

УДК 550.83:551.241

© О.Т. Азімов, 2011

Науковий Центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України, м. Київ

ПРО ГЕОФІЗИЧНИЙ ВАРІАНТ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ З НАДР ЗЕМЛІ НА ЇЇ ПОВЕРХНЮ

У статті системно узагальнено і з феноменологічних позицій аналітично розглянуто теоретичні засади використання даних дистанційного зондування Землі у процесі дослідження особливостей структури земної кори. Наведено чотири групи нелінійних ефектів, які виникають у геологічному середовищі за взаємодії гірських порід, флюїдів, геофізичних і геохімічних полів. Проаналізовано “геофізичний” варіант передачі інформації із земних надр на поверхню.

Ключові слова: компоненти ландшафту, геоіндикаційна роль, геофізичні поля, ландшафтоутворювальні процеси.

Стан проблеми. Розвиток геології відбувається в напрямі все глибшого і повнішого пізнання нашої планети, процесів самоорганізації її речовини і створення різнорангових моделей геологічного розвитку середовища [1]. Першочергове завдання теоретичних досліджень полягає в установленні законів цього розвитку, тобто тих загальних, необхідних і суттєвих зв’язків між геологічними об’єктами та явищами, що зумовлюють їхні упорядковані зміни.

Згідно з [2], існує спеціальний закон підпорядкованості між базовими напрямками природознавства, послідовність яких вистроюється в такий ряд: математика–фізика–хімія–біологія–геологія. Причому під фізикою розуміють широку сферу пізнання, яка охоплює й астрофізику, з чим ми цілком погоджуємося. Цей ряд указує на зростання так би мовити “глибинності” зазначених дисциплін, одні з яких ніби лежать “на поверхні” або ж близько до неї, інші є “глибинними”. Останнім часом, розглядаючи положення геології не лише у природознавстві, але й в науці взагалі [3, 4], цей свого роду вертикальний ряд доповнюють ще двома ланками (“поверхнями”) “гуманітарного циклу” – соціологією і філософією. Таким чином, послідовність наук набуває такого вигляду: математика–фізика–хімія–біологія–соціологія–геологія–філософія.

Отже, закони геології відображають інтегральну взаємодію та взаємообумовленість законів математики, механіки, астрономії, фізики, хімії,

біології, філософії в широкому розумінні у природних геосистемах (і в геосферах загалом). Вони характеризують наявність тісних залежностей, взаємовідношення і взаємозв’язку між матерією літосфери, гідросфери, атмосфери, біосфери, яка ці сфери формує, космосом, а також між явищами і процесами, що в цих геосистемах відбуваються, включаючи взаємодію геофізичних полів і різноманітні фізико-хімічні реакції. Разом з тим розвиток цих процесів нерівномірний у часі й у просторі, що підтверджується наявністю широкого спектра, різноманітністю тектонічних структур сучасної Землі. З огляду на це, геологічні закони, за існуючої парадигми науки, сформульовані, за справедливим визначенням [5], недостатньо чітко (строго) і струнко. Їх можна сприймати на рівні робочих концепцій або гіпотез, які часто є альтернативними.

Закони в геології, які фактично в науках про Землю, за висловом В.І. Вернадського [6], є законами-тенденціями, здебільшого мають імовірнісний, статистичний характер, тобто їх не можна розглядати з детерміністських позицій [1]. Переважно вони виявляються лише за статистичного оброблення значного фактичного матеріалу саме як пануюча тенденція й неминуче містять велику кількість відхилень і навіть винятків. Зазвичай це є наслідком накладення, інтерференції різнорангових 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, між певними структурними елементами). Тому їх виділення, класифікація, а відповідно, й встановлення властивих їм особливостей будови і розвитку, що спираються на ті чи інші ідеалізовані абстрактні моделі, неминуче є дещо умовними і схематичними.

Повною мірою все вказане вище притаманне й теоретичним основам виявлення особливостей структури земної кори на підставі застосування дистанційних аерокосмічних технологій як складових комплексного геологорозвідувального процесу. Тому теоретична база як окремих дисциплін, так і методів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) потребує стрункого упорядкування, подальшого розвитку на принципі системності, що засвідчує зв’язок цієї задачі з **фундаментальними завданнями** сучасної науки.

Теоретичні погляди фахівців галузі щодо фізичної суті відображення глибоко похованих об’єктів літосфери в зовнішніх компонентах сучасного

ландшафту та щодо моделі формування відповідного корисного сигналу на матеріалах аерокосмічних зйомок (МАКЗ) часом суперечливі або неоднозначні [5, 7–46 та ін.]. За деяким винятком [11, 21, 23, 26–28, 30, 32, 37–39, 40, 46, 47 та ін.], специфіка фізико-хімічних перетворень, які відбуваються протягом цих процесів, донині здебільшого є непараметризованою. **Загалом це вказує на нерозв’язність зазначеної проблеми.**

Отже, узагальнивши здобутки визнаних науковців, ми *системно*, уникаючи, на наш погляд, еkleктичного їх синтезування та механічного поєднання, а також усвідомивши спільний діалектичний розвиток геосфер планети, наявність тісних залежностей між ними та їхніми компонентами, існування зв’язку їх з космосом, з феноменологічних позицій *проаналізуємо теоретичні основи використання дистанційних технологій* під час вивчення геологічних структур і процесів, *зосередившись на аспектах дії геофізичних полів на ландшафтоутворювальні процеси*, а також висловимо деякі свої міркування з цієї галузі знань, що і є **основним завданням статті**. При цьому врахуємо та, взаємодоповнюючи, логічно поєднаємо наукові результати, що отримані в останні роки провідними геологами і геофізиками, а також фахівцями суміжних сфер природознавства. Порівняно з попередніми нашими роботами стосовно поставленого завдання [48–51] **новизна цієї статті** полягає в опрацюванні й наведенні у списку літератури більшої кількості публікацій аерокосмогеологічного і геофізичного спрямування, у дещо розширеній характеристиці якісної геологічної інформативності головних компонентів ландшафту з демонстрацією прикладу їх відображення на космічному знімку, у представленні змістовного логічного виразу щодо композиції (комбінації) цих компонентів і виразу стосовно впливу геофізичних полів на формування специфіки ландшафту загалом, у викладенні відомих з літературних джерел результатів експериментальних досліджень з використанням супутникових спостережень стосовно зв’язків у системі літосфера–атмосфера–іоносфера, в аналізі дії магнітного поля на особливості розвитку одного з найвиразніших компонентів сучасного ландшафту для умов гумідних зон – рослинності. Вперше системно узагальнено і в табличній формі подано порівняльну якісну оцінку можливого впливу геофізичних полів на створення аномалій в будові компонентів ландшафту поверхні Землі.

Виклад основного матеріалу дослідження. Передумовою застосування матеріалів дистанційних зйомок (МДЗ) для вивчення струк-

тури земної кори, аналізу сучасних і новітніх геодинамічних процесів, що в ній відбуваються, є формування на земній/водній поверхні, а також в атмосфері (іоносфері¹) спектральних характеристик природних утворень у різних діапазонах електромагнітних хвиль – ультрафіолетовому, видимому, інфрачервоному, мікрохвильовому, радіочастотному [10, 11, 13, 16, 17, 20, 21, 29–32, 34, 35, 37–46, 51–58 та ін.]. Фундаментальною основою такого формування є феноменологічні процеси активного енергомасообміну (зокрема геодинамічні) у природних геосферах (геосистемах). Вони відбуваються між твердою, рідкою й газоподібною фазами геологічного середовища і навколосемної атмосфери та біотою, а також геофізичними полями, які їх характеризують [42, 43, 46, 50, 57, 59, 60 та ін.].

У ході різноманітних взаємодій гірських порід, флюїдів, геофізичних і геохімічних полів виникають незворотні процеси в геологічних середовищах, різні нелінійні ефекти. Серед них умовно виділяють [36] **чотири групи**, з чим автор цілком погоджується. Зокрема, ефекти *першої групи* пов’язані з нелінійними змінами характеристик природного або наведеного геофізичного поля при його поширенні у надрах.

Друга група являє собою ефекти трансформації одного виду фізичної енергії в інший. Це так звані перехресні ефекти: сейсмоелектричний, сейсмомагнітний, електросейсмічний (електрострикція), термоакустичний тощо. Вони є результатом взаємодії геофізичних полів між собою, яка супроводжується змінами ефективних геофізичних характеристик середовища (температуропровідності, електропровідності, магнітної проникності; очевидно також густини, пружності, теплопровідності, питомого опору, магнітної сприйнятливості, радіоактивності тощо).

Низка нелінійних ефектів, яка складає *третью групу*, виникає у процесі перетворення енергії геофізичних полів у енергію геохімічних реакцій. Це передусім механохімічні, електрохімічні та радіаційно-хімічні реакції, які лежать в основі багатьох геофізичних і геохімічних процесів у геологічному середовищі.

До *четвертої групи* належать ефекти незворотної зміни геологічної матерії під впливом інтенсивних або слабких, але тривалий час діючих геофізичних полів. Вони виникають зі зміною параметрів земних надр: структури порожнинного простору (пористості, тріщинуватості, кавернозності), характеру його насичення і фазового складу флюїдів-порозопов-

¹ Іоносфера (або термосфера) – частина верхньої атмосфери (починається на висоті 80–90 км і простягається до 800 км над поверхнею Землі), що сильно іонізується внаслідок опромінення космічними променями, які йдуть, насамперед, від Сонця.

нювачів у результаті дії на середовище механічних, електричних і теплових напружень. Під дією фізичних полів змінюються і такі важливі величини, як рН і Eh середовища.

Отже, усі компоненти земної кори, включаючи сучасну її поверхню і приповерхневу частину, взаємопов’язані різноманітними нелінійними енергетичними переходами, які визначають конкретний їх фізичний стан у кожній точці простору.

Розвиваючи погляди, викладені у праці [31], вважаємо, що в умовах геологічно “закритих” територій, які притаманні більшій частині України, на МДЗ **зовнішні компоненти ландшафту** (рельєф, гідрографічна мережа, літологічний склад поверхневих відкладів, ґрунтово-рослинний покрив, атмосфера тощо), а також результати сучасних екзогенних процесів і гідрометеорологічних явищ відображаються фізіономічніше порівняно з внутрішніми (геологічний субстрат² та ін.), які є прихованими. Однак саме внутрішні компоненти разом з ендегенними процесами (тектонічні рухи, магматизм, гідрогеологічні процеси, сукупність дії геофізичних полів, а також пов’язані з ними фізико-хімічні явища) великою мірою визначають характер просторового розподілу і специфіку розвитку зовнішніх компонентів, сучасного лику Землі загалом, який, таким чином, являє собою складну інтерференційну динамічну систему. Попри неоднозначність і до кінця нез’ясованість цих співвідношень, власне на вказаному природному взаємозв’язку і спільному діалектичному розвитку ґрунтується дослідження за МАКЗ зовнішніх компонентів ландшафту та елементів, що їх складають. У дистанційних методах вони є предметом досліджень як індицирувальні ознаки (*г е о і н д и к а т о р и*) структур земної кори, які, зі свого боку, є об’єктом вивчення.

Отже, загалом ландшафт поверхні Землі – це композиція (комбінація) його компонентів, яку формально можна записати як

$$L = \{(B \cdot Re), (C \cdot Hy), (D \cdot Se), (I \cdot Ve), (J \cdot At)\}, \quad (1)$$

де L – функція ландшафту загалом; характеристики: Re – рельєфу, Hy – гідрографічної мережі, Se – літологічного складу поверхневих відкладів

² Тут і далі ми, слідом за авторами праці [31], вважаємо: до **геологічного субстрату**, що є терміном вільного використання, належать літогенна основа і літоморфний субстрат. **Літогенна основа** вміщує всі підґрунтові утворення; зазвичай на платформах вона створена пухкими неоген-четвертинними і давнішими відкладами. **Літоморфний субстрат** представлений літифікованими породами. Рельєф геологічно “закритих” територій формується, як правило, з літогенної основи, а “похований” рельєф розвинутий на літоморфному субстраті.

(грунтів), V_e – рослинного покритву, A_t – атмосфери; B , C , D , I і J – вагові коефіцієнти.

Зокрема, в умовах акумулятивно-денудаційного *рельєфу*, як одному з найфізіономічніших компонентів ландшафту, прояв у його елементах неотектонічно активних структур переважно зумовлений характером тих змін, які викликали їхній ріст у рельєфі, а також визначається відмінністю у складі відкладів, що утворилися під час осадоагромадження. Адже при рельєфоутворенні в умовах одночасної дії екзогенних і ендегенних процесів підняття, які інтенсивно ростуть, на початку стадії денудації виражені у рельєфі у вигляді пагорбів або валів як поверхні нельодовикових акумулятивних рівнин. Це створює аномальні умови для прояву екзогенних процесів (як площових, так і лінійних), тим самим активізуючи їх. Виходить, що ці підвищення в першу чергу зазнають денудації.

Отже, над підняттям, що росте, формуються “острови” денудаційного рельєфу, які відображаються на даних ДЗЗ. Тектогенні підняття з денудаційним рельєфом відрізняються від первинно-акумулятивних нерівностей поверхні рівнини, яка зберігає ще екзогенно зумовлені схили [31, 59]. У разі швидкого росту підняття починає зазнавати інтенсивної ерозії, що приводить до його підвищеної розчленованості. Остання, яку називають морфометричним показником рельєфу, іноді проявляється у вигляді радіально-концентричного, концентричного або радіального рисунків.

Натомість низхідні новітні та сучасні рухи спричиняють утворення в рельєфі земної поверхні відносних западин, за гумідного клімату створюють сприятливі умови для заболочування території. Отже, пульсаційна активність структур, її “спливання” до земної поверхні визначають її гіпсометричний показник у сучасному рельєфі. Саме провідною роллю ендегенних чинників у рельєфоутворювальних процесах визначається потенційна можливість індикації особливостей будови земної кори, літосфери загалом у рельєфі земної поверхні. Глибинна структура територій індицирується в таких показниках і характеристиках рельєфу: морфографії, гіпсометрії, морфометрії, динаміці рельєфоутворення і рельєфоутворювальних процесах, у вікових співвідношеннях тощо [31, 34]. Ці показники вважаються головними індикаторами структур будь-яких ландшафтно-геологічних обстановок різних похованих територій. У конкретних умовах кожен з них може проявлятися з різною повнотою. Найчіткіша фіксація геологічних утворень в рельєфі пов’язується з проявом усіх показ-

ників. Геоіндикатори, які пов’язані з формами рельєфу, називаються **морфоіндикаторами**.

Наявність указаних вище тектогенних піднять є основним чинником впливу на розвиток геологічно високоінформативних **гідрографічної та ерозійної мереж**, які досить чітко простежуються за МДЗ. Їхні елементи, за винятком верхових боліт, освоюють, займають і утворюють лінійні понижені ділянки поверхні на денудаційній стадії формування рельєфу, виникнення яких часто зумовлене лінійною ерозією, тим самим підкреслюючи прояв підняття, що ростуть.

Гідромережа відображає найрізноманітніший спектр геолого-структурних даних [31, 59]: деформації осадового чохла і фундаменту та їхні взаємовідношення, форму, розміри і внутрішню будову різних тектонічних елементів, властивості геологічного субстрату, вертикальну подільність чохла, інтенсивність і знак (напрямок) новітніх і сучасних рухів земної кори, як вертикальних, так і горизонтальних.

Підвищенням горизонтальним розчленуванням рельєфу земної поверхні розрізняються території з певним **літологічним складом поверхневих** (для переважної частини платформних структур України – четвертинних) **відкладів**: вони складені пухкими дрібнозернистими утвореннями. Пухкі породи зазнають інтенсивнішої площової денудації. У разі просторового (латерального) чергування відкладів різного складу тут можуть виникати літологічно зумовлені нерівності рельєфу. Особливості в розповсюдженні, складі та структурі поверхневих відкладів (часто у комплексі разом з ними розглядаються й ґрунти) являють собою **літоіндикатори**.

Геологічні структури проявляються в характеристиках поверхневих відкладів: у латеральному поширенні генетичних типів порід, різних формаціях їхніх шарів, нерівномірному розподілі їх товщини, в особливостях змін їх літологічного і гранулометричного складу тощо [29, 34, 59, 61, 62]. За сприятливих умов відкритості на земній поверхні деякі з характеристик можна досить однозначно ототожнювати за сучасними МАКЗ.

Ареал поширення **ґрунтів**, які розвиваються на літогенній основі, переважно зумовлений особливостями рельєфу, сучасними екзогенними процесами і складом геологічного субстрату. Вплив останнього, з яким ґрунти і процеси ґрунтоутворення загалом особливо тісно пов’язані, проявляється в їх кольорі, механічному і хімічному складі, товщині. Всі ці

властивості поряд з вмістом гумусу, вологістю, мінеральним складом, наявністю розчинних солей і карбонатів визначають спектральні характеристики ґрунтового покриву, зокрема й на даних ДЗЗ [20, 31]. Значна увага при дешифруванні ґрунтів повинна приділятися також вивченню різних екзогенних геологічних процесів. Адже ґрунти, їхні типи хоча і є деципієнтним, підпорядкованим компонентом ландшафту, однак вони достатньо інертні до змін сучасними геологічними процесами (у зв’язку з господарською діяльністю людини).

Найяскравіше геоіндикаційна роль ґрунтів в умовах гумідних зон проявляється на ділянках відсутності рослинності. При цьому таку роль можуть відігравати як окремі властивості (вологість, гумусність, склад) точкових різновидів ґрунтів, які тяжіють до складових тектонічних структур, так і просторове розміщення елементів ґрунтового покриву на площі загалом.

У степовій зоні й лісостепу зростає індикаційна роль диференціації ґрунтів за їхньою гумусністю. Як відомо, у формуванні ґрунтового покриву вагому роль відіграє клімат, тому типи ґрунтів, які розвинуті в конкретних районах, переважно є зональними. Разом з тим дуже часто спостерігається розвиток інтразональних (або азональних, місцевих) ґрунтів (наприклад, болотних, солончакових і т. п.), що, вірогідніше всього, може бути викликано геологічними причинами [29, 34]. Інформативними в індикаційному відношенні можуть бути структури ґрунтових ареалів (гомогенна, гетерогенна), їх розміри, характер їхніх границь, коефіцієнт складності ґрунтового покриву тощо [63]. Як ознаки геологічних об’єктів можна використовувати структуру (дугоподібну, лінійну) орних земель.

Рослинність – один з найфізіономічніших компонентів ландшафту. З одного боку, на МДЗ вона (особливо лісова рослинність) завуальовує інформацію про особливості рельєфу земної поверхні, гідромережі, ґрунтів, оскільки стосовно них здебільшого є вторинною. Натомість її угруповання, асоціації, види та ареали їх поширення можуть мати індицирувальні властивості й є **геоботанічними** індикаторами територій. Адже рослинність чітко й активно реагує на умови, середовище свого місцезростання та їхні зміни, вибірково сприймає поживні речовини і гідрогеологічні особливості району. Виходить, що рослинний покрив указує на різні типи відкладів, підкреслює ступінь їх зволоження, розривні порушення і зони тріщинуватості, а через них – особливості будови структур геологічного субстрату [31, 59].

У різних районах геоботанічними індикаторами є: структура рослинного покриву, видовий склад, зімкнутість крон, бонітет, особливості просторового розподілу основних життєвих форм рослин (дерев, кущів, трав'яного покриву, лишайників, мохів тощо), форма росту, забарвлення листя. Ці ознаки часто розглядаються у поєднанні з особливостями ґрунтів, таким чином являючи ґрунтово-геоботанічні геоіндикатори. Останні тісно пов'язані й активно реагують на зміни умов, які викликані тектонічними рухами, найперше сучасними [64]. Так зміна гіпсометричного положення тієї чи іншої ділянки спричиняється до зміни рівня ґрунтових вод, їхнього сольового складу, прискорення розвитку або деградації ґрунтів, на що чуттєво реагує рослинність [10, 29, 34]. Важливе значення має використання ґрунтово-геоботанічних індикаторів у тих районах, де тектонічні рухи ще мало відобразилися в рельєфі та в районах з малою його контрастністю.

Численні *атмосферні явища* мають чітке відображення на даних ДЗЗ. Особливо це стосується хмарності, особливостей просторового розподілу її покриву. На утворення і динаміку останнього можуть впливати не лише зовнішні чинники Землі як планети, але і її внутрішні чинники. Поміж них найголовнішими вважають [35]: природну радіоактивність порід, еманування газів по лініях глибинної тектоніки, глибинні теплові потоки, підвищену зволоженість у межах тектонічних зон, вплив глибинних неоднорідностей і деформацій та зумовлених ними геофізичних полів (зокрема, електромагнітного, гравітаційного). Причому цей вплив пов'язаний із сумарною (синергетичною) дією перелічених (і, ймовірно, багатьох інших) чинників і явищ, які засвідчують активізацію глибинних процесів у літосфері, найперше в зонах розломів. Саме через останні в атмосферу надходять заряджені в електромагнітному полі аерозольні частинки, які є ядрами конденсації для подальшого утворення хмар (так звана тектонічна хмарність). Над розломами також відбувається й розпад хмарових структур. Тісний просторовий зв'язок розповсюдження хмарного покриву встановлюється не тільки з лінійними, а й з площовими геологічними структурами трансрегіонального і регіонального рангів [35, 65].

Суттєва морфологічна подібність атмосферних і літосферних структур загалом, що спостерігається, може відображати схожу динаміку руху мас у процесі їх формування [21]. Зв'язок між літосферою і зовнішніми оболонками простежується на усьому проміжку, починаючи від земної поверхні (береговий ефект у геомагнітних пульсаціях, збурення атмо-



Рис. 1. Район Оріхово-Павлоградської шовної зони і прилеглих територій Українського щита. Фрагмент комп'ютерно обробленої мозаїки сканерних багатозональних космічних знімків LANDSAT ETM+, отриманих улітку 2000 р. (7-й, середній інфрачервоний-2, канал, 2,09–2,35 мкм). Розпізнаються гідрографічна мережа і заболочені ділянки, що доповнюють і підкреслюють одна одну (LANDSAT–LAND Remote Sensing SATellite, серія супутників для дистанційного дослідження природних ресурсів Землі, США; ETM+ – Enhanced Thematic Mapper plus, удосконалений тематичний картограф <пристрій для отримання іконічних даних дистанційного зондування>)

сферного електричного потенціалу над розломами) до стратосфери³ (орографічний ефект, формування і розпад хмарових утворень над зонами великих розривних порушень) й іоносфери (береговий ефект у сіяннях, радіо-аврора над глибокими розломами, орографічні ефекти в іоносфері) [57].

Як видно, компоненти ландшафту земної поверхні, а також певною мірою особливості стану атмосфери і навіть іоносфери та магнітосфери взаємопов'язані між собою численними, досить складними, часом неоднозначними і багатоваріантними залежностями прямого і зворотного зв'язку. Просторово і радіометрично доповнюючи і підкреслюючи одні одних, вони синергетично підсилюють свою загальну індицирувальну роль у відображенні елементів будови земної кори, а інтегруючись, чіткіше проявляються на різноманітних МАКЗ [48–50, 56] (рис. 1).

Характеризуючи рушійні сили процесів ландшафтоутворення зазначимо, що вважають можливими [16] три взаємопов'язані **варіанти** (або чинники, фактори) **передачі інформації з глибин Землі на її поверх-**

³ Стратосфера – шар атмосфери Землі, що розташований на висоті від 11 до 50 км над її поверхнею.

ню і формування відповідних ландшафтів. Загалом їх можна сформулювати як передачу інформації: 1) внаслідок механічних (тектонічних) деформацій; 2) через геофлюїдодинамічні потоки; 3) завдяки геофізичним полям. За нашими оцінками [51], залежно від специфіки природно-геологічних умов територій ландшафтоутворювальна роль цих чинників співвідноситься (у %) як 60–70 / 20–30 / 5–10 відповідно.

Отже, особливості ландшафту будь-якої ділянки земної поверхні формуються під впливом цих чинників глобального, регіонального, зонального і локального масштабних рівнів. Звідси власне ландшафт можна подати як функцію від суми їхньої дії:

$$L = (K \cdot M + N \cdot F + O \cdot G), \quad (2)$$

де M, F, G – відповідно механічно-деформаційний, геофлюїдодинамічний і геофізичний чинники впливу загалом на формування ландшафту земної поверхні; K, N і O – вагові коефіцієнти.

Фактори глобального масштабного рівня характерні для дуже великих структурних елементів літосфери в межах материків й океанів (наприклад, для платформ, геосинклінальних поясів). Рушійні сили геологічних і ландшафтоутворювальних процесів **регіонального** порядку властиві для цілих геотектонічних структур. У межах зазначених платформ, наприклад, вони характерні окремо для щитів, плит, зон перикратонних опускань, масивів, а також для ієрархічно менш значних антеклиз, синеклиз, авлакогенів, а в межах геосинклінальних поясів – для геосинклінальних областей, систем. Чинники **зонального** рівня притаманні для відповідних утворень земної кори, що відрізняються різним тектонічним режимом у межах об’єктів регіонального рангу. Наприклад, у “тілі” платформ зазвичай це виражені в поверхні фундаменту й осадовому чохла склепіння, западини, а також вали, або ж групи / зони / ланцюжки подібних між собою локальних структур чохла, зокрема зони підняття або прогинів. Фактори **локального** порядку визначають особливості геологічного розвитку окремих локальних структур, їх елементів та найбільш прилеглих до них площ, а також специфіку формування в їх межах ландшафтів.

Нижче детальніше зупинимось на характеристиці третього, “**г е о - ф і з и ч н о г о**”, **варіанта** передачі інформації про глибинні структури на земну поверхню. Він **полягає у впливі, постійній дії на** екзогенні механізми **формування** особливостей сучасного **ландшафту** деяких

глибинних **неоднорідностей** літосфери і процесів взаємодії висхідного і низхідного неперервно-перервного енергомасообміну у природі. Зазначеним неоднорідностям і процесам, крім певних параметрів напружено-деформованого стану і геохімічних аномалій, **властиві** також специфічні **геофізичні поля**, особливі їх характеристики, або ж ці неоднорідності **зумовлюють** суттєві **аномальні зміни** (збурення) у структурі зазначених полів. Власне з постійною дією цих полів (гравітаційного, електромагнітного, електростатичного, пружних хвиль та інших фізичних полів Землі) тісно пов'язані ландшафтоутворювальні процеси, які розглядають у такому напрямі досліджень, як геофізика ландшафтів. Отже, третій варіант передавання відомостей про геоструктури глибокого закладання на земну поверхню можна назвати **г е о ф і з и ч н и м**.

Оскільки формування особливостей ландшафту будь-якої поверхні Землі відбувається під впливом геофізичного чинника глобального, регіонального, зонального і локального масштабних рівнів, подамо його у вигляді змістовного виразу:

$$G = aG_g + b(\Delta G)_r + c(\Delta G)_{zo} + d(\Delta G)_l, \quad (3)$$

де G_g – геофізичний чинник впливу на формування ландшафту земної поверхні глобального таксономічного рівня; $(\Delta G)_r$ – те саме регіонального порядку; $(\Delta G)_{zo}$ – те саме зонального рангу; $(\Delta G)_l$ – те саме локального масштабу; a, b, c і d – вагові коефіцієнти.

За певних просторово-часових змін у процесах енергомасообміну (зокрема локальних) у ході геологічної історії відбуваються відповідні зміни основних геофізичних параметрів середовища (густини, пружності, теплопровідності, електропровідності, магнітної сприйнятливості, радіоактивності, рН, Eh тощо), що зумовлює адекватні збурення вказаних фізичних полів Землі, а також деякі зміни і перерозподіл основних компонентів ландшафту. Реакція ландшафтоутворювальних процесів на локальні зміни фізичних полів на рівні земної поверхні приводить до виникнення локальних, іноді слабкопомітних аномалій у будові ландшафту або його компонентів. Ці аномалії зумовлюють відображення (“просвічування” [17, 66–68]) особливостей глибинної геологічної будови досліджуваного регіону на МДЗ. За певних умов вони можуть бути зафіксовані методами ДЗЗ.

Деякі поховані геологічні структури (тобто не успадковані у своєму тектонічному розвитку на етапі сучасного ландшафтоутворення, консолідовані до цього часу, так звані латентні [69]), до числа яких належать й

ті, що містять корисні копалини, також можуть індицируватися своєрідними компонентами ландшафту. Це спричинено існуванням на головних контурах указаних структур різноманітних гравітаційних [7] і, як показано в публікаціях [19, 23, 27], електромагнітних ефектів. У такому разі зі зростанням ступеня оглядовості й просторової генералізації, яка, відповідно, на МАКЗ приводить до геометричної та спектральної генералізації зображення ландшафту, поховані структури (здебільшого нижчих порядків) в особливостях будови останнього виявляються чіткіше.

Імовірно, що неоднорідності будови глибинних надр, які проявляються аномаліями геофізичних полів, впливають й на виникнення та еволюцію атмосферних утворень, які чітко відображуються на даних ДЗЗ. Адже в районах електромагнітних і гравітаційних аномалій відзначаються аномальні масо- і теплотоки, які здатні змінити баричне поле атмосфери, підвищена грозова активність тощо. Причому вказаний вплив стосується не лише великомасштабних явищ, таких як циклони, антициклони. Структури літосфери сприяють також утворенню і динаміці дрібномасштабніших хмарових асоціацій (зокрема, “хмарових лінеamentів” [35], “лінійних елементів хмарового покриву” [65]). Останні непогано відбивають ділянки, де різко змінюються орієнтування, знак або інтенсивність геофізичних аномалій. Інакше кажучи, якщо геофізичні поля взаємодіють на рівні планети та її оболонок, то вони взаємодіють і на рівні складових системи атмосферних явищ.

У контексті впливу фізичних полів Землі на формування і розвиток природних утворень її поверхні слід звертати увагу на те, що різні за генезисом поля відображають неспряжені у просторі геологічні об’єкти. Крім того, як зазначено в [70], у різних за походженням геофізичних полях відображаються різні за природою фізичні явища і процеси, які, у свою чергу, характеризують різні атрибутивні властивості та структурно-тектонічні особливості реального геологічного середовища.

Таким чином, аномалії *гравітаційного поля* зумовлені густинними неоднорідностями земної кори, літосфери загалом, які виникають як у процесі тектонічних рухів, що приводить до морфологічних змін різних рівневих поверхонь, так і внаслідок існування латеральної гетерогенної структури гірських порід. Останнє, зокрема, спричинено наявністю похованих літологічних тіл або консолідованих включень (органогенних побудов, ерозійних останців, палеоруслових відкладів, ефузивних масивів, соляних діапирів тощо) в розрізі осадового чохла, петрографічними різнови-

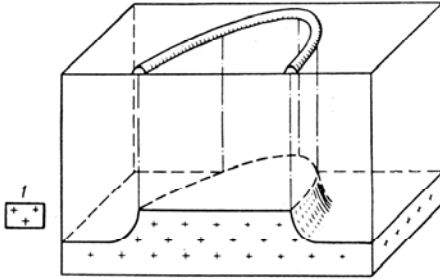


Рис. 2. Схема, яка пояснює механізм формування кільцевих та еліпсоподібних додатних форм рельєфу [7, 68]: 1 – породи, густина яких більша за густину відкладів, що залягають вище

дами порід кристалічного фундаменту. Отже, аномалії поля сили тяжіння, які відображають вказані особливості будови земної кори, є чинниками впливу на формування компонентів сучасного ландшафту (здебільшого рельєфу) через дефіцит (або надлишок) маси в геологічному розрізі (рис. 2) [7, 68].

На варіації гравітаційного поля реагують також, як зазначалося, постійні й змінні складові атмосферних процесів, які можуть добре виявлятися на МДЗ. Тобто аномалії (зміни) поля сили тяжіння приводять до змін масопотоків як у верхній частині земної кори, так і в атмосфері. Не виключено [35], що слабкі гравітаційні взаємодії є можливою причиною, яка визначає зв'язок геологічних і хмарових структур.

У гірських породах спостерігаються різні механоелектричні ефекти. Це спричинено їх деформаціями (п'єзоелектричний, електрокінетичний ефекти), електрохімічними процесами, що в них відбуваються, електризацією внаслідок їхнього тертя і руйнування, утворенням у них подвійних електричних шарів. У результаті прояву цих ефектів над геологічними структурами виникають аномалії *електричного* (електростатичного) поля. Варіації останнього певною мірою зумовлені також змінами гідродинамічного чинника, оскільки вода, що міститься в порах і тріщинах порід, є мінералізованою, тобто відіграє роль електроліту. У свою чергу, електростатичні аномалії, як зазначено у публікаціях [19, 23, 27], у певних ландшафтно-геологічних умовах є суттєвим чинником у процесі утворення таких елементів рельєфу земної поверхні, як акумулятивно-еолові форми. Адже вони складені піщаним матеріалом. Відомо [8], що процес перенесення останнього вітром супроводжується його електризацією.

Разом з тим коливання рівня капілярних і тріщинних вод у гірських породах приводять до змін густини останніх. Це означає, що в подібних

місцях можна очікувати змін параметрів локальних гравітаційних полів, швидкостей поширення пружних хвиль, радіоактивного випромінювання, теплопровідності порід.

Відзначено [36], що аномальні електричні й оптичні явища в атмосфері передують землетрусам. Вони виявляються у вигляді різного роду світіння неба, хмар, а також збурення електричного поля в атмосфері.

Ймовірно, на процес осадонагромадження поверхневих відкладів, на деяку літологічну їхню відмінність, що згодом зумовлювало особливості утворення форм рельєфу та елементів гідромережі сучасної земної поверхні, крім одночасної дії ендегенних і екзогенних чинників, певною мірою також впливала дія *магнітного* поля Землі, його регіональні й локальні неоднорідності, які пов'язані з внутрішньою структурою планети. Передусім це стосується тих елементів рельєфу, які у своїй основі складені тонкодисперсними різновидами порід (наприклад, лесами, суглинками). За вітрового перенесення просторовий розподіл на площі їхніх часточок, які мали феромагнітні властивості, багато в чому визначався специфічною геомагнітного поля, хоча такий погляд щодо наявності феромагнітних сполук у дисперсних глинистих системах може викликати заперечення. Виходить, що це питання потребує подальшого довивчення.

На магнітні властивості гірських порід впливає низка чинників, а саме: глибинне тепло надр, яке передається різними діапіровими структурами, механічне напруження і деформації, зміна мінерального складу порід під дією гідротермальних процесів і міграції різноманітних флюїдів (зокрема вуглеводневих), окисно-відновні умови середовища, існування електричних струмів електрокінетичного, концентраційного чи температурного генезису, гідродинамічні умови тощо. Так, варіації магнітних параметрів пухких відкладів під дією механічних напружень у першому наближенні пояснюють [22, 29] тим, що вони (наприклад, глинисті утворення) належать до високодисперсних феромагнітних систем, магнітні властивості яких суттєво залежать від взаємодії супермагнітних часточок за певних відстаней між ними. Значну роль при цьому може відігравати і величина стиснення пухких порід.

Магнітне поле може змінюватися через стрибкоподібний перехід в інший енергетичний стан природних викликаних доменів, сформованих у геологічному субстраті взаємною поляризацією його елементів [60]. У свою чергу, ця зміна утворює в одиничному об'ємі середовища, яке поляризується, вихрові струми. Останні ж розтрачують енергію на на-

грівання вмісних шарів, що може позначитися на зміні фізичних властивостей гірських порід, специфіці теплових аномалій.

Часто енерговиділення (зокрема, напередодні та у процесі розрядки тектонічних напружень, землетрусів, інших високоенергетичних явищ у земних надрах) супроводжується відповідними аномаліями в **полі пружних хвиль**, різноманітним акустичним випромінюванням. В атмосфері та іоносфері, наприклад, воно супроводжується інфразвуковими збуреннями⁴. Адаже взаємозв'язок між підсистемами в системі Земля–атмосфера–іоносфера–магнітосфера значною мірою здійснюється через акустичний канал.

Цей процес пояснюють тим, що надходження сейсмічної хвилі Релея (рух часток середовища в якій має вертикальну компоненту) формує в атмосфері акустичний сигнал (акустико-гравітаційні хвилі) [57]. Останні досягають іоносферних шарів, де взаємодія між нейтральними частинками і плазмою (шляхом зштовхування частинок) призводить до збурення електронної щільності, тим самим забезпечуючи літосферно-іоносферний зв'язок. Оскільки щільність атмосфери експоненціально зменшується з висотою, збереження енергії збурення призводить до того, що амплітуда хвилі росте в міру її розповсюдження вверх. Для поверхневого джерела коефіцієнт підсилення досягає 10^4 на іоносферних висотах. Це дозволяє зрозуміти, чому в іоносфері можна зареєструвати атмосферні збурення, які ледь розрізняються на фоні атмосферних шумів у приземному шарі.

Так, при прольоті штучно (з поверхні Землі) збуреної області іоносфери супутниковими спостереженнями в ході експериментів виявлені резонансні структури спектра в діапазоні 1–10 Гц [44]. Установлено також [45], що акустичний вплив, як правило, супроводжується змінами характеру флуктуацій геомагнітного поля ($f = 10^{-3}$ –1 Гц).

Переконливі результати стосовно зв'язків у системі літосфера–атмосфера–іоносфера отримані у рамках експерименту МАССА (магнітосферно-атмосферні зв'язки при сейсмоакустичних явищах), зокрема з супутника “Ореол-3” (радянсько-французький проект АРКАД-3) для накладеного вибуху заряду вагою ~260 т тринітротолуолу, проведеного 28.11.1981 р. об 02:31:00 UT (місцевий час – 08:31:00 LT) поблизу м. Алмата (координати 43°48'N, 76°51'E). Було зареєстровано такі відгуки верхньої іоносфери (вище максимуму шару F⁵). Супутник перетнув силову

⁴ Частотний діапазон інфразвуку становить 0,001–16 Гц.

⁵ Іоносферний шар F розташований на висоті 200–300 км над поверхнею Землі.

трубку вибуху на висоті 820 км через 403 с після власне вибуху. Виявлено добре помітний ріст рівня шумів поблизу трубки (на відстані ± 200 км) у діапазоні частот 0,1–1 кГц, особливо за поздовжньою компонентою E_z . Магнітна компонента у цих вимірах була незначною. Зміни в діапазоні 4,5–15 кГц також показали помітне підвищення інтенсивності шумів на цій ділянці траєкторії, причому поляризація електричних коливань на частоті 15 кГц була поперечною, а магнітна компонента також малою [57].

Водночас при підльоті до силової трубки вибуху (на відстані близько 700 км від неї) і через 298 с після вибуху бортовим магнітометром супутника “Ореол-3” була зареєстрована значна магнітна варіація. Її особливістю є різкий сплеск магнітного поля тривалістю 0,08с, що мав компоненти $\Delta B_x = -25$ нТл, $\Delta B_y = -114$ нТл, $\Delta B_z = 0 \pm 5$ нТл ($|\Delta B| = 117$ нТл з майже точним напрямком на захід). Цей магнітний імпульс супроводжувався імпульсом електричного поля з компонентами $\Delta E_x = 97,7$ мВ/м, $\Delta E_y = 26,4$ мВ/м, $\Delta E_z = 0 \pm 5$ мВ/м ($|\Delta E| = 101,2$ мВ/м з майже точним напрямком на північ) [57].

Акустичний вплив на іоносферу з допомогою вибухів призводить не лише до короткоживучих дрібномасштабних неоднорідностей, але й до порівняно довгоживучих великомасштабних збурень. Про це, зокрема, свідчать експерименти, що проведені на Кольському півострові на трасі Мурманськ–Санкт-Петербург з вивчення впливу вибухів на розповсюдження супердовгих хвиль (частоти порядку 100 Гц) методом радіотографії. Ці експерименти показали, що поствибухові ефекти виражаються у сильній амплітудній модуляції радіохвилі з періодом порядку 0,5 год, що триває 1–2 год. [57].

Вплив розглянутих фізичних полів Землі на розвиток такого фізіологічного компонента ландшафту, як *рослинність*, на характер біофізичних і біохімічних реакцій, які в ній проходять, на особливості спектрів її відображення вивчені ще дуже мало. Отож, окреслюються нові обрії й перспективи досліджень в цьому напрямі комплексу наук.

Разом з тим вивчення гетерогенних систем показало [71], що дія вектора напруженості постійного магнітного поля (ПМП) на ці системи виявляється в реакції всіх складових рослинного об'єкта на зміну напрямку, модуля і градієнта напруженості поля. Також під дією цих чинників відбувається зміна мікроелементів *грунту*. Розглядаючи природу цих реакцій, зазначимо, що за результатами теоретико-експериментальних розробок останніх років, стисло узагальнених у [72], відомо, що

електромагнітне поле здатне проникати у тканини рослин і впливати на перебіг фізико-хімічних процесів, який змінюється під дією не лише світла і тепла, а й іншого електромагнітного випромінювання. Дійсно, всі процеси, які підтримують життєдіяльність рослинних організмів, ґрунтуються на електриці (наприклад, окисно-відновні процеси на мембранах). Якщо, зокрема, у гетерогенної структури немає або дуже слабкий власний магнетизм, то реакція на зміни зовнішнього магнітного поля все ж таки повинна відбуватися. Будучи своєрідним провідним контуром, гетерогенна структура і рослинний об’єкт (нижчі рослини, дерева) відчують зміни в зовнішньому магнітному полі, але питання про механізм передавання подібної інформації й про відгук регуляторних систем залишається не вирішеним. Проте дослідженнями встановлено, що ефективними виявляються слабкі поля, саме на їх зміни активніше реагують рослинні організми.

Зокрема, дія слабого ПМП (порядку 0,01 напруженості геомагнітного поля) виявляється в реакції рослинного об’єкта на напрям поля, модуль його напруженості й градієнт. Реакції на напрям поля проявляються орієнтаційними рухами дерев або їх частин або зміною темпів фізіологічних і біохімічних процесів. На сьогодні невідомі біофізичні механізми, що визначають чутливість рослинного об’єкта до слабого ПМП, зокрема магнітного поля Землі. Принаймні магнітосоми в деревах, чутливих до ПМП, поки не знайдені. Фізіологічний сенс орієнтаційних реакцій у дерев неясний. Істотним моментом, який визначає чутливість дерева до ПМП, є сезонність його змін. Це може бути пов’язано з інтенсифікацією фізіологічних процесів, у ході яких виникають магніточутливі конгломерати, або з періодичною зміною електромагнітного фону, що, можливо, є необхідною складовою механізму сприйняття ПМП деревами.

Другим моментом, який привертає увагу при дослідженні реакції дерев на слабке ПМП, є можливість заміни у фотоперіодично чутливих дерев слабого додаткового світлового потоку в умовах критичної довжини дня слабким горизонтально орієнтованим магнітним полем, що свідчить не лише про наявність у них рецепторів цього поля, а й можливу фотохімічну природу цих рецепторів.

Третій момент, який зафіксовано на стику біофізичних і фізіологічних механізмів сприйняття ПМП, – індивідуальність реакції на сприйняття напрямку поля в одновидових популяціях деяких дерев. Це виявляється в існуванні у рослинних об’єктів магнітофізіологічних типів (зокрема, ос-

новних магнітоорієнтаційних типів) за характером орієнтації кореневої системи в ґрунті, що відрізняються один від одного темпами розвитку реакції на подразники, кількісними співвідношеннями в біохімічному складі й іноді доведеною генетичною зумовленістю орієнтаційної реакції. Зрозуміло, що наявність таких типів у природних популяціях збільшує їх стійкість до спонтанних короточасних несприятливих чинників середовища. Проте неясними залишаються особливості зв'язку між темпами реактивності та магнітоорієнтаційними реакціями.

Підсумовуючи викладене, відзначимо, що під дією магнітного поля слабкої інтенсивності (можливо, зумовленого характером геологічної будови тієї чи іншої ділянки, наявністю в її межах покладу якихось корисних копалин) відбувається корекція розвитку та орієнтації рослинних об'єктів у їх природному середовищі.

Поряд з відносно стабільними в часі локальними аномаліями геофізичних полів, що розглядаються нами, над найослабленішими і тому енергопроникними зонами літосфери існує явище аномальної періодичної динаміки цих локальних полів, що є наслідком періодичної зміни електромагнітних та інших фізичних властивостей гірських порід, які складають ці зони. Цей процес супроводжується, зокрема, ефектом аномальної добової їхньої динаміки, природу якого пов'язують з поляризаційними явищами [60, 73]. Причиною всього цього є те, що Земля являє собою відкрити систему, яка періодично протягом доби зазнає зовнішніх фізичних впливів планетарного масштабу (сонячна радіація, атмосферний тиск, атмосферна електрика, гравітаційна дія Місяця і Сонця тощо). У результаті крім зміни параметрів геофізичних полів встановлені також [73, 74] аномальні добові пульсації всіх видів геохімічних ореолів – літогеохімічних, гідрогеохімічних, атмохімічних, пов'язаних з добовою динамікою перенесення рухливих форм хімічних елементів в енергоактивних зонах Землі. Передбачають [60] й добову динаміку біогеохімічних ореолів, оскільки рослини в цих зонах отримують періодичне протягом доби живлення мінеральними солями, які добувають з водних розчинів. Це приводить до періодичного накопичення мікроелементів у тканинах рослин, склад і кількісні взаємовідносини яких можуть визначатися не лише особливостями субстрату, що живить, а й фактором добового часу.

Отже, добовий колообіг різних видів енергії, що здійснюється через енергоактивні зони в системі космос–Земля, є рушійною силою взаємопов'язаних, взаємозумовлених, рівномасштабних у часі й у просторі ди-

намічних геофізичних і геохімічних, геологічних та біологічних явищ, підпорядкованих добовому та, напевно, іншим за тривалістю ритмам. На наш погляд, одним з численних проявів цих явищ є наявність так званих мерехтливих кільцевих структур, інших утворень, що дешифруються лише на певних МДЗ, які, очевидно, зроблені в періоди найбільшої енергетичної активності проникних зон. Разом з тим урахування цих “блимаючих” об’єктів при аерокосмогеологічних дослідженнях має велике геологопошукове значення.

З урахуванням викладеного вплив геофізичного чинника на формування особливостей ландшафту земної поверхні можна виразити як значущу функцію від суперпозиції різних геофізичних полів:

$$\begin{aligned}
 G = & f\{\alpha g + \beta(\Delta g)_r + \gamma(\Delta g)_{zo} + \delta(\Delta g)_l\} + \\
 & + h\{\varepsilon El_g + \zeta(\Delta El)_r + \eta(\Delta El)_{zo} + \theta(\Delta El)_l\} + \\
 & + m\{\iota T_g + \kappa(\Delta T)_r + \mu(\Delta T)_{zo} + \nu(\Delta T)_l\} + \\
 & + n\{\xi \cdot V_g + o(\Delta V)_r + \pi(\Delta V)_{zo} + \rho(\Delta V)_l\},
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

де g, El_g, T_g, V_g – відповідно вплив гравітаційного, електричного (електростатичного), магнітного і сейсмоакустичного полів глобального масштабного рангу; $(\Delta g)_r, (\Delta El)_r, (\Delta T)_r, (\Delta V)_r$ – те саме регіонального порядку; $(\Delta g)_{zo}, (\Delta El)_{zo}, (\Delta T)_{zo}, (\Delta V)_{zo}$ – те саме зонального рівня; $(\Delta g)_l, (\Delta El)_l, (\Delta T)_l, (\Delta V)_l$ – те саме локального масштабу; $f, h, m, n, \alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon, \zeta, \eta, \theta, \iota, \kappa, \mu, \nu, \xi, o, \pi, \rho$ – вагові коефіцієнти.

Описану вище оцінку ступеня можливого впливу різних геофізичних полів на формування аномалій у структурі компонентів сучасного ландшафту земної поверхні узагальнено і подано в таблиці. При цьому охарактеризовано вплив теплового поля і поля радіоактивного розпаду, які взагалі, згідно з наведеною класифікацією за [16], відповідають геотермогеохімічному варіанту передавання інформації з надр Землі на її поверхню.

Отже, постійна дія геофізичних полів та їхніх змін (аномалій) також зумовлює певні відмінності в особливостях рис земної поверхні, спричиняє виникнення ландшафтних, атмосферних та іоносферних аномалій, що зрештою й відображається на даних ДЗЗ [42, 43, 48–51, 75 та ін.]. У цьому контексті потрібно мати на увазі, що різні за природою геофізичні поля відображають часто не поєднані у просторі геологічні утворення.

Порівняльна якісна оцінка можливого впливу геофізичних полів на формування аномалій в будові компонентів ландшафту земної поверхні

Компоненти	Геофізичні поля					
	граві- таційне	електрич- не (електро- статичне)	магнітне	пружних хвиль	теплове	радіоак- тивного розпаду
Рельєф	+++	++	+	+	++	?
Гідрографічна та ерозійна мережі	++	+	+	+	++	?
Літологічний склад поверхневих відкладів (грунтів)	+	++	+	+	+	+
Рослинний покрив	?	?	+	?	+	+
Атмосферні (іоносферні) явища і процеси	+	++	++	++	+	?

Примітка. Вплив фізичних полів Землі на формування аномалій в будові компонентів ландшафту земної поверхні та атмосфери (іоносфери): (+) – незначний, (++) – середній, (+++) – істотний, (?) – маловивчений.

Крім того, як указано в [70], різні за генезисом фізичні поля Землі відбивають відмінні за походженням фізичні явища та процеси, які, зі свого боку, притаманні різним атрибутивним властивостям і структурно-тектонічним характеристикам реально існуючого геологічного субстрату.

У розглянутому “геофізичному” варіанті передачі інформації з глибоких земних надр аномалії, що виникають у ландшафті, можуть характеризувати як молоді, так і давні поховані структури.

Висновки й перспективи подальших розвідок. Процеси взаємодії висхідного і низхідного неперервно–перервного енергомасообміну в природі зумовлюють розвиток відповідних ландшафтів (або їх компонентів) у структурі поверхонь дослідження (передусім земної), формування аномалій, включаючи геохімічні, в їхній будові, а також аномалій геофізичних полів. У свою чергу, це приводить до утворення відповідних аномалій у спектрах відбиття від земної/водної поверхні, які й реєструються засобами ДЗЗ.

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, властивості фізико-хімічних процесів, що при цьому відбуваються, досі переважно залишаються непараметризованими. Загальновизнані три взаємопов’язані варіанти передачі інформації із земних надр на поверхню, один з них – через геофізичні поля. Ці поля є важливими чинниками ландшафтоутворювальних процесів, в яких геофізичному чиннику належить 5–10 % інтегральної дії сукупності всіх природних чинників (залежно від особливостей території).

Геологічні об’єкти в компонентах ландшафту земної поверхні індицируються численними ознаками різних груп, які, синергетично доповнюючи і підсилюючи одна одну у просторі та в радіометричному полі МДЗ, у сукупності чіткіше і надійніше відображають ці геологічні утворення. Саме на існуючому природному взаємозв’язку і спільному діалектичному розвитку геологічного субстрату і ландшафту поверхні Землі загалом ґрунтується застосування дистанційних аерокосмогеологічних методів досліджень особливостей структури земної кори.

Головні *перспективи подальших розвідок* у напрямі вдосконалення теоретичних основ “геофізичного” варіанта передавання інформації з глибин Землі на її поверхню передусім вбачаються в коректній розробці кількісних оцінок процесів, що відбуваються. Причому аналізу потребує дія як окремо взятого фізичного поля, так й інтегральний вплив різних полів, поєднаних в єдиній системі.

1. Хаин В.Е., Рябухин А.Г. История и методология геологических наук: учебник. – [2-е изд., доп. и перераб.]. – М.: Изд-во МГУ, 2004. – 320 с.
2. Carey S.W. Theories of the Earth and Universe: A history of dogma in the Earth Sciences. – Stanford, 1982. – 414 p.
3. Кулінкович А.С., Якимчук М.А. Геоінформатика: історія становлення, предмет, метод, задачі (сучасна точка зору). Ст. II // Геоінформатика. – 2002. – № 2. – С. 5–19.

4. Кулинкович А.Е., Якимчук Н.А. Проблемы геоинформатики. Ч. 2. – Киев: ЦММ ИГН НАН Украины, 2003. – 137 с.
5. Радзівілл А.Я. До використання основ тектоорогенії в формуванні напрямів аерокосмічних досліджень земної кори // Тектоніка і стратиграфія – 2005. – Вип. 34. – С. 9–14.
6. Вернадский В.И. Избранные труды по истории науки. – М.: Наука, 1981. – 360 с.
7. Гридин В.И. Некоторые вопросы теоретического обоснования аэрогеологического и морфометрического методов // Стратиграфия, литология и полезные ископаемые БССР. – Минск: Наука и техника, 1966. – С. 221–233.
8. Аристархова Л.Б. Процессы аридного рельефообразования. – М.: Изд. МГУ, 1971. – 176 с.
9. Мирошниченко В.П., Березкина Л.И., Леонтьева Е.В., Толчельников Ю.С. Ландшафтный метод дешифрирования проявлений новейшей и современной тектоники для поисков погребенных нефтегазоносных структур. – Л.: Наука, 1971. – 115 с.
10. Гонин Г.Б., Стрельников С.И., Яковлев Н.А. и др. Космическая фотосъемка и геологические исследования. – Л.: Недра, 1975. – 416 с.
11. Лялько В.І., Митник М.М. Дистанційні геотермічні розшуки корисних копалин // Геол. журн. – 1975. – **35**, № 6. – С. 27–45.
12. Трифонов В.Г., Макаров В.И., Деревянко О.С. и др. Геологическое изучение Земли из космоса. – М.: Наука, 1978. – 227 с. – (Тр. / АН СССР. Геол. ин-т; Вып. 317).
13. Лялько В.И. О возможности дистанционных геохимических поисков некоторых полезных ископаемых на основе лидарной спектроскопии // Геол. журн. – 1979. – **39**, № 5. – С. 19–25.
14. Садов А.В., Ревзон А.Л. Аэрокосмические методы в гидрогеологии и инженерной геологии. – М.: Недра, 1979. – 223 с.
15. Викторов С.В., Садов А.В., Гельман Р.Н. и др. Аэроландшафтно-индикационные методы при региональных инженерно-геологических исследованиях. – М.: Недра, 1981. – 203 с.
16. Макаров В.И. Линеаменты (проблемы и направления исследований с помощью аэрокосмических средств и методов) // Исслед. Земли из космоса. – 1981. – № 4. – С. 109–115.
17. Макаров В.И. Некоторые проблемы и перспективы развития космических методов геологических исследований // Изв. вузов. Геология и разведка. – 1981. – № 3. – С. 41–45.
18. Розанов Л.Н. Динамика формирования тектонических структур платформенных областей. – Л.: Недра, 1981. – 140 с.
19. Пазинич В.Г. Структурно-геологическая интерпретация результатов геоморфологических исследований при поисках нефтегазоносных структур в пределах аккумулятивных равнин (на примере Припятской впадины) // Вопросы изучения нефтегазоносности недр: Сб. науч. тр. – М.: ИГиРГИ, 1982. – С. 117–120.
20. Розанов Л.Н. Геодинамический подход к дешифрированию космоснимков при решении задач нефтегазовой геологии // Геология нефти и газа. – 1982. – № 6. – С. 39–42.
21. Космическая информация в геологии / Отв. ред. В.Г. Трифонов и др. – М.: Наука, 1983. – 536 с.
22. Ларионов В.А. О связи локальных изменений геомагнитного поля с деформациями поверхности Земли // Современные движения и деформации земной коры на геодинамических полигонах. – М.: Наука, 1983. – С. 142–143.

23. *Пазинич В.Г.* Некоторые особенности формирования и размещения аккумулятивных эоловых форм рельефа Полесья // Физ. география и геоморфология. – 1983. – Вып. 29. – С. 101–106.
24. *Можаяв Б.Н., Афанасьев Н.Ф., Астахов В.И. и др.* Геоиндикационное моделирование (с использованием материалов аэро- и космических съемок). – Л.: Недра, 1984. – 247 с.
25. *Готынян В.С.* Теоретические предпосылки дистанционных исследований при изучении геологического строения нефтегазоносных территорий // Дистанционные исследования при нефтегазопроисковых работах. – М.: ИГиРГИ, 1985. – С. 3–10.
26. *Лялько В.И.* Тепломассоперенос в литосфере (Теоретические и прикладные аспекты). – Киев: Наук. думка, 1985. – 260 с.
27. *Пазинич В.Г.* Морфоструктурный анализ аккумулятивного эолового рельефа при нефтегазопроисковых работах // Дистанционные исследования при нефтепроисковых работах. – М.: ИГиРГИ, 1985. – С. 11–18.
28. *Лялько В.И., Митник М.М.* Тепломассоперенос в геологических процессах // Геол. журн. – 1986. – 46, № 6. – С. 80–88.
29. *Готынян В.С., Кострюков М.И., Лаврусь В.П. и др.* Временные методические рекомендации по аэрокосмогеологическим исследованиям и использование их при нефтегазопроисковых работах. – М.: ИГиРГИ, 1987. – 158 с.
30. *Жуков Б.С.* Физические основы дистанционного зондирования // Итоги науки и техники. Сер. Исследование Земли из космоса. Т. 1. Физические основы, методы и средства исследований Земли из космоса. – М.: ВИНТИ АН СССР, 1987. – С. 6–78.
31. *Аэрокосмические* исследования на региональном этапе геологоразведочных работ на нефть и газ / Сост. Д.М. Трофимов, Л.П. Полканова. – М.: Недра, 1988. – 160 с.
32. *Лялько В.И., Вульфсон Л.Д.* О возможности применения дистанционной ИК-съемки для выявления раскрытости глубинных разломов // Геол. журн. – 1988. – № 3. – С. 71–75.
33. *Михайлов А.Е., Шериуков В.В., Успенский Е.П. и др.* Лабораторные работы по структурной геологии, геокартированию и дистанционным методам. – М.: Недра, 1988. – 198 с.
34. *Чебаненко И.И., Готынян В.С., Жиловский Н.И. и др.* Глубинные разломы и методика аэрокосмогеологических исследований при нефтегазопроисковых работах в Днепровско-Припятском авлакогене: Препр. / АН УССР. Ин-т геол. наук; 88–31 / . – Киев, 1988. – 55 с.
35. *Бабенко В.И., Быстревская С.С.* Применение космической информации для исследования связи облачного покрова с глубинными геологическими структурами (на примере юго-западной части Восточно-Европейской платформы): Препр. / АН УССР. ИГФМ; 89 / . – Киев, 1989. – 48 с.
36. *Кузнецов О.Л., Симкин Э.М.* Преобразование и взаимодействие геофизических полей в литосфере. – М.: Недра, 1990. – 269 с.
37. *Лялько В.И., Вульфсон Л.Д., Жарый В.Ю. и др.* Аэрокосмические методы в геоэкологии. – Киев: Наук. думка, 1992. – 206 с.
38. *Перерва В.М., Лялько В.И., Архипов А.И. и др.* Прямой поиск залежей нефти и газа дистанционными методами (предварительный опыт, перспективы развития): Препр. / НАН Украины. Ин-т геол. наук; 95 / . – Киев, 1995. – 83 с.

39. *Нові методи в аерокосмічному землезнавстві: Метод. посібник по тематичній інтерпретації матеріалів аерокосмічних зйомок / Відп. ред. В.І. Лялько.* – К.: ЦАКДЗ ІГН НАН України, 1999. – 263 с.
40. *Довгий С.О., Лялько В.І., Трофимчук О.М. та ін.* Інформатизація аерокосмічного землезнавства. – К.: Наук. думка, 2001. – 607 с.
41. *Серокуров Ю.Н., Калмыков В.Д., Зуев В.М.* Космические методы при прогнозе и поисках месторождений алмазов. – М.: ООО “Недра-Бизнесцентр”, 2001. – 198 с.
42. *Азімов О.Т.* Теоретико-методичні засади дослідження структури геологічно похованих територій дистанційними методами // Тези доп. IV Міжнар. наук. конф. “Моніторинг небезпечних геологічних процесів та екологічного стану середовища” (м. Київ, 9–11 жовт. 2003 р.). – К.: Вид-во геогр. літ. “Обрій”, 2003. – С. 88–90.
43. *Азімов О.Т.* Теоретико-методичні аспекти використання дистанційних аерокосмічних методів при вивченні геодинамічних процесів // Вісн. Київ. нац. ун-ту ім. Т. Шевченка. Геологія. – 2004. – Вип. 29–30. – С. 88–93.
44. *Каліта Б.І., Каратаєва Л.М., Мезенцев В.П. та ін.* Активні акустичні експерименти з супутником DEMETER // Сб. тез. Шестой укр. конф. по космическим исследованиям (г. Евпатория, 3–10 сент. 2006 г., НЦУИКС). – Киев: ИКИ НАН Украины-НКАУ, 2006. – С. 36.
45. *Гармаш К.П., Емельянов Л.Я., Каліта Б.И. и др.* Комплексные наблюдения динамических процессов в атмосферно-ионосферно-магнитосферной системе, сопровождавших акустическое воздействие на приземную атмосферу. VI. Основные результаты // Там же. – С. 74.
46. *Лялько В.І., Федоровський О.Д., Попов М.О. та ін.* Багатоспектральні методи дистанційного зондування Землі в задачах природокористування. – К.: Наук. думка, 2006. – 358 с.
47. *Федорин Я.В.* Модель эволюции ранней Земли. – Киев: Наук. думка, 1991. – 112 с.
48. *Азімов О.Т.* До питання про геофізичний варіант передачі інформації з земних надр на денну поверхню // Матеріали VIII Міжнар. наук. конф. “Моніторинг небезпечних геологічних процесів та екологічного стану середовища” (м. Київ, 20–23 верес. 2007 р.). – К.: УкрДГРІ, 2007. – С. 166–168.
49. *Азімов О.Т.* Теоретичні аспекти “геофізичного” варіанта передачі інформації з глибин Землі на поверхню // Вісн. Київ. нац. ун-ту ім. Т. Шевченка. Геологія. – 2007. – Вип. 41–42. – С. 119–122.
50. *Азімов О.Т.* Аналітичний огляд аерокосмічних методів вивчення геологічних структур і процесів. Ст. 2. Теоретичні основи виявлення особливостей будови земної кори за матеріалами дистанційних зйомок // Зб. наук. праць УкрДГРІ. – 2007. – № 2. – С. 250–260.
51. *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” / ІГН НАН України. – Держ. облік. № 0509U000102. – К., 2008. – 485 с.
52. *Петрусевич М.Н.* Аэрометоды при геологических исследованиях. – М.: Госгеолгиздат, 1962. – 408 с.
53. *Deroin J.-P., Motti E., Simonin A.* A comparison of the potential for using optical and SAR data for geological mapping in an arid region: the Atar site, Western Sahara, Mauritania // Int. J. Remote Sensing. – 1998. – 19, N 6. –P. 1115–1132.

54. *Аэрокосмические методы геологических исследований* / Под ред. А.В. Перцова. – СПб.: Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ, 2000. – 316 с.
55. *Бусыгин Б.С., Никулин С.Л., Бойко В.А.* ГИС-технология поисков золота в Западном Узбекистане // *Геоинформатика*. – 2006. – № 1. – С. 44–49.
56. *Азімов О.Т.* Аналітичний огляд аерокосмічних методів вивчення геологічних структур і процесів. Ст. 3. Характеристика напрямів тематичного дешифрування матеріалів дистанційних зйомок // *Зб. наук. праць УкрДГРІ – К.*, 2007. – № 3. – С. 124–136.
57. *Гохберг М.Б., Шалимов С.Л.* Воздействие землетрясений и взрывов на ионосферу / Отв. ред. А.О. Глико; Ин-т физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН. – М.: Наука, 2008. – 295 с.
58. *Аерокосмічні дослідження геологічного середовища: Наук.-метод. посіб.* / А.Г. Мишак, В.Є. Філіпович, В.Л. Приходько та ін. – К.: Мінприроди України, Держгеол-служба, 2010. – 246 с.
59. *Press F., Siever R.* Earth. Fourth ed. – New York: W.H. Freeman and Co., 1986. – 656 p.
60. *Баласанян С.Ю.* Динамическая геоэлектрика. – Новосибирск: Наука, 1990. – 232 с.
61. *Николаенко Б.А., Тимофеев В.М.* О приуроченности некоторых аккумулятивных форм рельефа Житомирского Полесья к разломам кристаллического щита // *Современные экзогенные процессы (VII Пленум Геоморфол. комиссии при Отд-нии наук о Земле АН СССР): Тез. докл.* – Ч. 2. – Киев, 1968. – С. 193–194.
62. *Radulov A., Yaneva M.* Rapture model in a relay ramp – Chirpan fault, Southern Bulgaria // *Докл. БАН*. – 2006. – 59, N 7. – P. 749–756.
63. *Белобров В.П., Фридланд В.М.* Опыт количественной характеристики морфологии элементарных почвенных ареалов и сложности почвенного покрова // *Закономерности пространственного варьирования свойств почв и информационно-статистические методы их изучения*. – М.: Наука, 1970. – С. 15–26.
64. *Анненская Г.Н.* Факторы формирования морфологической структуры пойменных ландшафтов // *Вопросы географии*. – М.: Мысль, 1982. – Сб. 121: Ландшафтоведение: теория и практика. – С. 44–55.
65. *Демидюк Ю.Н., Потапчук И.С.* Использование линейных элементов облачного покрова для выделения глубинных геоструктур Азово-Черноморского бассейна (по данным дешифрирования космических фотоснимков ИСЗ “Метеор”) // *Геол. журн.* – 1985. – 45, № 5. – С. 134–137.
66. *Брюханов В.Н.* Космические методы в системе геологического изучения нефтегазоносных областей // *Изв. вузов. Геология и разведка*. – 1981. – № 1. – С. 3–6.
67. *Амурский Г.И., Соловьев Н.Н.* Кольцевые фотоаномалии – предвестники антиклинальных структур // *Сов. геология*. – 1982. – № 9. – С. 36–43.
68. *Гридин В.И., Гак Е.З.* Физико-геологическое моделирование природных явлений. – М.: Наука, 1994. – 204 с.
69. *Розанов Л.Н.* Связь размещения нефтегазоносности в платформенных областях с новейшими движениями по разломам фундамента // *Закономерности образования и размещения промышленных месторождений нефти и газа: Сб. ст.* – Киев: Наук. думка, 1975. – С. 104–110.
70. *Продайвода Г.Т.* Методологічні і теоретичні принципи кількісної геологічної інтерпретації геофізичної інформації // *Матеріали Всеукр. наук. конф. “Моніторинг небезпечних геологічних процесів та екологічного стану середовища” (м. Київ, 21–24 верес. 2006 р.)*. – К.: Вид-во Київ. нац. ун-ту ім. Т. Шевченка, 2006. – С. 38–39.

71. Бичкова Л.І., Куценко Ю.М. та ін. Протокол проведення експериментальних досліджень у процесі впливу енергії електромагнітного поля на гетерогенні системи. – Мелітополь: ДТАГУ, 2009. – 15 с.
72. Тараканов О.В., Куценко Ю.М. Обґрунтування впливу магнітного поля на рослинні об’єкти // Матеріали ІХ Міжнар. наук. конф. “Моніторинг геологічних процесів” (м. Київ, 14–17 жовт. 2009 р.). – К.: Вид-во Київ. нац. ун-ту ім. Т. Шевченка, 2009. – С. 219–221.
73. Баласаян С.Ю. Роль геоэлектрической энергии в миграции химических элементов Земли // Докл. АН СССР. – 1986. – **286**, № 5. – С. 1228–1232.
74. Баласаян С.Ю. Явление быстрых пульсаций геохимических ореолов // Тез. докл. Всесоюз. симпоз. “Геохимия в локальном металлогеническом анализе” (г. Новосибирск, 28–30 окт. 1986 г.); Т. 2. Геохимические критерии прогнозной оценки месторождений. – Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 1986. – С. 32–33.
75. Азимов О.Т. Принципи комплексного аналізу та інтерпретації геолого-геофізичних даних і результатів дешифрування матеріалів аерокосмічних зйомок // Проблеми і перспективи використання геоінформаційних технологій в горному делі: Докл. ІІІ Междунар. науч.-практ. конф. “Проблемы геоинформатики при комплексном освоении недр” (г. Днепропетровск, 29–31 окт. 2001 г.). – Днепропетровск: РИК НГА Украины, 2001. – С. 94–100.

О геофизическом варианте передачи информации из недр Земли на ее поверхность А.Т. Азимов

РЕЗЮМЕ. В статье системно обобщены и с феноменологических позиций аналитически рассмотрены теоретические основы использования данных дистанционного зондирования Земли в процессе исследований особенностей структуры земной коры. Приведены четыре группы нелинейных эффектов, которые возникают в геологической среде при взаимодействии горных пород, флюидов, геофизических и геохимических полей. Проанализирован “геофизический” вариант передачи информации из земных недр на поверхность.

Ключевые слова: компоненты ландшафта, геоиндикационная роль, геофизические поля, ландшафтообразующие процессы.

To the geophysical variant of an information transfer from the interior of the Earth to a day O.T. Azimov

SUMMARY. Theoretical foundations of remote sensing data (RSD) using are integrated systematically and viewed analytically from phenomenological positions in the paper. RSD are using in a process of the Earth’s crust features structure investigation. There are added four groups of nonlinear effects have arisen in the geological surroundings as an interaction result of rocks, fluids, geophysical and geochemical fields. There is analysed “the geophysical” variant of an information transfer from the Earth’s interior to a day.

Keywords: landscape components, geoindicative role, geophysical fields, landscape formative processes.