї. Зазвичай феноменологічна теорія зв'язує результати спостережень математичними формулами, не вникаючи в їхнє фундаментальне значення.

Феноменологія є посередником між експериментом і теорією. Вона більш абстрактна й багатокрокова у своїй логіці, ніж експеримент, проте більш прив'язана до експерименту, ніж до теорії. Границі між теорією і феноменологією нечіткі, так би мовити розмиті. Деякою мірою вони залежать від рівня розуміння та інтуїції дослідника. Більшість учених схиляється до думки, що феноменологічний опис явища не дозволяє його зрозуміти, але все ж відіграє значну роль у науці.

Характеризуючи наші методологічні принципи з концепції системного підходу, відмітимо, що загалом цей підхід стверджує: будь-який об'єкт може бути і повинен (якщо ми хочемо досліджувати його дійсно істотні властивості) розглядатися як система. Стосовно мети нашої розробки принцип системності розуміється як вимога вичленення природних системних властивостей структурних елементів земної кори (літосфери загалом з урахуванням особливостей будови ландшафту сучасної денної поверхні), а також різноманітних ендегенних процесів, зокрема геодинамічних.

Узагальнюючи результати фахівців геологічної науки, а також деяких суміжних напрямів природознавства, доповнюючи їх матеріалами власних розробок, у статті намагатимемося розглядати

ряд процесів і явищ як конкретні прояви загальнофілософських законів. Такий підхід, а також те, що характеристика основних принципів методології у публікації є більш повною порівняно з деякими попередніми працями (Азімов, 2004, 2007, 2013; та ін.) визначають новизну статті.

ОБГОВОРЕННЯ

Методологія виявлення і вивчення характерних особливостей будови земної кори на підставі використання даних ДЗЗ ґрунтується на визнанні ряду основних (основоположних, фундаментальних) принципів, які за своєю сутністю впливають з геологічної концепції розробленої академіком В.Г. Бондарчуком теорії тектоорогенії (Бондарчук, 1961), а також вчення його колег і послідовників про тектонічні розриви літосфери різноманітної кінематики, що виникли на різних етапах геодинамічної еволюції й визначають її (літосфери) фрактальну структуру (Чебаненко, 1963, 1977; Макаров, 1981; Слензак, 1984; Гарецкий и др., 1988; Тяпкін, 1998; Аэрокосмические методы..., 2000; Азімов, 2004; Хаин, Рябухин, 2004; Лялько та ін., 2006; Азімов и др., 2012; та ін.), про енергомасообмін як у власне геосистемах (геосферах) планети (Чебаненко, 1963, 1977; Вернадский, 1981; Макаров, 1981; Слензак, 1984; Гарецкий и др., 1988; Баласанян, 1990; Тяпкін, 1998; Аэрокосмические методы..., 2000; Азімов, 2004, 2011; Хаин, Рябухин, 2004; Лялько та ін., 2006; Азімов и др., 2012; та ін.), так і в системі Земля–космос загалом (Чебаненко, 1963, 1977; Вернадский, 1981; Carey, 1982; Баласанян, 1990; Тяпкін, 1998; Галабуда, 2002; Хаин, Рябухин, 2004; Азімов, 2011; Азімов и др., 2012; та ін.).

Головний (перший) принцип стосується усвідомлення процесу одночасної органічної взаємодії (парагенезу) фізичних сил протилежного спрямування, завдяки і під впливом яких відбувається еволюція, рух геологічної речовини в будь-якому природному об'єкті. Це сили притягання, що приводять до виникнення деформацій стиснення, здавлювання, а також відмінні від них сили відштовхування, які зумовлюють розвиток напруг розтягнення, розширення геологічної матерії як такої.

У просторово-часовому континуумі Всесвіту неможлива дія лише однієї з указаних груп сил без одночасної дії (протидії) протилежно спрямованих сил іншої парагенетичної групи однакового ієрархічного рангу. Отже, вказаний процес є конкретним проявом філософського закону едно-

сті та боротьби протилежностей (або закону взаємного проникнення протилежностей).

Другий принцип полягає у визначенні двох груп геологічних рушійних сил (внутрішніх і зовнішніх) у виникненні та розвитку структур літосфери, як складових елементів єдиної матеріальної системи Земля, різноманітні різнорангові об'єкти якої, а також їхні рухи перебувають у закономірній підпорядкованості та взаємообумовленості. До групи внутрішніх сил належать власне внутрішні (тобто земні) сили, що зумовлені різноманітними фізико-хімічними процесами, які відбуваються як у глибинах "тіла" планети, так і на її поверхні, а також сила земного тяжіння (стиснення). Серед внутрішніх глибинних процесів виділяються (Чебаненко, 1977): гравітаційно-хімічна диференціація глибинної речовини, періодичні накопичування і вивільнення радіоактивного тепла (а також електромагнітної енергії (Баласанян, 1990)), фазові та поліморфні перетворення глибинних мас, рух теплових хвиль, глибинні конвекційні течії, локальні розігрівання та охолодження внутрішньої речовини і пов'язані з ними локальні стиснення і розширення ділянок верхньої та нижньої мантії, періодичні здимання і опускання окремих ділянок земної кори, розтріскування літосфери (під дією її підняття і опускань), процеси магматизму і метаморфізму, розвиток структур стиснення (складчастість, орогени і т. п.) і розширення (рифтогени, геосинкліналі і т. д.) тощо. Внутрішні сили своєю дією загалом намагаються стиснути, здавити Землю.

Зовнішні за походженням сили включають ротаційні сили обертового руху земної кулі навколо своєї осі, сили гравітаційних впливів на неї Місяця, Сонця, інших космічних тіл, акрецію, сили галактичних ударних хвиль, а також сили, які виникають внаслідок дії позапланетних електромагнітних полів та іншого космічного випромінювання (насамперед теплової енергії Сонця). До космічного також належить випромінювання іонізованих частинок та випромінювання, пов'язане з розпадом радіонуклідів. Сили цієї групи своєю дією загалом спрямовані на розтягнення, розширення Землі.

Не вдаючись до детального аналізу сукупності причин періодичних змін ротаційного режиму земної кулі, що є дискусійним питанням у науці до теперішнього часу, зазначимо лише таке. А саме: ці причини, відповідно до описаного вище другого фундаментального принципу, належать до двох основних типів – зовнішніх і внутрішніх. Зовнішні пов'язані з нерівномірною в часі граві-

таційною дією на Землю навколишніх космічних об'єктів і впливом на неї полів іншої фізичної природи, які ними генеруються.

Натомість, внутрішні причини зумовлені процесами фізико-хімічного перетворення, самоорганізації глибинної речовини планети як відкритої значним чином нерівноважної системи, процесами, як показано у працях О.І. Слензака (Слензак, 1984; та ін.), внутрішнього її саморозвитку. У свою чергу це може виражатися (Чебаненко, 1963) в періодичних збільшеннях і зменшеннях об'єму мас Землі на окремих її ділянках, що в геології відомі як пульсації, коливальні рухи земної кори тощо. Як наслідок, цей перерозподіл мас, механічні їхні переміщення приводять до зміни моменту інерції планети.

Цілком імовірна періодична залежність інтенсифікації дії внутрішніх причин зміни ротаційного режиму Землі від активізації причин зовнішнього типу (Carey, 1982; Тяпкін, 1998; Галабуда, 2002; Хаин, Рябухин, 2004; та ін.).

Отже, парагенез вселенських сил притягання (стиснення) і відштовхування (розтягнення) супроводжується взаємоперетвореннями, з одного боку, форм існування матерії, а з іншого – форм її руху (енергії), без якого вона, матерія, немислима. Зазначений процес є одним з яскравих виражень філософського закону *переходу кількості в якість*.

Порівнюючи роль геологічних рушійних сил у процесах тектогенезу, необхідно усвідомлювати, що основу геодинаміки земної кори становлять внутрішні глибинні перетворення, які в ній відбуваються. Група зовнішніх сил, які діють на планету ззовні, має другорядне значення стосовно тектонічних рухів. Зокрема, фактична величина сил обертової динаміки Землі невелика (Чебаненко, 1977). Отож, вони не спроможні самостійно рухати і зміщувати окремі блоки і глиби земної кори. Вони можуть створювати лише передумови для її розтріскування по лініях певних напрямків – і не більше. Таким чином, зовнішні сили є своєрідним "спусковим механізмом", "каталізатором" для конкретного прояву і реалізації потенціалу внутрішніх сил у формуванні ними структур геологічного субстрату.

Як ми зазначали, розвиток геологічної речовини (матерії-енергії загалом) відбувається завдяки переходу їх з одного якісного стану в інший через постійний зв'язок, протидію різноспрямованих однопорядкових сил, їх взаємоперетворення, тобто через перманентне заперечення протилежностей та їх взаємоперехід. У

результаті цього в поступальному розвитку системи Земля–космос після початкового “скидання” старих її якостей і подолання відповідного етапу з набуттям нових рис відбувається своєрідне повернення назад, унаслідок чого в новому повторюються якості старого.

Отже, заперечення, як єдність протилежностей, створює між певними етапами розвитку Землі послідовний, генетичний зв'язок. За мільярди років свого існування структура нашої планети зазнала багато стадій розвитку, причому жодна з них не повторювалася. При настанні кожної нової геологічної ери деякі особливості попередньої ери зникали зовсім, інші зазнавали глибокого перетворення; більш того, з'являлися такі геологічні об'єкти, процеси та явища, яких ніколи не було раніше. Тобто відбувається сполучення якісної новизни і наступності. Охарактеризовані своєрідні “спіралеподібні” процеси розвитку геологічної матерії, системи Земля–космос загалом, що поєднують у собі циклічність, відносну повторюваність і поступальність, є переконливим втіленням філософського закону заперечення заперечення.

Третій принцип застосування даних ДЗЗ у геологічних цілях базується на позиціях існування в літосфері поряд з пластичними (квазіпластичними) крихких (квазікрихких) деформацій гірських порід, що передусім зумовлено диференціацією реологічних властивостей і барично-температурних (p , t) умов геологічного середовища. Крихкі (квазікрихкі) деформації та руйнування здебільшого притаманні консолідованим утворенням верхньої частини земної кори. Таким чином, для останньої характерна наявність диз'юнктивних дислокацій, які загалом визначають її планетарну блокову тектоніку, а також існування зон підвищеної тріщинуватості та дилатансійного розущільнення порід, що характеризують її (кори) анізотропні геофлюїдопроникні властивості. Як наслідок, розривні порушення створюють взаємопов'язану систему, яка зі свого боку забезпечує різноманітний багаторівневий зв'язок між структурами глибинних, проміжних і приповерхневих надр, а також власне земною поверхнею та її компонентами.

Четвертий принцип стверджує існування активних процесів перманентно-перервного (пульсаційного) енергомасообміну в природних геосистемах планети як проявів особливостей існування і форм руху (перетворення) матерії (енергії). Ці різноманітні складні, часто незворотні, нелінійні процеси спостерігаються між твер-

дою, рідкою й газоподібною фазами геологічного середовища та атмосфери, біотою, а також між фізичними полями Землі, які їх відображають, і фізичними полями позаземного походження. Крім перебудови та утворення спектра структур земної кори, інтерференція цих процесів спричинює також певні відмінності в особливостях образу (лику) поверхні Землі, розвиток відповідних ландшафтів та виникнення аномалій в їхній будові (див. рисунок).

Механізму передавання відомостей з глибин Землі на її поверхню притаманний дуже складний, багатофакторний причинно-наслідковий характер. Моделі цієї передачі здебільшого пояснюються з феноменологічних позицій. За деяким винятком (Баласанян, 1990; Лялько та ін., 2006; Азимов и др., 2012; та ін.), характер фізико-хімічних процесів, які при цьому відбуваються, до цього часу переважно залишається непараметризованим. Вважаються можливими (Макаров, 1981) три взаємопов'язаних варіанти передачі інформації з земних надр на поверхню. Загалом їх можна сформулювати як передача інформації: 1) шляхом механічних деформацій, 2) через геофлюїдинамічні потоки, 3) завдяки геофізичним полям (Азимов, 2011; Азимов и др., 2012).

П'ятий принцип констатує, що специфічні сучасні ландшафти земної поверхні та притаманні їм аномалії, а також у деяких випадках атмосферні та іоносферні аномалії, які часто є геоіндикаторами внутрішньої структури геологічного субстрату і пов'язаних з ним енергомасообмінних процесів, диференціюються за спектральними характеристиками відбитого, розсіяного, поглинутого й емітерного електромагнітного випромінювання в різних діапазонах хвиль – ультрафіолетовому, видимому, інфрачервоному, радіохвильовому. Як наслідок, вони розрізняються за цими характеристиками (Гарецкий и др., 1988; Аэрокосмические методы..., 2000; Лялько та ін., 2006; Азимов и др., 2012; та ін.), а також можуть бути відображеними і розпізнаними за даними ДЗЗ (див. рисунок) (Гарецкий и др., 1988; Аэрокосмические методы..., 2000; Азимов, 2004; Лялько та ін., 2006; Азимов и др., 2012; та ін.).

Геологічні об'єкти і пов'язані з ними ендегенні процеси в компонентах ландшафту денної поверхні, а також певною мірою в особливостях стану атмосфери і навіть іоносфери та магнітосфери індицируються численними ознаками різних груп (Бондарчук, 1961; Чебаненко, 1963; Макаров, 1981; Гарецкий и др., 1988; Баласа-

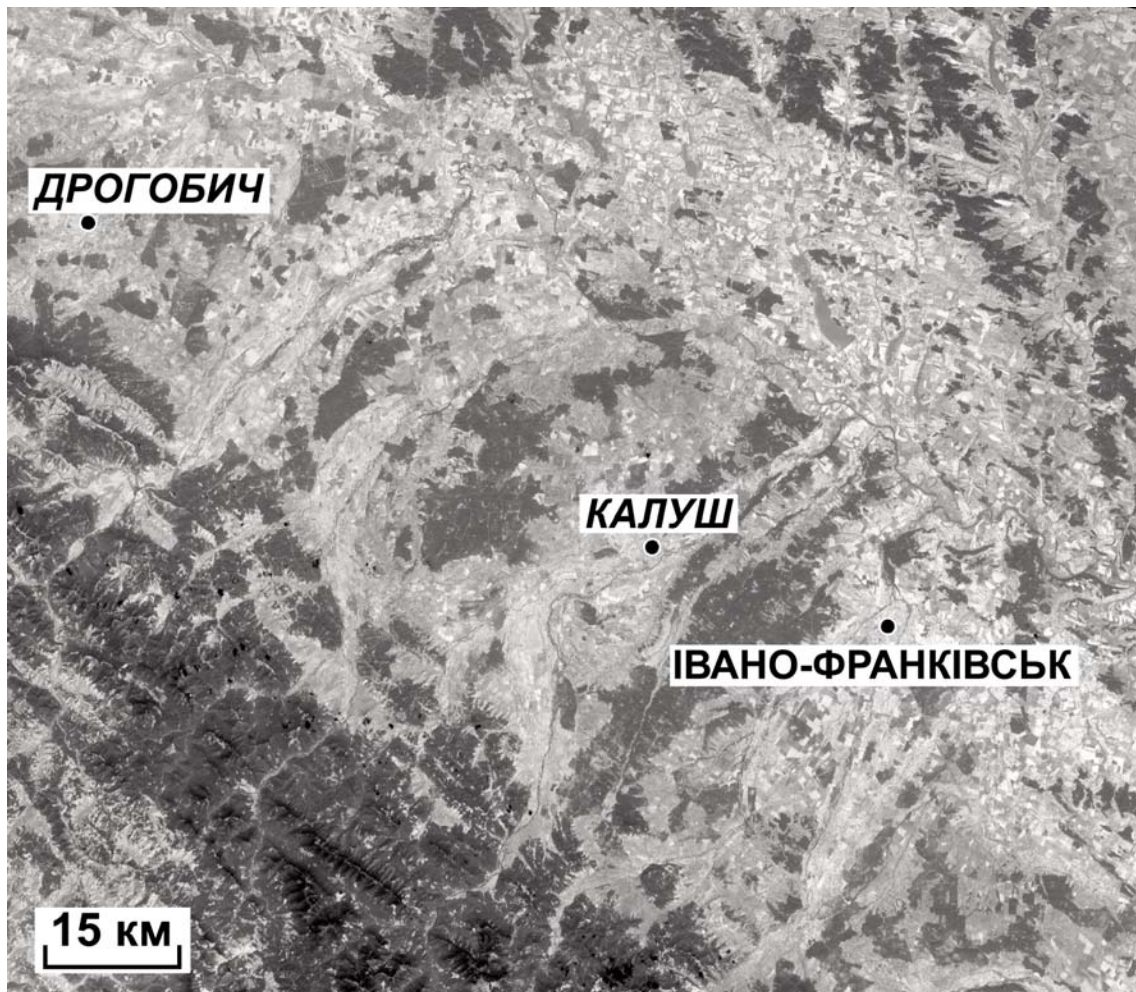


Рис. Територія Прикарпаття. Фрагмент комп'ютерно обробленого сканерного багатозонального космічного знімка LANDSAT ETM+ від 02.05.2000 р. (6-й, тепловий, канал, 10,4–12,5 мкм).

Підкреслюються гідрографічна та ерозійна мережі, ділянки зволжених ґрунтів, типи рослинного покриву. Поперечні (північно-східні) до простягання Карпатського регіону річки, їхні долинні комплекси та пов'язані з ними інші компоненти ландшафту відображають відомі зони розломних структур (Гарецький и др., 1988). Дугоподібний рисунок природно-територіальних комплексів у північній, північно-східній і східній частинах території (кільцева мезоструктура) індицирує геологічний об'єкт земної кори глибокого закладення незрозумілого генезису.

Fig. Pre-Carpathian terrain. Computer-aided fragment of multispectral scanning LANDSAT ETM+ image on May 2, 2000, (thermal Band 6 at the wavelength span of 10.4–12.5 μm).

The hydrographical network and erosion pattern, the lots of moistened soils, and kinds of vegetation cover are delineated. The rivers (north-eastern direction) traversal to the Carpathian region trend, their valleys assemblages and connected with them the different landscape elements depict the known fault structure zones (Garetskiy et al., 1988). The arched pattern of natural territorial complexes in the northern, north-eastern, and eastern parts of area (ring mesostructure) is induced by the geological entity in the Earth's crust of the deep bedding and incomprehensible genesis.

нян, 1990; Аэрокосмические методы..., 2000; Азімов, 2004, 2011; Лялько та ін., 2006; Азімов и др., 2012; та ін.). До цих груп, зокрема, належать рельєф, гідрографічна мережа, літологічний склад поверхневих відкладів, ґрунтово-рослинний покрив, атмосфера, а також сучасні екзогенні процеси і гідрометеорологічні явища тощо.

Загалом геоіндикатори взаємопов'язані між собою численними досить складними, часом неоднозначними і багатоваріантними залежностями прямого і зворотного зв'язку. Синергетично доповнюючи і підсилюючи один одного у просторі та в радіометричному полі МАКЗ, у сукупності вони чіткіше і більш надійно відображають

геологічні утворення з характерними для них процесами, а інтегруючись, чіткіше проявляються за різноманітними даними ДЗЗ.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ РОБІТ
Отже, тектонічні рухи та один з головних їхніх наслідків – формування і розвиток різноманітних різнорангових геологічних структур – є результатом причинно-наслідкових зв'язків між будовою земної кори (включаючи її поверхню), тектонофізичними і фізико-хімічними процесами, які в ній відбуваються, а також зовнішніми фізичними полями, до яких належать і поля позапланетного генезису. На усвідомленні цих взаємообумовлювальних зв'язків базуються фундаментальні

принципи методології вивчення особливостей структури земної кори за допомогою використання даних аерокосмічних зніманих і технологій.

Головні **перспективи досліджень** у напрямі вдосконалення теоретичних основ використання матеріалів ДЗЗ при геологорозвідувальних роботах у подальшому вбачаються насамперед у коректній розробці кількісних оцінок охарактеризованих процесів як окремо один від одного, так й інтегрованих в єдину систему. Окреме, особливе місце при цьому займає подальша розробка теорії диз'юнктивних дислокацій з різними кінематичними і геодинамічними характеристиками, ступенем розкритості для проникнення різноманітних флюїдів, іншими параметрами.

REFERENCES

Azimov O.T., 2004. Theoretical and methodical aspects of remote sensing methods using for investigation geodynamic process. *Visnyk of Taras Shevchenko Nation. Univ. of Kyiv: Geology* (Visnyk Kyivskogo natsionalnogo universytetu imeni Tarasa Shevchenka: Geologiya), Kyiv, vol. 29-30, pp. 88-93. (In Ukrainian).

Azimov O.T., 2007. Main principles of methodology to study the Earth's crust structure on the basis of usage of remote sensing data. *Applied geological science today: achievements and problems: Proc. Int. Sci.&Tech. Conf. devoted to 50-th Anniversary of UkrSGRI foundation* (Kyiv, 5-6 July 2007). Min. of natural resources of Ukraine, State geol. survey, UkrSGRI. Kyiv, UkrDGRI, pp. 88-89. (In Ukrainian).

Azimov O.T., 2011. To the geophysical variant of an information transfer from the interior of the Earth to a day. *Theoretical and Applied Aspects of Geoinformatics: Collec. of Sci. Pap. (Teoretychni ta prykladni aspekty geoinformatyky: Zbirnyk naukovykh prats)*. Kyiv, MMC of IGS, NAS of Ukraine, pp. 82-108. (In Ukrainian).

Azimov O.T., 2013. Methodological study principles of the Earth internal structure by remote sensing systems. *Proc. Fifth Ukrainian Conf. of Young Sci. on the 95-th Anniversary of the NAS of Ukraine* (19-20 November 2013, Kyiv, Ukraine). Kyiv, IGS of NAS of Ukraine, pp. 11-12. (In Ukrainian).

Azimov O.T., Apostolov O.A., Arkhipov O.I., Vorob'ev A.I., Dargeyko L.F., Esipovich S.M., Efimenko T.A., Kichka O.A., Koval'chuk S.P., Kudryashov O.I., Lishchenko L.P., Lyalko V.I., Mychak A.G., Pazinich N.V., Podorvan V.M., Popov M.O., Sakhatskiy O.I., Sedlerova O.V., Stankevich S.A., Teryemenko O.M., Titarenko O.V., Tovstyuk Z.M., Fedorovski O.D.,

Азімов О.Т. Теоретико-методичні аспекти використання дистанційних аерокосмічних методів при вивченні геодинамічних процесів. Вісн. Київ. нац. ун-ту ім. Тараса Шевченка. Геологія. 2004. Вип. 29-30. С. 88-93.

Азімов О.Т. Головні принципи методології вивчення структури земної кори на підставі використання даних дистанційного зондування Землі. Прикладна геологічна наука сьогодні: здобутки та проблеми: Матеріали Міжнар. наук.-техн. конф., присвяч. 50-річчю створення УкрДГРІ (Київ, 5-6 лип. 2007 р.). Мінприроди України, Держгеолслужба, УкрДГРІ. Київ: УкрДГРІ, 2007. С. 88-89.

Азімов О.Т. Про геофізичний варіант передачі інформації з надр Землі на її поверхню. Теоретичні та прикладні аспекти геоінформатики: Зб. наук. пр. Київ: ЦММ ІГН НАН України, 2011. С. 82-108.

Азімов О.Т. Методологічні принципи дослідження особливостей внутрішньої структури Землі за допомогою дистанційних зондуючих систем. Зб. матеріалів П'ятої Всеукр. наук. конф. молодих вчених до 95-річчя НАН України (19-20 листоп. 2013 р., Київ, Україна). Київ: ІГН НАН України, 2013. С. 11-12.

Азімов А.Т., Апостолов А.А., Архипов А.И., Воробьев А.И., Даргейко Л.Ф., Есипович С.М., Ефименко Т.А., Кичка А.А., Ковальчук С.П., Кудряшов А.И., Лищенко Л.П., Лялько В.И., Мычак А.Г., Пазинич Н.В., Подорван В.Н., Попов М.А., Сахацкий А.И., Седлерова О.В., Семенова С.Г., Станкевич С.А., Теременко А.Н., Титаренко О.В., Товстюк З.М., Федоровский А.Д., Филиппович В.Е., Ходоровский А.Я.,

- Filipovich V.E., Khodorovskiy A.Ya., Shklyar S.V., Shul'ga V.I., Yakimchuk V.G., 2012. Satellite methods for prospecting the minerals. Eds. academician of NAS of Ukraine V.I. Lyalko and doctor technical sciences M.O. Popov. Kyiv, Karbon-Ltd, 436 p. (In Russian).
- Aerospace methods of geological investigation. Ed. A.V. Pertsov, 2000. St Petersburg, Publ. of St Petersburg map factory of AIIRSRGI, 316 p. (In Russian).
- Balasanyan S.Yu., 1990. Dynamic geoelectrics. Novosibirsk, Nauka, Siberian branch, 232 p. (In Russian).
- Bondarchuk V.G., 1961. Basic questions of the tectonic orogenesis. Kyiv, Publ. of AS of the UkrSSR. Proc. IGS, AS of the UkrSSR. Series geotectonics and geophysics; vol. 8. 383 p. (In Russian).
- Vernadskiy V.I., 1981. Selected proceeding on science history. Moscow, Nauka, 360 p. (In Russian).
- Galabuda M.I., 2002. Space and anomalistic concept of the Earth's crust formation. *Geology&Geochemistry of Combustible Minerals* (Geologiya i geohimiya goryuchyh kopalyn), Lviv, No. 3, pp. 100-108. (In Ukrainian).
- Garetskiy R.G., Glushko V.V., Krylov N.A., Paliyenko V.P., Raspopova M.G., Chernyavskiy G.V., Chirvinskaya M.V., Shpak P.F., 1988. 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, 85 p. (In Russian).
- Lyalko V.I., Fedorovsky O.D., Popov M.O., Azimov O.T., Apostolov O.A., Arhipov O.A., Arhipova T.O., Bilous Yu.G., Vorobyov A.I., Gunchenko V.O., Yefimenko T.A., Zholobak G.M., Kitchka O.A., Kostyuchenko Yu.V., Kotlyar O.Yu., Levchik O.I., Lishchenko L.P., Mychak A.G., Ogolenko V.S., Oskanyan T.V., Podorvan V.M., Pryhodko V.L., Sakhatsky O.I., Sedlerova O.V., Sybirtseva O.M., Stankevich S.A., Teremenko O.M., Tovstyuk Z.M., Filipovich V.Ye., Khodorovsky A.Ya., Tymbal T.V., Shportyuk Z.M., Shulga V.I., Yushchenko M.V., Yakymchuk V.G., Yaroshuk P.D., 2006. Multispectral remote sensing in nature management. Eds. V.I. Lyalko and M.O. Popov. Kyiv, Naukova dumka, 358 p. (In Ukrainian).
- Makarov V.I., 1981. Lineaments (Problems and areas of research thought the instrumentality of aerospace aids and methods). *Earth Observation and Remote Sensing* (Issledovanie Zemli iz Kosmosa), Moscow, No. 4, pp. 109-115. (In Russian).
- Slenzak O.I., 1984. Local structures of the zones of the Precambrian stresses. Kyiv, Naukova dumka, 104 p. (In Russian).
- Шкляр С.В., Шульга В.И., Якимчук В.Г. Спутниковые методы поиска полезных ископаемых: академ. НАН Украины В.И. Лялько и д-р техн. наук М.А. Попов (ред.). Киев: Карбон-Лтд, 2012. 436 с.
- Аэрокосмические методы геологических исследований: А.В. Перцов (ред.). СПб.: Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ, 2000. 316 с.
- Баласанян С.Ю. Динамическая геоэлектрика. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1990. 232 с.
- Бондарчук В.Г. Основные вопросы тектоорогении. Киев: Изд-во АН УССР, 1961. Тр. ИГН АН УССР. Сер. геотектоники и геофизики; Вып. 8. 383 с.
- Вернадский В.И. Избранные труды по истории науки. Москва: Наука, 1981. 360 с.
- Галабуда М.І. Космічно-аномалістична концепція формування земної кори. Геологія і геохімія горюч. копалин. 2002. № 3. С. 100-108.
- Гарецкий Р.Г., Глушко В.В., Крылов Н.А. Палиенко В.П., Распопова М.Г., Чернявский Г.В., Чирвинская М.В., Шпак П.Ф. Тектоника нефтегазоносных областей юго-запада СССР: (Объяснительная записка к Тектонической карте нефтегазоносных областей юго-запада СССР с использованием материалов космических съемок. — М-б 1:500 000). Москва: Наука, 1988. 85 с.
- Лялько В.І., Федоровський О.Д., Попов М.О., Азімов О.Т., Апостолов О.А., Архіпов О.А., Архіпова Т.О., Білоус Ю.Г., Воробйов А.І., Гунченко В.О., Єфименко Т.А., Жолобак Г.М., Кичка О.А., Костюченко Ю.В., Котляр О.Ю., Левчик О.І., Ліщенко Л.П., Мичак А.Г., Оголенко В.С., Оскан'ян Т.В., Подорван В.М., Приходько В.Л., Сахацький О.І., Седлерова О.В., Сибірцева О.М., Станкевич С.А., Теремченко О.М., Товстюк З.М., Філіпович В.Є., Ходоровський А.Я., Цимбал Т.В., Шпортюк З.М., Шульга В.І., Ющенко М.В., Якимчук В.Г., Ярошук П.Д. Багатоспектральні методи дистанційного зондування Землі в задачах природокористування: В.І. Лялько і М.О. Попов (ред.). Київ: Наук. думка, 2006. 358 с.
- Макаров В.И. Линеаменты (проблемы и направления исследований с помощью аэрокосмических средств и методов). Исслед. Земли из космоса. 1981. № 4. С. 109-115.
- Слензак О.И. Локальные структуры зон напряжений докембрия. Киев: Наук. думка, 1984. 104 с.

- Тяпкин К.Ф., 1998. Physics of the Earth (textbook). Kyiv, Vyshcha shkola, 291 p. (In Ukrainian).
 Тяпкін К.Ф. Фізика Землі: [підруч.]. Київ: Вища шк., 1998. 291 с.
- Khain V.E., Ryabukhin A.G., 2004. History and methodology of the geological sciences (textbook). (the 2nd supplemented and revised edition). Moscow, Publ. of MSU, 320 p. (In Russian).
 Хаин В.Е., Рябухин А.Г. История и методология геологических наук: [учеб.]. [2-е изд., доп. и перераб.]. Москва: Изд-во МГУ, 2004. 320 с.
- Chebanenko I.I., 1963. Basic regularities of the fault tectonics of the Earth's crust and its problems. Kyiv, Publ. of AS of the UkrSSR. Proc. IGS, AS of the UkrSSR. Series geotectonics; vol. 12. 155 p. (In Russian).
 Чебаненко И.И. Основные закономерности разломной тектоники земной коры и ее проблемы. Киев: Изд-во АН УССР, 1963. Тр. ИГН АН УССР. Сер. геотектоники; Вып. 12. 155 с.
- Chebanenko I.I., 1977. Theoretic aspects of the tectonic divisibility of the Earth's crust (Ukraine as an example). Kyiv, Naukova Dumka, 84 p. (In Russian).
 Чебаненко И.И. Теоретические аспекты тектонической делимости земной коры (на примере Украины). Киев: Наук. думка, 1977. 84 с.
- Carey S.W., 1982. Theories of the Earth and Universe. A history of dogma in the Earth Sciences. Stanford, California, Stanford Univ. Press, 414 p.
 Carey S.W. Theories of the Earth and Universe: A history of dogma in the Earth Sciences. Stanford, California: Stanford Univ. Press, 1982. 414 p.

Manuscript received September 27, 2019;
 revision accepted November 01, 2019

Державна установа «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України»; Київ, Україна

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ МЕТОДОЛОГИИ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ ВНУТРЕННЕЙ СТРУКТУРЫ ЗЕМЛИ ПО ДАННЫМ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ СХЕМОК

А.Т. Азимов

В статье с феноменологических позиций концептуально охарактеризованы пять основных (или фундаментальных) принципов, на которых базируется методология исследования особенностей строения земной коры на основе использования дистанционных аэрокосмических технологий. Главный (первый) принцип касается осознания процесса одновременного взаимодействия (парагенеза) физических сил противоположного направления. Это силы притяжения и отличные от них силы отталкивания. Второй принцип заключается в определении двух групп геологических движущих сил (внутренних и внешних) в возникновении и развитии структур литосферы. Третий принцип применения материалов аэрокосмических съемок в геологических целях базируется на позициях существования в литосфере наряду с пластическими (квазипластическими) – хрупких (квазихрупких) деформаций горных пород. Четвертый принцип утверждает существование активных процессов перманентно-прерывного энергообмена в природных геосистемах планеты, как проявлений особенностей существования и форм движения материи. Пятый принцип констатирует, что специфические современные ландшафты и свойственные им аномалии, будучи геоиндикаторами внутренней структуры геологического субстрата и связанных с ним энергообменных процессов, дифференцируются по спектральным характеристикам отраженного, рассеянного, поглощенного и эмитерного электромагнитного излучения в разных диапазонах волн. Как следствие, они распознаются по этим характеристикам, а также могут быть отраженными и распознанными на данных дистанционных аэрокосмических съемок. *Ключевые слова:* методология, земная кора, геологические движущие силы, дистанционное зондирование Земли, ландшафтные геоиндикаторы.