



<https://doi.org/10.36023/ujrs.2024.11.1.254>

УДК (551.243:553.98.04):(528.8+550.83)](477)

Обґрунтування вибору полігонів, визначення їх критеріїв і параметрів для проведення досліджень з оцінювання вуглеводневого потенціалу надр шляхом комбінування геолого-геофізичної та аерокосмічної інформації

О. Т. Азімов

ДУ “Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України”, вул. Олеся Гончара, 55-Б, Київ, 01054, Україна

У статті охарактеризовані вимоги до наземних калібрувальних-завіркових полігонів і тестових ділянок в їхніх межах, а також до деяких особливостей родовищ вуглеводнів, що розташовані на їхніх площах. Інформація про них необхідна для завірки (калібрування) даних дистанційного зондування Землі та виконання досліджень з аналізу нафтогазового потенціалу територій шляхом комплексування (інтеграції) матеріалів аерокосмічних та геолого-геофізичних знімків. На прикладі Левенцівського газоконденсатного родовища та прилеглих ділянок Дніпровсько-Донецької западини наведені складові фактографічної частини дистанційної основи території досліджень, що прив’язані до базової системи координат, проаналізована їх інформативність для виконання проблемно-орієнтованого дешифрування. Подані основні відомості про ландшафтно-геологічні особливості району родовища та його газонасиченість. Зокрема, за матеріалами опрацювання відповідних паспортів проаналізовані та подані в табличній формі результати випробування 12 свердловин глибокого буріння на родовищі за наявними географічними координатами. Зроблено висновок про поширення на площі полігона неоднорідних за своїми властивостями утворень в осадовому чохлах, що є підставою диференційовано оцінювати й ступінь нафтогазонасиченості його порід. Сформульовано перелік необхідних для виконання подальших досліджень апріорних геологічних, геофізичних, геохімічних та інших параметризованих даних, які характеризують різні атрибутивні властивості реального геологічного середовища, зокрема, й пов’язані з його нафтогазонасиченістю.

Ключові слова: завіркові полігони, визначальні критерії, геолого-геофізична інформація, дані дистанційного зондування Землі, комбінування даних, оцінка нафтогазонасиченості, Дніпровсько-Донецька западина, Левенцівське родовище.

© О. Т. Азімов. 2024

Постановка проблеми і завдання дослідження

Пошук родовищ вуглеводнів (ВВ) на основі комбінування просторово розподіленої інформації різної фізичної природи (геологічної, геохімічної, геофізичної, ландшафтно-дистанційної аерокосмічної тощо) являє собою складну наукову проблему. Актуальність її розгляду зумовлена тим, що наразі існують різні підходи щодо відповідної теоретичної платформи і математичного інструментарію комбінування різномірної інформації, геологічна ефективність і практичне впровадження яких у нафтогазопошуковий процес часто не задовольняють вимоги надрокористувачів.

Тож розв’язання вказаної проблеми передбачає насамперед вирішення низки відповідних наукових завдань. Для отримання однозначних результатів передусім необхідно вирішити деякі прямі задачі, аналогічні прямим задачам геофізики. Це здійснюється на прикладі добре вивчених геологічних об’єктів (еталонів) у межах певних територій – полігонів. Нижче розглянемо поняття завіркового полігона дистанційного зондування

Землі (ДЗЗ), а також основні ознаки, які до нього висуваються і його характеризують.

Критеріальні ознаки полігонів для дистанційних досліджень нафтогазопошукового спрямування

Під полігоном для виконання завіркових і завірково-калібрувальних робіт щодо даних ДЗЗ або контрольно-вимірювальним полігоном (Исмаилов, 1980) прийнято вважати детально вивчену у фізико-географічному розумінні територію, що характеризується певними особливостями асоціацій різних земних (континентальних, морських) об’єктів, які дають змогу узагальнювати методи тематичного оброблення матеріалів відповідних дистанційних вимірів і застосовувати їх надалі для вивчення аналогічних об’єктів у межах інших районів (регіонів).

Виходячи з цих позицій, розглянемо структуру, вимоги, принципи (критерії) вибору завіркових (калібрувальних) даних, які, стосовно наших досліджень з розробки нових наукоємних методів пошуку родовищ ВВ на основі комбінування геолого-геофізичної, геохімічної і дистанційної аерокосмічної інформації, необхідні при розрізненні з використанням матеріалів дистанційних зйомок (МДЗ) насамперед глибокостранових нафтогазових

Е-mail: azimov@casre.kiev.ua

ORCID ID 0000-0002-5210-3920

покладів. Останні ж пов'язані з різноманітними локальними пастками ВВ, що часто приурочені до розривних порушень земної кори різних морфогенетичних типів і рангових порядків та зон напружено-деформаційного стану гірських порід.

Отож, у межах представницьких полігонів спектр плікативних структур і об'єктів диз'юнктивного генезису потрібно детально вивчити комплексом геолого-геофізичних методів, результати яких дають змогу встановити їхні характерні особливості. Для кожного типу пастки за наземними ландшафтознавчими та аерокосмічними даними потрібно визначити конкретні її геоіндикатори в будові компонентів сучасного ландшафту земної поверхні та їхні поєднання (комбінації). Тобто потрібно створити своєрідні ландшафтно-дистанційні образи (або портрети, включаючи спектральні, отримані в різних зонах спектра електромагнітних хвиль – ЕМХ) плікативних утворень і структур диз'юнктивного походження, типи яких притаманні тому чи іншому полігону та які закартовані й ретельно досліджені геолого-геофізичними роботами. Вони в ідеалі відображають тривимірну структуру цих об'єктів у земній корі (напівпросторі нижче денної поверхні).

Натомість ландшафтно-дистанційні відображають образи плікативних і розривних деформацій в напівпросторі, починаючи з земної поверхні й вище. При цьому ці образи мають створюватися як за даними наземних, космічних і літакових, так і вертолітних знімачів і спостережень з платформ безпілотних літальних апаратів. Тобто полігон повинен бути добре забезпечений різноманітними матеріалами аерокосмічного знімання (МАКЗ). Бажано, щоб він був також охоплений іншими видами досліджень, серед яких, наприклад, вагоме значення має інструментальне дослідження новітніх тектонічних рухів. Зокрема, дослідження вертикальних рухів за допомогою сучасних ГНСС-приймачів (GNSS, Global Navigation Satellite System – супутникова система навігації) в режимі RTK (Real Time Kinematic – позиціонування в режимі реального часу). Таким чином, разом з наземними аерокосмічними дослідженнями формують багаторівневу схему вимірів різноманітних параметрів природних об'єктів, що вивчаються.

Беручи до уваги обмеженість зон дії полігона як природного “еталона”, доцільна і навіть необхідна організація полігонів у кожному з природних регіонів, які вивчаються методами ДЗЗ. З геологічних позицій, з огляду на часту невідповідність контурів природно-ландшафтних і геотектонічних регіонів, обґрунтовувати просторове (площинне) розташування калібрувальних-завіркових полігонів потрібно в контексті:

їх ландшафтної позиції в тектонічному регіоні;

їх структурно-тектонічної позиції у цьому регіоні.

Тобто необхідно розміщувати полігони в межах усіх наявних ландшафтних зон геологічного регіону досліджень, і робити це таким чином, щоб у межах цих зон полігони покривали і характеризували різні за своєю специфікою елементи структурно-тектонічної будови регіону. Інакше кажучи, кожен

з полігонів повинен бути представницьким щодо структурно-тектонічної та ландшафтної характеристики відповідної території.

Натомість, забезпечити безперервні спостереження на всій площі полігона неможливо. Тому в його межах створюються тестові (еталонні) ділянки, які повинні надійно пізнаватися на МАКЗ. Кожна тестова ділянка включає один або декілька природних геоіндикаційно-інформативних об'єктів у різноманітних просторових сполученнях, які характерні для певного типу вуглеводневої пастки в межах цього полігона. Кількість цих природних об'єктів визначається їх передбачуваною кількістю на цьому полігоні та в регіоні загалом.

Особливості площинного розташування наземних тестових ділянок стосовно території досліджень є важливим критерієм вибору в їхніх межах завіркових даних. Тест-ділянки повинні рівномірно розміщуватися по всій території так, щоб висвітлювати в її межах як усі головні компоненти сучасного ландшафту земної поверхні (орогідрографію, поверхневі відклади, включаючи їх літологічні особливості та зволоженість, ґрунтово-рослинний покрив, зокрема, найрозповсюдженіші класи рослинних угруповань і гігротип ґрунтів), так і основні типи наявних пасток-покладів (антиклінальні, неантиклінальні, тектонічно екрановані, комбіновані та ін.) і диз'юнктивів (скиди, підкиди, зсуви тощо).

Геометричні параметри, тобто розміри (площа, форма у плані) тестової ділянки визначаються ступенем однорідності природного об'єкта (об'єктів), що вивчається, а також мають відповідати вимогам масштабу досліджень або гармоніювати зі значеннями просторової розрізненості МДЗ, які залучаються до роботи, за умови достатньої показності масиву даних, які відповідають цій тестовій ділянці.

Ландшафтна позиція в регіоні, особливості будови сучасного ландшафту в межах калібрувальних-завіркових полігонів і тестових ділянок зазвичай визначається на основі аналізу фізико-географічних, ґрунтознавчих, загальноландшафтних (тобто природно-територіальних комплексів загалом) даних. Вони отримуються як з архівних джерел, так і за МАКЗ, які застосовуються в дослідженнях.

Особливості структурно-тектонічної позиції та будова земної кори (зокрема, потенційні пастки ВВ, розривні порушення) у межах полігонів і тестових ділянок аналізуються на підставі апріорних даних геолого-геофізичних робіт. Наприклад, для території Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ) – це дані сейсморозвідувальних робіт кореляційним методом заломлених хвиль (КМЗХ) і методом спільної глибинної точки (МСГТ), глибокого параметричного і пошуково-розвідувального буріння, певною мірою детальних граві-, магніто- та електророзвідувальних і геохімічних досліджень.

Важливою вимогою до завіркових даних є їхня географічна прив'язка до певної системи координат, яка прийнята в роботі як базова (наприклад, система координат Гаусса-Крюгера, 1942 р. – Pulkovo 42; UTM/WGS 84 тощо). Це необхідно з метою

коректного площинного суміщення і подальшого зіставлення, аналізу, обробки та інтерпретації комплексу наземних і дистанційних даних. Зазвичай картографічні матеріали по ділянках розташування калібрувальних даних подаються у вигляді векторних зображень за допомогою розвинених географічних інформаційних систем типу ArcInfo, ArcView, MapInfo Professional тощо. Комплексна комп'ютерна обробка МАКЗ і наземних даних виконується за допомогою загальнонавчаних спеціалізованих програмних продуктів класу ERDAS Imagine, ER Mapper, PCI (EASI/PACE), ENVI/IDL тощо.

Таким чином, під час розробки методів пошуку нафтогазових родовищ (покладів) на підставі комбінування різнорідних даних, отриманих геолого-геофізичними та аерокосмічними методами, тестові ділянки в межах представницького полігона повинні визначатися за такими критеріями:

- 1) рівномірно розташовуватися по всій площі території, яка досліджується;
- 2) бути порівнянними зі значеннями просторової розрізненості даних ДЗЗ, які використовуються у дослідженнях;
- 3) мати чітку географічну прив'язку;
- 4) репрезентативно характеризувати елементи компонентів ландшафту земної поверхні (рельєфу, гідрографічної мережі, поверхневих відкладів, ґрунтового-рослинного покриву) та особливості їхньої структури;
- 5) давати змогу ідентифікувати той чи інший елемент ландшафту як окремо один від одного, так і у природних поєднаннях з іншими елементами, а також іншими компонентами земних утворень;
- 6) характеризувати природну динаміку розвитку основних компонентів ландшафту при розгляді їхніх параметрів протягом ряду часових зрізів;
- 7) відображати різні типи потенційних пасток ВВ, а також морфокінематичні та геодинамічні різновиди розривних структур у межах полігона.

Отже, калібрувально-завірковий полігон і його тестові ділянки мають бути охарактеризовані такими відомостями, як географічні координати, фізико-географічний опис, кліматологічні дані, картографічні матеріали (топографічні й тематичні карти), топо- і фотоплан, фотосхеми, аерофотознімки, інші матеріали, які необхідні для зіставлення дистанційної інформації з результатами полігонних досліджень (вимірів). Викладені вимоги напрацьовані автором (Азімов, 2012) упродовж багатьох років виконання аерокосмогеологічних досліджень.

Комплекс підаеросупутникових досліджень на полігоні вибирають, виходячи з необхідності вивчення певної асоціації природних об'єктів, що розташовані в різних фізико-географічних зонах. Тому зазвичай для кожного з полігонів планується свій специфічний комплекс методичного і технічного забезпечення робіт. Загалом на основі полігонних досліджень може вирішуватися комплекс науково-методичних і практичних завдань. Враховуючи викладені в публікаціях (Исмаилов, 1980; Азімов, 2012) погляди, зазначимо, що основними завданнями

нашої роботи, передовсім присвяченої вивченню нафтогазоносних територій суходолу з гумідним типом клімату, який притаманний і Україні, є:

визначення комплексу дешифрувальних ознак для різних наземних природних об'єктів, утворень і явищ (це ознаки в рельєфі, гідрографічній мережі, літологічному складі поверхневих відкладів, ґрунтового-рослинного покриву);

накопичення статистичних даних про спектральні характеристики цих об'єктів, утворень і явищ;

визначення діапазонів у видимій, інфрачервоній (ІЧ) і радіочастотній областях спектра електромагнітного випромінювання, які оптимальні й перспективні при дистанційних дослідженнях природних об'єктів, утворень і явищ;

розвиток комплексів вимірювальної апаратури і визначення оптимальних умов (періодів, строків, гідрометеорологічних обстановок) проведення досліджень об'єктів, утворень і явищ;

удосконалення існуючих візуально-інструментальних методів і розробка автоматизованих способів дешифрування та інтерпретації аерокосмічної інформації про природне середовище.

Наведені вище структура, вимоги і критерії вибору завіркових даних бралися автором до уваги при визначенні представницьких полігонів і тест-ділянок під час дослідження районів ДДЗ (Азімов, 2005, 2007в 2008, 2009, 2023; Лялько, Попов, 2006, 2017; Лукін та ін., 2008; Азімов, Даргейко, 2014; Azimov, 2023). Подібні підходи практикувалися також іншими фахівцями у процесі нафтогазопошукових досліджень як у межах регіону ДДЗ (Товстюк та ін., 2009; Багрій та ін., 2016; Архіпов та ін., 2022; Попов та ін., 2022), так і інших територій суходолу (Аэрокосмические..., 1988; Лялько та ін., 2014).

Приклад

Отже, враховуючи вказані вище вимоги до наземних полігонів, наведемо характеристику Левенцівського полігона, обґрунтованого для проведення досліджень з інтерактивного формування кількісних оцінок вуглеводневого потенціалу локальних ділянок надр шляхом комбінування геологічної, наземної параметричної й аерокосмічної інформації в межах Дніпровсько-Донецької западини. Він цілком задовольняє зазначеним критеріям.

Місцезоташування Левенцівського полігона щодо адміністративного устрою України – Дніпропетровська область, у межах Новомосковського та Павлоградського районів, на відстані приблизно 30 км від м. Павлоград (Рис. 1).

Стосовно фізико-географічного районування територія полігона розташована в межах степової зони України, а конкретніше – у межах Північностепової підзони. Згідно з (Руденко, 2007) вона належна до Лівобережнодніпровсько-Приазовського краю, а в його межах – до Орільсько-Самарської низовинної області, до Зачепилівсько-Красноградського району.

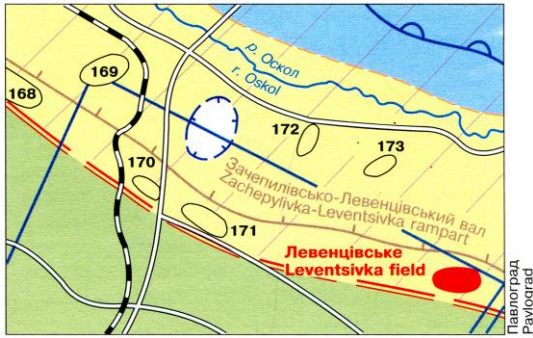


Рис. 1. Картосхема розташування Леვენцівського газоконденсатного родовища стосовно адміністративного устрою та тектонічного районування території (Атлас..., т. III, 1999)

Щодо ландшафту території Леვენцівського полігона – це рівнинний, степовий ландшафт. Початково тут був розвинений північностеповий різнотравно-типчаково-ковиловий ландшафт з байрачними дібровами (Руденко, 2007). Для території притаманні височини та низовини з антропогеновим (Q) покривом значної товщини (потужності) на неогенових (N) і палеогенових (P) відкладах, а локальніше – лесові низовини, розчленовані, з чорноземами звичайними середньогумусними, під різнотравно-типчаково-ковиловою рослинністю. Тип рельєфу території характеризують (Руденко, 2007) як денудаційну субгоризонтальну увалисту та горбисто-увалисту рівнину на крейдових (K), палеогенових і неогенових (N₁ – P) відкладах.

Проте, наразі цей район та прилеглі до нього ділянки ДДЗ відзначаються значним спотворенням природних ландшафтів. Таке перетворення відбулося внаслідок інтенсивного і тривалого у часі ведення аграрної діяльності в їхніх межах (Рис. 2).



Рис. 2. Картосхема розташування наданої в користування ділянки Леვენцівського газоконденсатного родовища (багатокутник блакитного кольору, окреслений контуром червоного кольору) – Леვენцівський полігон. Як підкладку використано космічний знімок, отриманий з Інтернет-джерела (Google Maps)

Фактично єдиним компонентом ландшафту, що зазнав незначних змін, на цій території є рельєф, який характеризується рівнинністю. Відповідна рівнина з мозаїкоподібним мереживом сільськогосподарських полів порізана лівими притоками р. Орель та правими

притоками р. Самари (насамперед річкою В'язовок), що переважно представлені балками. Гіпсометричні позначки рельєфу земної поверхні в межах території полігона, згідно з даними топографічних карт, коливаються в діапазоні від 158 м до 182 м над рівнем моря (Балтійська система висот).

Характеризуючи підземні води району, що описується, передусім зазначимо інформацію про водозбагаченість порід, а саме: це пористі породи, низько- та помірноводозбагачені (Руденко, 2007). Вік водовмісних та водотривких комплексів – пізньопалеогенові-ранньонеогенові (P₃ – N₁). Стосовно літологічного складу водовмісних порід відомо (Руденко, 2007), що це пористі породи: піски з проверстками глин, в окремих випадках з проверстками пісковиків.

По території Леვენцівського полігона наявними для геолого-тематичного використання є численні сканерні багатоспектральні космічні знімки. Для створення фактографічного блоку дистанційної основи території досліджень автор передовсім брав до уваги знімки на конкретні дати з безхмарною атмосферою, на яких найповніше відображаються різні компоненти ландшафту земної поверхні: рельєф, гідрографічна та ерозійна мережі, літологічний склад поверхневих відкладів і ґрунтів, рослинний покрив, а також сучасні екзогенні процеси. Детальний аналіз ландшафтної структури в районі полігона та прилеглих до нього ділянок ДДЗ за даними ДЗЗ дав змогу підтвердити значну міру трансформації природних умов у їхніх межах, а також виявити поточні перетворення цих умов. Це чітко видно на фактографічних матеріалах дистанційної основи, підготовлених на підставі комп'ютеризованого оброблення різноманітних даних космічного знімання різних років (Рис. 3–9).

Отож, задля відображення особливостей рельєфу поверхні Землі у цифровому форматі, простеження орогідрографічної та ерозійної мережі у межах Леვენцівської ділянки загалом, а також прилеглих до неї площ ДДЗ опрацьовано матеріали радіолокаційних (РЛ) зображень, що отримані з космічних апаратів за допомогою активних систем знімання. Характерною особливістю РЛ-зображень є їхня "скульптурність", яка зумовлена специфікою відбиття радіохвиль земною поверхнею, оскільки вплив рослинності на це відбиття ослаблений. Фактор нівелювання впливу рослинного покриву визначає значно знижену строкатість радіолокаційних зображень порівняно із зображеннями видимого та ІЧ-діапазонів спектра ЕМХ, а також відносну їхню генералізацію. За тоновим ефектом таких зображень можлива приблизна оцінка глибини ерозійного врізу (Рис. 3). Крім цього, на радарних зображеннях зазвичай досить добре проглядається мікрорельєф. Дані про рельєф денної поверхні у процесі досліджень необхідно враховувати, з огляду на ймовірні феноменологічні моделі взаємовідношення глибокозалягаючих структурних форм (особливо тих, які контрастно проявляються за структурно-речовинними неоднорідностями і деформаціями на їхніх межах) та їх поверхневого відображення (Азімов, 2007а, 2008).

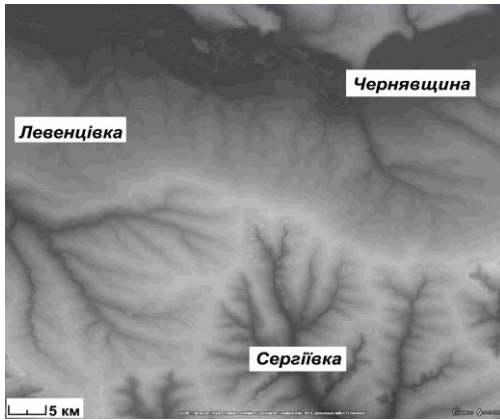


Рис. 3. Територія Левенцівського полігона. Складає фактографічну частину дистанційної основи території досліджень – фрагмент цифрової моделі рельєфу за результатами комп'ютерно перетворених даних космічного РЛ-знімання. Пізнаються гідрографічна та ерозійна мережі, якісно оцінюється відносне перевищення в рельєфі земної поверхні

Принципово відмінні від радарних за фізичними методами одержання багатоспектральні матеріали, отримані оптичними системами знімання, також дають змогу виокремити об'єкти гідромережі (відкриту водну поверхню, так зване “водне дзеркало”) на фоні інших ландшафтних утворень суходолу. Найінформативнішими для цього є дистанційні зображення, отримані в червоній та ІЧ-зонах спектра ЕМХ (Рис. 4).

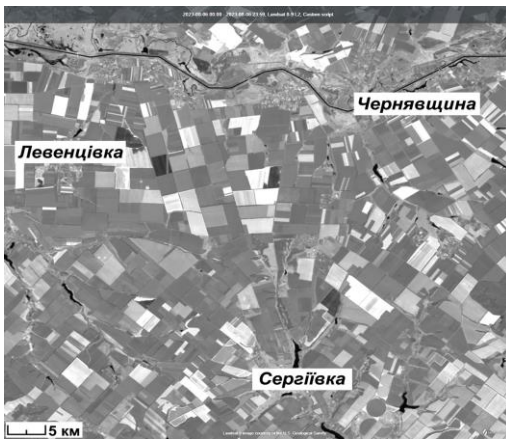


Рис. 4. Фрагмент комп'ютерно обробленого сканерного космічного знімка LANDSAT 8-9 OLI, отриманого 06.08.2023 р., 6-й, короткохвильовий ІЧ-канал [1,56–1,66 мкм]. Підкреслюються гідрографічна та ерозійна мережі, ділянки зволжених ґрунтів, типи рослинного покриву

Та головна перевага використання багатоспектральних оптичних зображень полягає в тому, що за їх допомогою чітко можна розрізнити типи угруповань повсюдно розповсюдженого на території досліджень компонента ландшафту – рослинного покриву, а у разі його відсутності – диференціювати ґрунти за їхніми спектральними відбивними характеристиками. Відсутність або незначний вегетаційний розвиток рослинності зазвичай характерний для весняного або пізнього осіннього періодів року, тому вона не завуальовує особливості

ґрунтового покриву. Особливості площинної мінливості останнього добре виявляються на зображеннях у червоній та ІЧ-зонах електромагнітного спектра. Синтезування знімків видимого та ІЧ-діапазонів спектра дає змогу отримувати зображення в кольорах, наближених до реальних, а відтак – диференціювати типи і склад рослинності, детальніше вивчати особливості її покриву, що зумовлені геологічною будовою (Рис. 5–7).

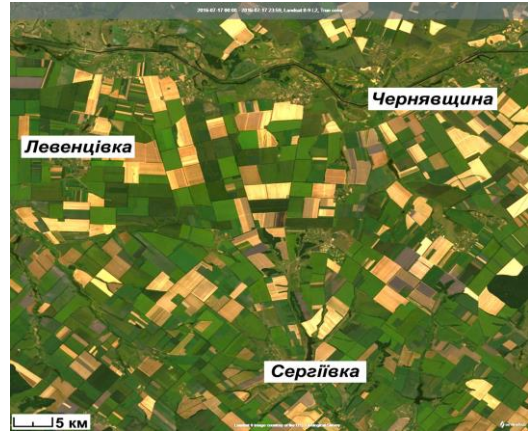


Рис. 5. Фрагмент комп'ютерно перетвореного синтезованого сканерного багатоспектрального космічного знімка LANDSAT 8-9 OLI від 17.07.2016 р.; синтез каналів 432 – 4-й, червоний [0,63–0,68 мкм], 3-й, зелений [0,525–0,60 мкм], 2-й, блакитний [0,45–0,515 мкм]. Простежуються різні типи природно-територіальних комплексів, гідрографічна й ерозійна мережі, площі відкритої водної поверхні та відкритих ґрунтів, ділянки з різним типом рослинного покриву



Рис. 6. Фрагмент комп'ютерно перетвореного синтезованого сканерного багатоспектрального космічного знімка LANDSAT 4-5 TM, отриманого 02.10.2003 р.; синтез каналів 742 – 7-й, короткохвильовий ІЧ [2,08–2,35 мкм], 4-й, ближній ІЧ (БІЧ) [0,76–0,90 мкм], 2-й, зелений [0,52–0,60 мкм]. Пізнаються різні типи ґрунтового і рослинного покривів, простежуються гідрографічна та ерозійна мережі

Найінформативнішими для цього є синтезовані зображення, що отримані на основі знімків у зеленій, червоній та ІЧ-зонах ЕМХ. Проте вагомим значення при цьому має певна комбінація зональних знімків у структурі (псевдо)кольорового RGB-зображення. Наприклад, мало геологічно інформативним псевдокольоровим RGB-зображенням, на наш погляд, є те, що отримане унаслідок синтезування

знімків у послідовності каналів 543 й відповідного змішування основних трьох кольорів: 5-й канал (БІЧ) – червоний колір (Red); 4-й канал (червоний) – зелений колір (Green); 3-й канал (зелений) – блакитний колір (Blue) (Рис. 8).



Рис. 7. Фрагмент комп'ютерно підготовленого синтезованого сканерного багатоспектрального космічного знімка Sentinel-2 L2A від 07.11.2023 р.; синтез каналів 12-8А-4 – 12-й, короткохвильовий ІЧ, 8-й, червоний+БІЧ, 4-й, червоний, зі значеннями середин спектральних діапазонів [2,19 мкм], [0,842 мкм] і [0,665 мкм], відповідно. Диференціюються різні типи природно-територіальних комплексів і ділянки з різним видом рослинності, проявляються гідрографічна та ерозійна мережі, ділянки зволужених і відкритих ґрунтів

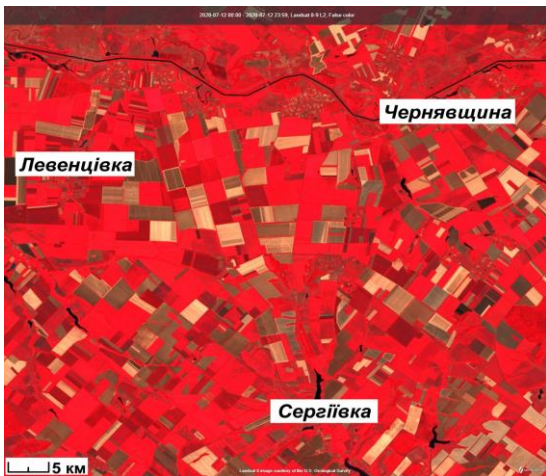


Рис. 8. Фрагмент комп'ютерно обробленого сканерного багатоспектрального космічного знімка LANDSAT 8-9 OLI від 12.07.2020 р.; синтез каналів 543 – 5-й, БІЧ [0,845–0,885 мкм], 4-й, червоний [0,63–0,68 мкм], 3-й, зелений [0,525–0,60 мкм]

Враховувати ґрунтово-геоботанічні індикатори під час вивчення Левенцівської ділянки потрібно з тих міркувань, що, як відомо (Розанов, 1982; Аэрокосмические..., 1988; Азімов, 2007а,б, 2008), на характер просторового розподілу і специфіку розвитку ґрунтів і різних типів природної рослинності значною мірою впливають внутрішня структура земної кори і різноманітні геодинамічні процеси, які в ній відбуваються. Важливе значення має використання ґрунтово-геоботанічних індикаторів на тих локальних площах району робіт, де тектонічні

рухи ще неістотно відобразилися в рельєфі або де він визначається малим контрастом.

Додаткову інформацію при структурно-геоморфологічному, структурному та геоіндикаційному дешифруванні можна отримати з інтегральних та багатоспектральних знімків, що зроблені в зимовий час в умовах малої товщини снігового покриву. Адже такий покрив незначної товщини в рівнинних умовах з високорозвинутим землекористуванням маскує мозаїчний малюнок сільгоспугідь, тим самим знімаючи “шуми”, що заглушують фонове значення фототону. У результаті чітко вирізняється ерозійна мережа від найнижчих до найвищих порядків. Так, для проблемно-орієнтованого дешифрування території Левенцівської ділянки, для якої загалом притаманний малокоонтрастний рельєф земної поверхні, корисним є зображення, що отримане на основі даних з нормалізованого різницевого водного індексу (Normalized Difference Water Index – NDWI) за матеріалами космічного знімання в зеленій і БІЧ-зонах електромагнітного спектра (Рис. 9).

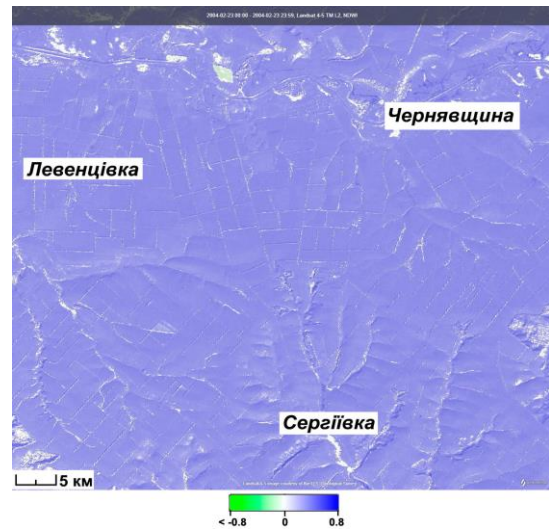


Рис. 9. Фрагмент NDWI-зображення, комп'ютерно підготовленого за матеріалами сканерного багатоспектрального космічного знімка LANDSAT 4-5 TM, отриманого в зимовий період року (23.02.2004 р.) при незначній товщині снігового покриву. Вирізняються гідрографічна та ерозійна мережі від найнижчих до найвищих порядків, якісно оцінюються відносні ерозійні врізи в рельєфі земної поверхні

NDWI, відповідно до (McFeeters, 1996), розраховується за формулою (1):

$$NDWI = \frac{I_G - I_{NIR}}{I_G + I_{NIR}}, \quad (1)$$

де I_G – відбивна здатність об'єкта в зеленій (green – G) області спектра EMX, I_{NIR} – відповідно, в БІЧ (near infra red – NIR) області.

У випадку використання космічного знімка LANDSAT TM від 23.02.2004 р., наведеного на Рис. 9, формулу (1) можна подати так:

$$NDWI = \frac{I_{520-600} - I_{760-900}}{I_{520-600} + I_{760-900}}, \quad (2)$$

де $I_{520-600}$ – відбивна здатність об'єкта в діапазоні EMX [520–600 нм], I_{NIR} – відповідно, в діапазоні [760–900 нм].

Отже, фактографічну частину дистанційної основи території Левенцівського полігона насамперед склали матеріали багатоспектральних космічних знімків, що отримані із супутників лінійки LANDSAT. Якщо навести їх у хронологічному порядку, то це передовсім ландшафтно-інформативні якісні знімки, що зроблені з таких космічних апаратів: знімки LANDSAT 1-5 MSS від 29.08.1985 р., 03.05.1992 р., 19.05.1992 р., 01.09.1992 р., знімки LANDSAT 4-5 TM від 15.08.2003 р., 02.10.2003 р. (Рис. 6), 23.02.2004 р. (Рис. 9), знімки LANDSAT 8-9 OLI/TIRS від 17.07.2016 р. (Рис. 5), 12.07.2020 р. (Рис. 8), 06.08.2023 р. (Рис. 4). Також для дистанційної основи підготовлений знімок від 07.11.2023 р., отриманий із супутника Sentinel-2 (Рис. 7). Усі зазначені МДЗ координатно прив'язані й готові для проблемно-орієнтованого використання. Зокрема, вони цілком придатні для геологічно спрямованого дешифрування контрастно-аналоговим (найперше – структурним) і ландшафтно-індикаційним (геоіндикаційним) методами (способами) дешифрування, зважаючи на ландшафтні особливості території робіт, для аналізу спектральних характеристик цільових компонентів природного середовища, а також для просторово-картографічного поєднання (порівняння, аналізу, інтеграції) з даними геолого-геофізичних та інших тематичних досліджень.

У тектонічному відношенні полігон приурочений до південно-східної частини південної прибортової зони ДДЗ і знаходиться в межах східного закінчення Зачепилівсько-Левенцівського структурного валу (Рис. 1) (Арсирій і др., 1984; Стовба і др., 1993; Дворянин, 1996; Атлас..., т. III, 1999). Щодо поперечної ділимості Дніпровсько-Донецького рифта (відповідно до Гавриш і др., 1989) досліджуваний район розташований в межах південно-східного (Пселсько-Орельського) його сегмента. Глибини залягання поверхні докембрійського фундаменту (РЄ) за результатами робіт КМЗХ варіюють тут у широких межах і сягають близько $-2,75...-4,5$ км (Стовба і др., 1993) зі зростанням значень її занурення з віддаленням від південного крайового порушення в бік центральної частини грабена. Закартований крайовий розлом має в цьому районі незначну (250–500 м) амплітуду по фундаменту. Протягання його субширотне.

Левенцівське підняття осадоної товщі виявлене сейсмічними дослідженнями методом відбитих хвиль (МВХ) у 1958 р. У 1960–1962 рр. його будова вивчалася структурно-пошуковим бурінням і сейсмозвідкою МВХ та КМЗХ. У 1963 р. під час випробування структурно-пошукової свердловини № 606, пробуреної у склепінні підняття, з відкладів нижньосерпуховського під'ярусу нижнього карбону (C_{1s1} , горизонт С-16) з інтервалу 1400–1411 м отримано приплив газу дебітом 50 тис. м³/добу. На Державний баланс родовище прийняте в 1963 р., а з 1964 р. розпочалася його розробка. Станом на 1999 р. усього на Левенцівській площі було пробурено 14 свердловин, які розкрили карбонатно-теригенний розріз порід осадового чохла від четвертинних (Q) до

нижньокам'яновугільних (C_1), а також утворення кристалічного фундаменту (Атлас..., т. III, 1999).

Левенцівська структура безпосередньо з півночі прилягає до південного крайового розривного порушення (Стовба і др., 1993; Дворянин, 1996). Проте, потрібно брати до уваги, що останніми роками за результатами новітніх сейсмозвідувальних робіт МСГТ на ділянці сполучення південної прибортової зони з південним бортом ДДЗ, поруч з Левенцівським полігоном (Вергуненко, 2019), виникли нові, відмінні від попередніх (Стовба і др., 1993; Дворянин, 1996) уявлення про структурно-тектонічну будову території. Зокрема, на Євеській ділянці, що північно-західніше від Левенцівської, трасування південного крайового розлому деталізовано, внаслідок чого його простягання місцями змінилося.

У відкладах карбону Левенцівська структура є асиметричною брахіантикліналлю західного простягання. Розміри її по покрівлі продуктивного горизонту С-8 (C_{1s}) у межах ізогіпси -1050 м становлять $5,1 \times 2,6$ км, амплітуда – 150 м (Рис. 10). Південне крило складки крутіше (кут його падіння сягає 10°). Воно розчленоване на окремі блоки серією тектонічних порушень, серед яких основним є поздовжній скид амплітудою 130 м (Рис. 10, 11).

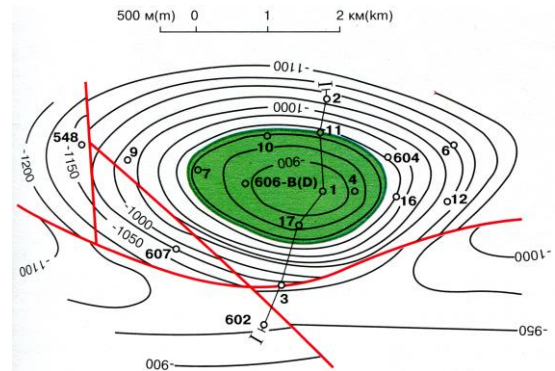


Рис. 10. Левенцівське газоконденсатне родовище. Структурна карта покрівлі продуктивного горизонту С-8 (за Й. М. Засядчуком; Атлас..., т. III, 1999)

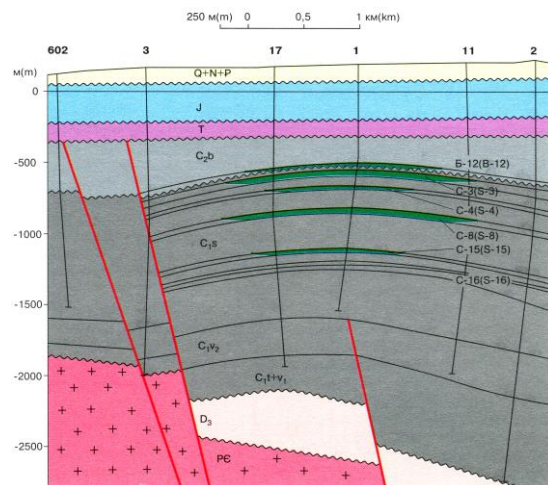


Рис. 11. Левенцівське газоконденсатне родовище. Геологічний розріз по лінії I-I (див. Рис. 10) (за Й. М. Засядчуком; Атлас..., т. III, 1999)

В юрських відкладах (J) склепіння складки зміщується на північний захід стосовно кам'яновугільних (Атлас..., т. III, 1999).

Стислі відомості про родовище

У регіональному плані Леვენцівська площа й розташоване в її межах однойменне газоконденсатне родовище приурочені до Руденківсько-Пролетарського нафтогазоносного району Дніпровсько-Донецької нафтогазоносної області (Атлас..., т. III, 1999). У результаті проведених робіт на Леვენцівському родовищі виявлено газоконденсатні скупчення у відкладах башкирського (C_{2b}, горизонт Б-12) та серпуховського (горизонти С-3, С-4, С-8, С-15, С-16) ярусів. Відповідні поклади пов'язані з пластовими склепінними пастками, а поклади горизонтів Б-12 і С-16 – ще й з літологічно обмеженими пастками (Рис. 11, 12). Колекторами є пісковики з середнім значенням коефіцієнта пористості від 17,7 (горизонт С-15) до 12,4% (горизонт С-16). Їх ефективна товщина не перевищує 24,6 м.

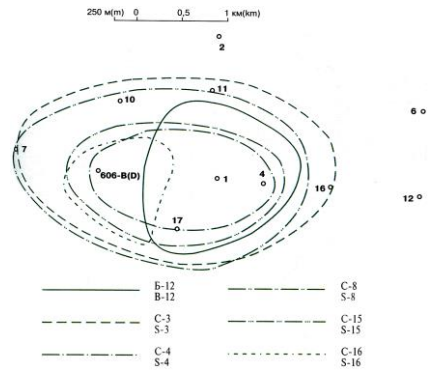


Рис. 12. Леვენцівське газоконденсатне родовище. Схема зіставлення контурів покладів (за Й. М. Засядчуком; Атлас..., т. III, 1999)

Опрацювання відповідних паспортів 12 свердловин глибокого буріння на Леვენцівському газоконденсатному родовищі, для яких є наявні географічні координати, дало автору змогу проаналізувати й узагальнити історичну інформацію про результати випробувань конкретних горизонтів по цих свердловинах. Вони подані в табличній формі у порядку зростання номерів свердловин (Табл. 1).

Таблиця 1. Результати випробувань у свердловинах глибокого буріння на Леვენцівському газоконденсатному родовищі

№ з/п	№ свердловини	Глибина, м		Результати випробування					
		проектна	фактична	дата оцінювання	глибина горизонту, м		результати випробування в колоні		
					початкова	кінцева	тип перфорації	результат	висновок
1	1	3100	7199	10.12.1964 р.	1322,0	1344,0	КПР-100 по 12 отв./п.м.	Q _{а.в.} = 2095 тис. м ³ /д. Р _{ст} = 115 атм.	пром. припл. газу
				15.12.1964 р.	1030,0	1047,0	КПР-100 по 12 отв./п.м.	Q = 157,5 тис. м ³ /д. Р _{ст} = 90 атм.	пром. припл. газу
				12.01.1965 р.	710,0	719,0	ПКС-105 по 12 отв./п.м.	Q _{а.св.} = 1196 тис. м ³ /д. Р _{пл} = 68,3 атм.	пром. прип. газу
2	4	3100	2931	19.11.1965 р.	1465,0	1474,0	ПКС-105 по 12 отв./п.м.	Q _{а.св.} = 132 тис. м ³ /д.	пром. припл. газу
				28.04.1966 р.	1335,0	1366,0	ПКС-105 по 12 отв./п.м.	Q _{а.св.} = 1920 тис. м ³ /д. Р _{пл} = 132 ата	пром. припл. газу
				01.03.2004 р.	1465,0	1471,0	ПР-42 по 12 отв./п.м.	Q _{газу} = 6,5 тис. м ³ /д.	прип. газу
3	7	2350	2493	05.10.1965 р.	816,5	819,0	ПКС-80 по 13 отв./п.м.	Q _{а.св.} = 46,6 тис. м ³ /д. Р _{пл} = 75,2 ата	припл. газу
4	10	2500	2510	30.11.1966 р.	802,0	808,0	ПКС-80 по 12–13 отв./п.м.	Q _{а.св.} = 69,5 тис. м ³ /д. Р _{пл} = 74,9 ата	пром. припл. газу
5	14	2500	2067	11.02.1967 р.	1408,0	1420,0	ПКС-105 по 12 отв./п.м.	Q _{а.св.} = 51,5 тис. м ³ /д. Р _{пл} = 132,5 ата	пром. припл. газу
6	15	1700	1695	30.06.1965 р.	1057,0	1088,0	КПР по 14 отв./п.м.	Q _{а.св.} = 39,8 тис. м ³ /д. Р _{пл} = 103,5 ата	пром. припл. газу
7	17	2500	2161	23.07.1966 р.	1947,0	1956,0	ПКС-105 по 12 отв./п.м.	Q _{а.св.} = 7,8 тис. м ³ /д. Р _{пл} = 192 ата	припл. газу
				30.11.1967 р.	1329,0	1352,0	ПКС-105 по 12 отв./п.м.	Q _{а.св.} = 355 тис. м ³ /д. Р _{пл} = 132 ата	припл. газу
				16.07.2002 р.	1046,0	1058,0	ПКР-42С по 10 отв./п.м.	Q _{газу} = 6,7 тис. м ³ /д.	припл. газу
8	21	1510	1510	17.06.1997 р.	1297,0	1325,0	ПКС-80 по 12 отв./п.м.	Q _{газу} = 131,9 тис. м ³ /д. Р _{пл} = 156 ата	пром. припл. газу

Продовження Табл. 1

№ з/п	№ свердловини	Глибина, м		Результати випробування					
		проектна	фактична	дата оцінювання	глибина горизонту, м		результати випробування в колоні		
					початкова	кінцева	тип перфорації	результат	висновок
9	22	1510	1510	22.09.1996 р.	1321,0	1339,0	ПР-54 по 10 отв./п.м.	Qгазу = 104,5 тис. м ³ /д. Рпл = 136 ата	пром. припл. газу
				01.07.2012 р.	859,0	867,0	ЗКМ-38 Д	Qг = 7 тис. м ³ /д. Ртр/зтр = 41/42 ата	пром. припл. газу
10	23	1500	1500	01.03.1997 р.	1027,0	1039,0	ПР-43 по 10 отв./п.м.	Qгазу = 27 м ³ /д.	пром. припл. газу
11	24	1500	1500	08.09.1997 р.	1345,0	1358,0	ПКС-80 по 9 отв./п.м.	Qгазу = 270 тис. м ³ /д.	пром. припл. газу
				05.06.2002 р.	1054,0	1061,0	ЗГ2-42 по 10 отв./п.м.		пром. припл. газу
12	31	2080	2080	29.06.2019 р.	1479,0	1486,0	Дупавелл 23 g по 18 отв./м		пром. припл. газу

Примітка: КПР, ПКС, ПР, ПКР, ЗКМ, ЗГ – тип устаткування для перфорації в колоні свердловини; м³/д. – метрів кубічних на добу; пром. припл. – промисловий приплив.

Станом на 01.01.1994 р. Левенцівське родовище перебувало в консервації. Наразі відомо, що на цій площі пробурено, принаймні, 22 свердловини різної категорії – крім пошукових та розвідувальних, зокрема, й експлуатаційні (добувні). На теперішній час родовище експлуатується. Відповідну ділянку надр площею 14,3 км² (Рис. 2) надано в користування Акціонерному товариству “Укргазвидобування” (зокрема, Газопромислового управління “Шебелинкагазвидобування” цього товариства). У 2019 р. на родовищі було видобуто 25 млн м³ газу природного горючого. Зокрема, з того, що віднесений до категорії запасів С-1, видобуто

22 млн м³, натомість 3 млн м³ – з належного до категорії С-2. Станом на 01.01.2020 р. накопичений видобуток природного газу з початку розробки Левенцівського газоконденсатного родовища становив 728 млн м³, а його загальні запаси – 307 млн м³ (крім цього, загальні запаси конденсату категорії С-1 оцінені у 2 тис. т).

Проаналізувавши матеріали паспортів 12 свердловин на Левенцівському родовищі, автор узагальнив наявні дані стосовно поточного стану їх промислової експлуатації, зокрема, у 2018–2020 рр., та навів у Табл. 2.

Таблиця 2. Стан експлуатації свердловин на Левенцівському газоконденсатному родовищі

№ свердловини	Дата надання інформації	Назва горизонту	Тип колектора	Інтервал перфорації, м		Тип флюїду	Дебіт газу початковий, тис. м ³ /д.	Дебіт газу поточний, тис. м ³ /д.	Об'єм відбору газу поточний, тис. м ³	Пластовий тиск, МПа
				початок	кінець					
1	21.03.2000	Б-1	теригенний	710,0	729,0	газ	60,0	10,0	24390,0	5,2
4	30.03.2000	В-4	теригенний	1335,0	1346,0	газ/конденсат	100,0		газ – 69754,0 конденсат – 243,0 т	
	30.07.2004	В-5	теригенний	1465,0	1471,0	газ/конденсат	2,0	газ – 5,0	4489,0	10,6
7	30.03.2000	В-4	теригенний	816,5	819,0	газ				
	30.03.2000	В-5	теригенний	816,5	819,0	конденсат				
10	16.02.2018	С-1	теригенний	805,0	808,0	газ	20,0	8,0	66460,0	3,6
14	30.03.2000	В-4	теригенний	1408,0	1420,0	газ/конденсат	5,0	газ – 7,0	конденсат – 8,0 т	9,5
	37105,0								8,4	

Продовження Табл. 2

№ свердловини	Дата надання інформації	Назва горизонту	Тип колектора	Інтервал перфорації, м		Тип флюїду	Дебіт газу початковий, тис. м ³ /д.	Дебіт газу поточний, тис. м ³ /д.	Об'єм відбору газу поточний, тис. м ³	Пластовий тиск, МПа
				початок	кінець					
15	31.03.2000									
	25.07.2007	С-4	теригенний	1057,0	1088,0	газ		7,0	26371,0	5,7
17	30.03.2000	В-4	теригенний	1329,0	1353,0	газ	70,0		14284,0	
		В-5	теригенний	1329,0	1353,0	конденсат	0,63 т/д.		97,0 т	
21	16.02.2018	В-4	теригенний	1297,0	1325,0	газ	100,0	15,0	56793,0	5,6
22	16.02.2018	С-2	теригенний	859,0	867,0	газ	7,0	5,0	9689,0	5,7
	30.03.2000	В-4	теригенний	1321,0	1339,0	газ	100,0	газ – 30,0	114687,0	7,1
								конденсат – 272,0 т	7,1	
23	30.03.2000	С-4	теригенний	1027,0	1444,0	газ	5,0	15,0	19181,0	9,4
24	16.02.2018	С-4	теригенний	1054,0	1061,0	газ	15,0	13,0	67332,0	4,9
	30.03.2000	В-5	теригенний	1345,0	1358,0	конденсат	1,0 т/д.		39825,0	
								284,0 т		
31	31.01.2020	С-21	теригенний	1479,0	1486,0	газ/конденсат	32,0	30,9	2231,04	5,2

Примітка: т/д. – тон на добу.

Картографічний матеріал (Рис. 10, 12) свідчить про досить рівномірне розташування свердловин глибокого буріння на площі Левенцівського газоконденсатного родовища. Проте, навіть з урахуванням цього факту, детальний аналіз наведених у таблицях 1 і 2 даних вказує на те, що за приблизно однакових умов (нафтогазоносний горизонт, що приурочений до певного стратиграфічно визначеного пласта; інтервал глибин, в якому виконано випробування конкретного нафтогазоносного горизонту в колоні свердловини; тип перфорації, тобто тип устаткування, яким воно здійснено, і щільність перфорованих у колоні отворів; діаметр штуцера у свердловині під час відкачування флюїду тощо) були отримані відмінні, іноді істотні у значеннях, дебіти припливів природного газу у цих свердловинах, встановлені різні покази пластового тиску. Ці факти можна інтерпретувати як наявність у межах тривимірного простору Левенцівського родовища та прилеглих до нього площ полігона локальних об'ємів осадових гірських порід, що мають підвищену пористість, зменшену щільність, а тому здатні накопичувати відносно більші обсяги різноманітних флюїдів,

зокрема, вуглеводневих. Своєю чергою, це може свідчити про розвиток у геологічному розрізі району досліджень неоднорідностей, зумовлених зонами підвищеної тріщинуватості та можливого дилатансійного розуцілення порід осадового чохла, що характеризують їх анізотропні геофлюїдопроникні та флюїдоємнісні властивості.

Зазначені неоднорідності могли утворитися внаслідок тектоно-геодинамічних (імовірно – неотектонічних) процесів, що відбувалися в районі південної прибортової зони ДДЗ, для якої в палеозої були притаманні різноманітні палеогеографічні умови осадконакопичення (Арсирій и др., 1984; Гавриш и др., 1989; Стомба и др., 1993), особливо відмінні в напрямку від крайового порушення до центральної частини грабена. Врешті, ці особливості й визначають відмінності у реологічних властивостях осадових порід, а отже й в їхніх флюїдовмісних характеристиках. Таким чином, є передумови вважати поширення на площі Левенцівського полігона неоднорідних за своїми параметрами утворень в осадовому покриві. Це є підставою диференційовано по площі оцінювати й ступінь нафтогазоносності порід чохла та визначати

перспективи прогнозування у цьому районі своєрідних локальних *sweet spots*, сприятливіших для подальших розвідок покладів газу та конденсату.

З метою визначення комплексу параметрів, що можуть бути інформативними у відображенні особливостей нафтогазоносності Левенцівської ділянки, для виконання подальших досліджень необхідно залучити інформацію про просторово розподілені апіорні геологічні, геофізичні, геохімічні, гідрогеологічні та інші дані. У разі наявності щодо території досліджень, це такі матеріали:

1) наявні геологічні дані:

параметризовані розрізи по свердловинах;

параметризовані геологічні розрізи за профілями;

матеріали про фізико-механічні параметри гірських порід осадового чохла (зокрема, відкладів зони аерації);

матеріали стосовно мінеральних включень у ґрунтах і поверхневих відкладах;

2) апіорні дані площинних/профільних деталізаційних геофізичних досліджень:

гравіметричних (зокрема, дані з градієнта сили тяжіння за координатою Z , тобто значення другої похідної з гравітаційного потенціалу – W_{zz});

магнітометричних (з аномалій магнітного поля ΔT_a , ΔZ_a , ΔH_a та їх трансформацій, які також надані матеріалами аналітичного продовження в нижній напівпростір);

електрометричних (зокрема, дані стосовно позірної опору геологічного середовища ρ_n);

термометричних досліджень (зокрема, дані про температуру підґрунтового шару осадових відкладів на глибині до 1 м);

радіометричних (зокрема, дані гамма-спектрометрії);

3) наявні дані деталізаційних еманацийних, газо- та літогеохімічних досліджень:

стосовно радон-торонових (Rn/Tn) еманаций;

стосовно газово-ізотопного складу підґрунтового повітря, ґрунтових і підземних вод: зокрема, щодо вмісту вільних ВВ – гомологів метану (CH_4), етану (C_2H_6), етилену (C_2H_4), пропілену (C_3H_6), важких ВВ – ізобутану (iC_4H_{10}), бутану (nC_4H_{10}), ізопентану (iC_5H_{12}), пентану (C_5H_{12}), гексану (C_6H_{14}) та ін., а також водню (H_2), гелію (He), вуглекислого газу (CO_2) тощо;

стосовно концентрацій Fe, Mn, Co, Cr, V, Ti та інших металів зі змінною валентністю у відкладах верхньої частини ґрунтового профілю;

4) апіорні гідрогеологічні дані:

стосовно рівнів та режиму залягання ґрунтових вод по площі та їх мінералізації;

матеріали про гідрогеофільтраційні параметри гірських порід осадового чохла на тестових площах/еталонних об'єктах;

5) інші дані (наприклад, стосовно гумусності ґрунтових різновидів тощо).

Указані інформативні параметри відобразатимуть різні за природою фізичні явища і процеси, які, своєю чергою, характеризуватимуть різні атрибутивні властивості та структурно-тектонічні особливості реального геологічного середовища.

Зокрема, особливості, що пов'язані з нафтогазоносністю надр: насамперед наявність сучасних геодинамічно активних диз'юнктивних зон підвищеної флюїдопроникності, що визначають шляхи міграції до земної поверхні різних за складом флюїдів, які є вуглеводневими індикаторами, і, зрештою, – наявність окремих газоконденсатних покладів в утвореннях чохла в межах Левенцівського полігона, а також наявність інших характерних ознак у геологічному середовищі території досліджень загалом.

Висновок

Отже, базуючись на розроблених критеріях до наземних завірково-калібрувальних полігонів для проведення аерокосмогеологічних досліджень нафтогазопошукового спрямування, у межах Дніпровсько-Донецької западини обґрунтовано і вибрано Левенцівський полігон. Щодо території полігона зібрано та проаналізовано відповідну ландшафтну та апіорну геолого-геофізичну інформацію: стан геолого-геофізичної вивченості, дані про структурно-тектонічну, літологічну будову, про нафтогазоносність. Зокрема, за матеріалами паспортів 12 свердловин глибокого буріння на Левенцівському газоконденсатному родовищі з наявними географічними координатами проаналізовані та наведені результати їх промислового випробування. Зроблено висновок про поширення на площі полігона неоднорідних за своїми властивостями утворень в осадовому чохлі, що є підставою диференційовано оцінювати й ступінь нафтогазоносності його порід.

Продемонстровано складові створеної фактографічної частини дистанційної основи території досліджень, що базуються на даних багатоспектрального космічного знімання і якнайповніше відображають особливості розвитку сучасних екзогенних процесів та різні компоненти ландшафту земної поверхні в її межах, а отже є придатними для аналізу спектральних характеристик цільових елементів природного середовища. Матеріали дистанційної основи насамперед придатні для проблемно-орієнтованого геологічного дешифрування і, зважаючи на їх координатну прив'язку, для складання відповідних тематичних картосхем і картографічних моделей.

Подальші роботи з метою визначення комплексу інформативних параметрів, що відображають наявність вуглеводневих покладів у межах полігона, повинні ґрунтуватись на прийнятті або виробленні на підставі аналізу комплексу апіорних геолого-геофізичних матеріалів адекватної геоісторично-генетичної моделі розвитку і будови відповідної території та наявних на ній відомих газоконденсатних локальних покладів і пасток. Для цього необхідно зібрати й опрацювати щодо району Левенцівського полігона:

матеріали з детальних або навіть деталізаційних (масштабів від 1:50 000 до 1:10 000) структурно-картографічних побудов по продуктивних нафтогазоносних горизонтах;

дані детальних площинних ґрунтознавчих, структурно-картувальних, сейсмозв'язувальних КМЗХ і МСГТ, гравіметричних, магнітометричних, радіометричних, геохімічних (гідро-, газо-, атмо-, літо(педо)геохімічних) та інших робіт, які були б доповнені результатами геофізичних досліджень свердловин і літологічних аналізів кернавого матеріалу.

Викладені результати отримані під час виконання науково-дослідної роботи “Нові наукоємні методи пошуку родовищ вуглеводнів на основі комбінування геолого-геофізичної, геохімічної і дистанційної інформації” у рамках програмно-цільової та конкурсної тематики НАН України.

Література

- Азімов, О. Т. (2005). Пошуки резервуарів вуглеводнів у глибокостанурених горизонтах Срібнянської депресії Дніпровсько-Донецької западини аерокосмічними методами. *Науковий вісник Івано-Франківського НТУ нафти і газу*, 3 (12), 5–14. <http://elar.nung.edu.ua/handle/123456789/1145>.
- Азімов, О. Т. (2007а). Аналітичний огляд аерокосмічних методів вивчення геологічних структур і процесів. Ст. 2. Теоретичні основи виявлення особливостей будови земної кори за матеріалами дистанційних зйомок. *Зб. наук. пр. УкрДГРІ*, 2, 250–260.
- Азімов, О. Т. (2007б). Аналітичний огляд аерокосмічних методів вивчення геологічних структур і процесів. Ст. 3. Характеристика напрямів тематичного дешифрування матеріалів дистанційних зйомок. *Зб. наук. пр. УкрДГРІ*, 3, 124–136.
- Азімов, О. Т. (2007в). Пошуки пасток нафти і газу неантиклінального та комбінованого типів з застосуванням технологій дистанційного зондування Землі. *Зб. наук. пр. НГУ*, 27, 208–216.
- Азімов, О. Т. (2008). *Дослідження диз'юнктивних дислокацій земної кори аерокосмічними методами (на прикладі регіонів України)* (автореф. дис. д-ра геол. наук. ІГН НАН України, Київ. http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis64r_81/cgiirbis_64.exe).
- Азімов, О. Т. (2009). Оперативне прогнозування нафтогазових пасток неантиклінального та комбінованого типів за результатами аерокосмогеологічних досліджень. *Зб. наук. пр. ІГН НАН України*, 2, 13–19.
- Азімов, О. Т. (2012). Методологія розрізнення диз'юнктивних дислокацій за матеріалами дистанційних зйомок. Ст. 7. Вимоги до наземних завіркових (калібрувальних) даних. *Зб. наук. пр. УкрДГРІ*, 1, 113–119.
- Азімов, О. Т. (2023). Аерокосмогеологічні дослідження П'ятигорівської площі Дніпровсько-Донецької западини (уточнення структури, виявлення зон тектонічної активізації). *Український журнал дистанційного зондування Землі*, 10 (2), 35–45. <https://doi.org/10.36023/ujrs.2023.10.2.241>.
- Азімов, О. Т., Даргейко, Л. Ф. (2014). Інформаційно-аналітичне забезпечення регіональної оцінки мінливості товщин відкладів, перспективних на пошуки вуглеводнів. *Теоретичні та прикладні аспекти геоінформатики*, 11 (с. 43–58). Київ: ЦММ ІГН НАН України.
- Арсирій, Ю. А., Витенко, В. А., Палий, А. М., Цьпко, А. К. (Ред.). (1984). *Атлас геологического строения и нефтегазоносности Днепровско-Донецкой впадины*. Киев: Мин-во геологии УССР, УкрНИГРИ.
- Архіпов, О. І., Титаренко, О. В., Єфіменко, Т. А. (2022). Оцінювання газоперспективності ділянок Ливенської площі за матеріалами космогеологічних досліджень. *Укр. журн. дистанційного зондування Землі*, 9 (4), 13–25. <https://doi.org/10.36023/ujrs.2022.9.4.224>.
- Атлас родовищ нафти і газу України*. (1998–1999). (Т. III). *Східний нафтогазоносний регіон*. Львів: Центр Європи. ISBN 966-7022-04-8.
- Аэрокосмические исследования на региональном этапе геологоразведочных работ на нефть и газ*. (1988). Москва: Недра.
- Багрій, І. Д., Карпенко, О. М., Семенюк, В. Г. ... Подоба, В. О. (2016). *Геолого-структурно-термо-атмогеохімічні технології прогнозування, пошуків і розвідки родовищ вуглеводнів*. Київ: ІГН НАН України. ISBN 978-966-02-8042-7.
- Вергуненко, І. В. (відп. викон.). (2019). *Звіт про виконання тематичних робіт з переробки та переінтерпретації геолого-геофізичних матеріалів минулих років на Новостепанівсько-Євецькій площі*. Київ: ДГП “Укргеофізика”.
- Гавриш, В. К. (Ред.). (1989). *Геология и нефтегазоносность Днепровско-Донецкой впадины. Глубинное строение и геотектоническое развитие*. Киев: Наук. думка. ISBN 5-12-000587-X.
- Дворянин, Є. С. (1996). *Структурно-тектонічна карта Дніпровсько-Донецької западини* (Поясн. записка, м-б 1:200 000). Київ: ДГП “Укргеофізика” Держкомгеології України.
- Исмаилов, Т. К. (1980). Развитие методов и средств подспутниковых наблюдений. *Исследование Земли из космоса*, 1, 35–39.
- Лукін, О., Азімов, О., Пупов, В., Семко, М. (2008). *Аналіз перспектив нафтогазоносності площ і прогнозних пасток неантиклінального та комбінованого типів у верхньовізейських теригенних відкладах Східного нафтогазоносного регіону України* (звіт про тем. роботу, № ДР 0105U001810). Кн. 1. Київ: ІГН НАН України.
- Лялько, В. І., Попов, М. О. (Ред.). (2006). *Багатоспектральні методи дистанційного зондування Землі в задачах природокористування*. Київ: Наук. думка. ISBN 966-00-0403-1.
- Лялько, В. І., Попов, М. О. (Ред.). (2017). *Сучасні методи дистанційного пошуку корисних копалин*. Київ: ЦАКДЗ ІГН НАН України. ISBN 978-966-02-8295-7.
- Лялько, В. І., Шпортюк, З. М., Сибірцева, О. М., Дугін, С. С. (2014). Застосування гіперспектральних індексів для визначення змін трав'яного покриву за даними спектрометричної зйомки. *Доп. НАН України*, 4, 105–111. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2014.04.105>
- Попов, М. О., Топольницький, М. В., Титаренко, О. В., Станкевич, С. А. (2022). Метод формування прогнозних оцінок нафтогазоносності ділянок надр шляхом комбінування геологічної, наземної параметричної та супутникової інформації. *Вісн. Київ. нац. ун-ту ім. Тараса Шевченка. Геологія*, 1(96), 104–112. <http://doi.org/10.17721/1728-2713.96.14>.
- Розанов, Л. Н. (1982). Геодинамический подход к дешифрированию космоснимков при решении задач нефтегазовой геологии. *Геология нефти и газа*, 6, 39–42.
- Руденко, Л. Г. (Ред.). (2007). *Національний атлас України*. Київ: ДНВП “Картографія”. ISBN 978-966-475-067-4.
- Стовба, С. Н., Самойлюк, А. П., Турчаненко, Н. Т. и др. (1993). *Анализ эффективности геофизических исследований ГПП “Укргеофизика”* (отчет по теме 113/89, № ГР 39-91-82/2). Кн. 1. Киев: ГПП “Укргеофизика”.

- Товстюк, З., Ключко, В., Левчик, О. ... Маняк, Н. (2009). *Вдосконалення супутникових технологій пошуку та прогнозу покладів вуглеводнів на прикладі перспективних об'єктів Азово-Чорноморського регіону та Дніпровсько-Донецької западини* (звіт про НДР, № ДР 0105U000926). Київ: ЦАКДЗ ІГН НАН України.
- Azimov, O. (2023). *Active tectonics and the current stress field within local areas of the Dnieper-Donets Depression, taking into account the data of remote sensing of the Earth*. Proc. Int. Conf. of Young Professionals «GeoTerrace-2023» (02-05 October 2023, Lviv, Ukraine), 1–5. <https://eage.in.ua/wp-content/uploads/2023/09/GeoTerrace-2023-028.pdf>.
- McFeeters, S. K. (1996). The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *Int. J. Remote Sens.*, 17 (7), 1425–1432. <https://doi.org/10.1080/01431169608948714>.
- ### References
- Aerospace investigation on the regional stage of petroleum exploration works.* (1988). Moscow: Nedra (in Russian).
- Arkhipov, O. I., Titarenko, O. V. & Yefimenko, T. A. (2022). Assessment of gas prospects of the areas on the Lyvenska territory based on the space and geological research materials. *Ukr. J. Remote Sens. (Ukraine)*, 9 (4), 13–25. <https://doi.org/10.36023/uirs.2022.9.4.224> (in Ukrainian with English summary).
- Arsiriy, Yu. A., Vitenko, V. A., Paliy, A. M. & Tsypko, A. K. (Eds.). (1984). *Atlas of geological structure and oil-and-gas-bearing of the Dnieper-Donets Depression*. Kiev: UkrSSR Ministry of Geology, UkrSGRI (in Russian).
- Atlas of oil and gas fields of Ukraine.* (1998–1999). (Vol. III). *Eastern oil-and-gas-bearing region*. Lviv: Centre of Europe Press. ISBN 966-7022-04-8.
- Azimov, O. T. (2005). Searching of the hydrocarbon reservoirs in the deep abyssal formations of the Sribne trough of the Dnieper-Donets basin using the remote sensing methods. *Sci. Bull. Ivano-Frankivsk Nat. Tech. Univ. Oil & Gas (Ukraine)*, 3 (12), 5–14. <http://elar.nung.edu.ua/handle/123456789/1145> (in Ukrainian with English summary).
- Azimov, O. T. (2007a). Analytical review of aerospace methods for investigation of geological structures and processes. Part 2. Theoretical foundations of revelation of the Earth crust's peculiarities of structure on the base of remote sensing data. *Sci. Proc. UkrSGRI (Ukraine)*, 2, 250–260 (in Ukrainian with English summary).
- Azimov, O. T. (2007b). Analytical review of aerospace methods for investigation of geological structures and processes. Part 3. Characteristic of thematic decoding lines of remote sensing data. *Sci. Proc. UkrSGRI (Ukraine)*, 3, 124–136 (in Ukrainian with English summary).
- Azimov, O. T. (2007c). Searching of oil and gas traps of unanticline and combination types on the base of remote sensing technologies. *Sci. Proc. NMU (Ukraine)*, 27, 208–216 (in Ukrainian with English summary).
- Azimov, O. T. (2008). *Research of disjunctive dislocations in the Earth's crust with remote sensing methods (by the examples of some Ukraine's regions)*. (Extended abstract of Doctor Geol. Sci. thesis). Inst. Geol. Sci., NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine. http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis64r_81/cgiirbis_64.exe (in Ukrainian with English abstract).
- Azimov, O. T. (2009). Prompt prediction of unanticline and combination oil and gas traps via results of aerospace geological investigation. *Sci. Proc. IGS, NAS of Ukraine (Ukraine)*, 2, 13–19. (in Ukrainian with English summary).
- Azimov, O. T. (2012). Methodology of disjunctive dislocations distinguishing via remote sensing data. Part 7. Ground verification (calibrating) data requirements. *Sci. Proc. UkrSGRI (Ukraine)*, 1, 113–119 (in Ukrainian with English summary).
- Azimov, O. T. (2023a). Aerocosmogeological studies of the Piatyhorivka area of the Dnieper-Donets Depression (correction of the structure, identification of tectonic activation zones). *Ukr. J. Remote Sens. (Ukraine)*, 10 (2), 35–45. <https://doi.org/10.36023/uirs.2023.10.2.241> (in Ukrainian with English summary).
- Azimov, O. (2023b, October). *Active tectonics and the current stress field within local areas of the Dnieper-Donets Depression, taking into account the data of remote sensing of the Earth* (p. 1–5). Proc. Int. Conf. of Young Professionals «GeoTerrace-2023». Lviv. <https://eage.in.ua/wp-content/uploads/2023/09/GeoTerrace-2023-028.pdf>.
- Azimov, O. T. & Dargeiko, L. F. (2014). Information and analytical support the regional estimation of variability the thickness of oil and gas prospective sediments. *Theoretical and Applied Aspects of Geoinformatics: Sci. Proc. (Ukraine)*, 11 (p. 43–58). Kyiv: CMM IGS, NAS of Ukraine (in Ukrainian with English summary).
- Bagriy, I. D., Karpenko, O. M., Semeniuk, V. H. ... Podoba, V. O. (2016). *Geostructural, thermic, and atmogeochemical technologies of predicting and exploration of hydrocarbon deposits: Educational guidance*. Kyiv: IGS of NAS of Ukraine. ISBN 978-966-02-8042-7 (in Ukrainian).
- Dvorianyn, Ye. S. (1996). *Structural and tectonic map of the Dnieper-Donets Depression*. (Explanatory note, scale of 1:200 000). Kyiv: SGE Ukrgeofizyka, State Committee of Geology of Ukraine (in Ukrainian).
- Gavriush, V. K. (Ed.). (1989). *Geology and oil-and-gas bearing of the Dnieper-Donets Depression. Deep structure and geotectonic evolution*. Kiev: Naukova dumka. ISBN 5-12-000587-X (in Ukrainian).
- Google Maps <https://www.google.com/maps>
- İsmayilov, T. K. (1980). Development of methods and means of satellite observations. *Res. Earth from Space (USSR)*, 1, 35–39 (in Russian with English summary).
- Lukin, O., Azimov, O. Pupov, V. & Semko, M. (2008). *Analysis of the oil-gas-bearingness prospective for areas and predicted traps of unanticline and combination types in the Upper Visean terrigenous sediments of the East oil-gas-bearing region of Ukraine*. (Report on the thematic work, No. SR 0105U001810). Vol. I. Kyiv: IGS, NAS of Ukraine (in Ukrainian).
- Lyalko, V. I. & Popov, M. O. (Eds.). (2006). *Multispectral remote sensing in nature management*. Kyiv: Naukova dumka. ISBN 966-00-0403-1 (in Ukrainian).
- Lyalko, V. I. & Popov, M. O. (Eds.). (2017). *Novel remote sensing methods for minerals prospecting*. Kyiv: CASRE IGS, NAS of Ukraine. ISBN 978-966-02-8295-7 (in Ukrainian).
- Lyalko, V. I. Shportniuk, Z. M., Sibirtseva, O. M. & Dugin, S. S. (2014). Application of hyperspectral indices for the detection of grass cover changes from spectrometric survey data. *Dopovidi (Reports) Nat. Acad. Sci. Ukr. (Ukraine)*, 4, 105–112. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2014.04.105> (in Ukrainian with English abstract).
- McFeeters, S. K. (1996). The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *Int. J. Remote Sens.*, 17 (7), 1425–1432. <https://doi.org/10.1080/01431169608948714>
- Popov, M., Topolnytskyi, M., Titarenko, O. & Stankevich, S. (2022). Method for oil and gas estimates of exploration sites via geological, parametric and satellite information. *Visnyk (Bull.) Taras Shevchenko Nat. Univ. of Kyiv: Geol. (Ukraine)*, 1 (96), 104–112. <http://doi.org/10.17721/1728-2713.96.14> (in Ukrainian with English abstract).

- Rozanov, L. N. (1982). Geodynamic approach to decoding of space images at the decision of tasks of petroleum geology. *Oil & Gas Geol. (USSR)*, 6, 39–42. (in Russian).
- Rudenko, L. G. (Ed.). (2007). *National atlas of Ukraine*. Kyiv: SSPE Kartographia. ISBN 978-966-475-067-4 (in Ukrainian).
- Stovba, S. N., Samoiliuk, A. P., Turchanenko, N. T. et al. (1993). *Analysis of efficiency of geophysical researches of the SGE Ukrgeofizika*. (Report on a theme of 113/89, No. SR 39-91-82/2). Vol. I. Text. Kiev: SGE Ukrgeofizika (in Russian).
- Tovstiuk, Z., Klochko, V., Levchyk, O. ... Maniak, N. (2009). *An improvement of satellite technologies for search and forecast of the hydrocarbons reservoirs by the examples of the Azov-Black sea region and of the Dnieper-Donets basin*. (Report for scientific research, No. SR 0105U000926). Kyiv: CASRE IGS, NAS of Ukraine (in Ukrainian).
- Verhunencko, I. V. (Respons. execut.). (2019). *Report on the implementation of thematic works on reprocessing and reinterpretation of geological and geophysical materials of past years within the Novostepanivska-Yevetska area*. Kyiv: SGE Ukrgeofizyka (in Ukrainian).

JUSTIFICATION OF CHOOSING THE TEST SITES, ESTABLISHMENT OF THEIR CRITERIA AND PARAMETERS FOR THE STUDIES ON HYDROCARBON POTENTIAL ESTIMATION OF THE INTERIOR OF THE EARTH BY COMBINING GEOLOGICAL, GEOPHYSICAL, AND AEROSPACE INFORMATION

O. T. Azimov

Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth of the Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine, Olesia Honchara Str., 55-b, Kyiv, 01054, Ukraine

This paper introduces the requirements for ground calibration and verification testing sites and test plots within them, as well as some features of hydrocarbon accumulations located on their territories. This information is necessary for verification (calibration) of remote sensing data and conducting research on the analysis of the oil and gas potential of territories through the integration of aerospace technologies and geological-geophysical surveys. As a case study the Leventsivka gas-condensate field and the adjacent areas of the Dnieper-Donets Depression, which are a factographic constituent of remote sensing research of a region of interest are bridged to the Coordinate Reference System and their informativeness are analyzed to provide the problem-oriented identification. Basic information about the landscape and geological features of the deposit area and its gas potential are presented. In particular, after the processing the proper passports the results of testing for 12 deep drilling wells at the gas field with the available geographic coordinates were analyzed and presented in tabular form. It was concluded that the distribution of formations of sedimentary cover heterogeneous in their properties across the Leventsivka area gives grounds to estimate differentially the level for oil-and-gas potential of its rocks. Overview of the urgent further studies of a priori geological, geophysical, geochemical and other parameterized data has been proposed, which characterized the different attributive properties of the real geological environment among which is its oil and gas content.

Keywords: choosing test sites, establishment of criteria, geological and geophysical information, remote sensing data, data combining, oil-and-gas-bearing assessment, Dnieper-Donets Depression, Leventsivka field.

*Рукопис статті отримано 22.02.2024
Надходження остаточної версії: 22.03.2024
Публікація статті: 30.03.2024*