Ukrainian Journal of Remote Sensing

journal homepage: www.ujrs.org.ua

https://doi.org/10.36023/ujrs.2024.11.3.262

УДК 553.981.2:551.24

# Результати визначення прогнозно-перспективних об’єктів пошуку родовищ нафти та газу за комплексом геолого-геофізичних, морфометричних та дистанційних методів в межах Солохівсько-Більського криптодіапіру вздовж сейсмічного профілю Зачепилівка – Більськ

О. В. Титаренко*, Т. А. Єфіменко, С. М. Єсипович, А. Д. Бондаренко

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

У статті розглянуто комплексні геофізичні, структурно-геоморфологічні та дистанційні дослідження, що використані для оцінювання перспектив нафтогазоносності вздовж сейсмічного профілю Зачепилівка – Більськ у межах Солохівсько-Більського криптодіапіру. Реалізована методологія Тимошина – Семенової виділення в полі відбитих хвиль сліду дифузійно-ефузивного потоку вуглеводневих сполук, яка базується на переобробці сейсмічного часового розрізу регіонального профілю Зачепилівка – Більськ. Для комплексного дослідження території за матеріалами космічного знімання Sentinel-1 побудовано поверхню сучасного рельєфу вздовж профілю Зачепилівка – Більськ, аналіз якої дав змогу виділити цілу низку структурних ускладнень в рельєфі. На базі дешифрування космічних знімків створено схему лінеаментів. Виділені перспективні нафтогазоносні об’єкти за полем розсіяних хвиль на ділянці профілю Зачепилівка – Більськ з виходом на детальні дослідження. За результатами досліджень деталізовано особливості прогнозної геологічної будови Солохівського та Більського газоконденсатних родовищ.

**Ключові слова:** сейсмічний часовий розріз, слід дифузійно-ефузивного потоку, космічне знімання, схема лінеаментів.

© О. В. Титаренко, Т. А. Ефименко, С. М. Єсипович, А. Д. Бондаренко. 2024

## Вступ

Одним із ключових об’єктів національної безпеки України є сфера енергетичної безпеки. Нафтогазовий комплекс – так само стратегічно важлива для нашої країни галузь.

Підвищення ефективності пошуку та розвідки потенційних покладів вуглеводнів дає змогу збільшити їхній видобуток, що, своєю чергою, підвищить можливості генерації енергії та виробництва пального, вкрай необхідного нині як для громадського сектору, так і для потреб Збройних Сил України. Отже, розвиток технологій пошуку, розвідки нових та дорозвідки вже відомих нафтогазових родовищ є одним із стратегічних завдань сьогодення. В роботі наведено результати, які сприяють вирішенню нафтогазопошукових завдань, що вкрай важливо в умовах війни і прогнозованої енергетичної кризи.

## Постановка проблеми досліджень

*Об’єкт досліджень*: нафтогазоносні структури в межах зони зчленування Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ) і Донецької складчастої споруди (ДСС).

*Предмет дослідження:* сейсмічний профіль Зачепилівка – Більськ у межах Солохівсько-Більського криптодіапіру.

*Мета роботи* – підвищення ефективності геологорозвідувальних робіт у межах області зчленування Дніпровського грабена та відкритого Донбасу шляхом виділення ділянок із сприятливими умовами формування покладів вуглеводнів, неантиклінальних і комбінованих пасток вуглеводнів різного морфогенетичного типу на базі комплексного дослідження геолого-геофізичної, структурно-морфометричної та дистанційної інформації.

*Метод дослідження:* комплексні геофізичні, структурно-геоморфологічні та дистанційні дослідження для оцінювання перспектив нафтогазоносності.

Потрібно зазначити, що вивченість території досліджень як бурінням, так і сейсмікою, є досить нерівномірною. Найбільш вивченими є антиклінальні підняття, тоді як депресії, моноклінальні схили вивчено значно менше. Те ж саме можна сказати й про вертикальну вивченість геологічного розрізу. Більшість свердловин, пробурених у межах території досліджень, розкрила лише відклади нижньої пермі та верхнього карбону (значно менше їх виявлено в московських та башкирських відкладах), а нашарування

*E-mail: olhatitarenko66@ukr.net

серпухівського ярусу нижнього карбону досліджені лише поодинокими свердловинами.

Особлива увага в статті звернена на вивчення структур на детальному нафтогазопошуковому рівні вздовж сейсмічного профілю Зачепилівка – Більськ у межах Солохівсько-Більського криптодіапіру за комплексом геолого-геофізичних, морфометричних та дистанційних методів.

**Структура досліджень**

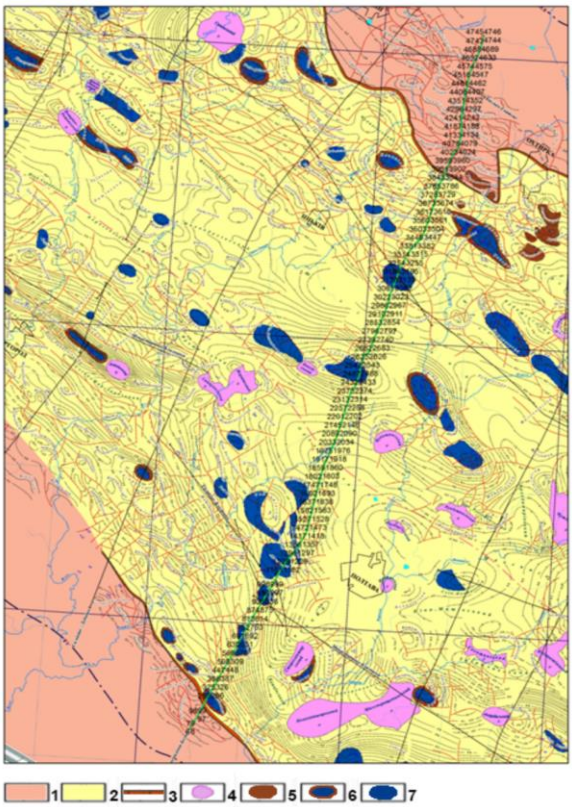
Пошуки покладів вуглеводнів (ВВ) за допомогою сейсмічних методів розвідки проводилися переважно за допомогою так званої структурної інформації шляхом виділення на сейсморозрізах (сейсмічних зображеннях) структурних, тектонічно екранованих та інших видів пасток. Але в сейсмічному хвильовому полі крім структурної наявна і неструктурна інформація у вигляді швидкісного та динамічного компонентів. Саме неструктурна інформація підкреслює такі особливі елементи геологічного розрізу як літолого-фаціальні пастки ВВ і наявність в них скупчень вуглеводневої сировини. Навколо скупчень ВВ і над ними, фіксується обсяг епігенетично перетворених відкладів із фізичними властивостями, які змінилися порівняно з навколишніми породами, що насамперед відображається на динамічних параметрах сейсмічного поля.

На сьогодні у відділі аерокосмічних досліджень в геології та геоекології ДУ "Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України" реалізована методика Тимошина – Семенової виділення в полі відбитих хвиль сліду дифузійно-ефузивного потоку вуглеводневих сполук, яка базується на переобробці сейсмічної інформації. Після вилучення з поля відбитих хвиль структурного компонента за розсіяним полем розраховуються компоненти акустичної жорсткості (швидкість помножена на щільність) для геологічного розрізу. Називають цей розріз неструктурної інформації – акустичним полем розсіяних хвиль, а аномальні об'єкти – умовно "м'якими" та "жорсткими" (Тимошин Ю. В., 1993).

Для дослідження вибрано регіональний сейсмічний профіль Зачепилівка – Більськ, що перетинає всю ДДЗ від Південного борту до Північного (Рис. 1).

**Основний матеріал досліджень**

Сейсмічні горизонти представлені у внутрішніх координатах простору (від 0 до 4747 по горизонталі) та часу – до 6996 мс. Оскільки вони опираються на численні свердловини, осадові комплекси вимальовуються достатньо достовірно. З відкладами пізнього девону ($D_3fm$, $D_3f$) пов'язані не тільки відмінні колекторські властивості розрізу, але й розвиток солі, течія якої формує структурні глибинні моделі криптодіапірової тектоніки. На профілі (пікети 1500–3600) виділяється зона соляного тектогенезу. Вона розташована в межах Байрацького, Солохівського, Більського родовищ. Між двома останніми знаходиться Шилівська депресія, де зафіксовані пастки неантиклінального типу, пов'язані як із Солохівською, так і Більською структурами. Механізм утворення таких неантиклінальних пасток при багатоетапному рості соляних тіл вивчався Височанським І. В. (Височанський І. В., 2015).




*Умовні позначення:* 1 – *Північний та Південний борти,* 2 – *Дніпровсько-Донецький складний палеожолоб,* 3 – *крайові розломи,* 4 – *соляні штоки; родовища:* 5 – *нафтові, 6 – нафтогазові та нафтогазоконденсатні, 7 – газові та газоконденсатні.*

**Рис. 1.** Схема розміщення регіонального сейсмопрофілю Зачепилівка – Більськ на структурно-тектонічній карті Дніпровсько-Донецької западини (Дворянин Є. С., 1996)

Слід зазначити, що більшість локальних піднять та розломів ДДЗ характеризується успадкованим розвитком, що й обумовлює їх відображення в рельєфі завдяки неотектонічній активності регіону, що неодноразово встановлювалося при аерокосмогеологічних дослідженнях в ДДЗ. Саме ця особливість і дає змогу прогнозувати локальні структури на глибині, що можуть бути пастками ВВ.

До ознак неотектонічної активності глибинних структур належить і різка зміна у плані річкових долин, які часто "обтікають" структуру, при цьому час від часу спостерігається деформація повздовжніх профілів русел річок, що реагують на підняття та розломи, зміна профілю терасових рівнів, лінійна видовженість ерозійних форм, радіальний та дугоподібний плановий рисунок яружно-балочної сітки, інтенсивність ерозійних процесів тощо.

Ознаками неотектонічної активності локальних структур є, в першу чергу, форма вододільних просторів, в межах яких спостерігаються антиклінальні височини над локальними

брахіантиклінальними структурами, що ускладнюють регіональні нафтогазові осадові товщі ДДЗ.

За матеріалами радарного космічного знімання SRTM побудовано поверхню сучасного рельєфу вздовж профілю Зачепилівка – Більськ, аналіз якого дав змогу виділити цілий ряд структурних ускладнень в рельєфі (Рис. 2).

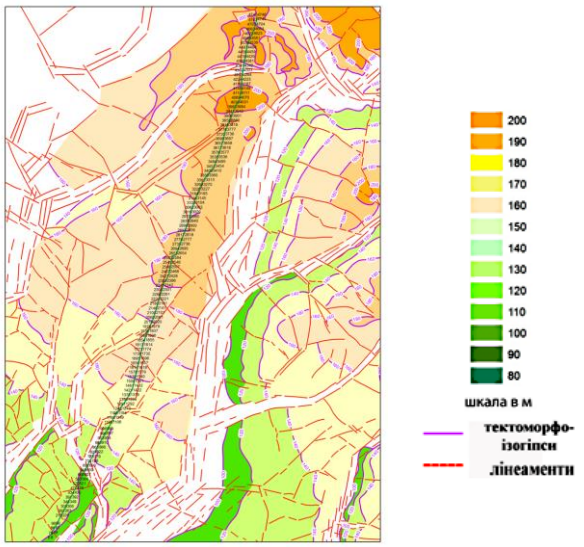



**Рис. 2.** Схема тектоморфоізогіпс вздовж регіонального сейсмопрофілю Зачепилівка – Більськ та прилеглої території

На базі дешифрування космічних знімків створено схему лінеаментів (Рис. 3).

**Рис. 3.** Схема лінеаментів вздовж регіонального сейсмопрофілю Зачепилівка – Більськ та прилеглої території: зелена лінія – сейсмопрофіль, червоні лінії – лінеаменти за результатами дешифрування космічних знімків

У межах Солохівсько-Більського криптодіапіру на сейсмічному профілі Зачепилівка – Більськ знаходяться два газоконденсатні родовища – Солохівське та Більське.

***Солохівське газоконденсатне родовище***

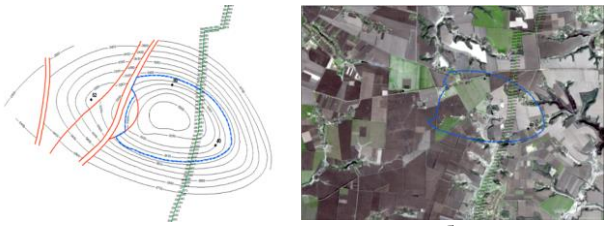
Родовище знаходиться в центральній частині приосьової зони Дніпровсько-Донецької западини і входить до складу Солохівсько-Диканського структурного валу (Арсірій Ю. О., 1999).

Підняття виявлене у мезозойських відкладах і підтверджене структурно-картувальним бурінням в утвореннях київської світи палеогену.

Всього на площі пробурено 45 свердловин: 13 для оцінювання нафтогазоносності юрського продуктивного комплексу і 32 – нижньокам'яновугільного. Розкрито розріз осадових карбонатно-теригенних порід від кайнозойських до нижньокам'яновугільних (турнейський ярус).

Структура є криптодіапіровою брахіантикліналлю субширотного простягання, ускладненою різноорієнтованими скидами амплітудою до 200 м. Вони простежуються до палеогенових відкладів. Розміри підняття в утвореннях юри – 12,0 х 5,0 км, амплітуда – 70 м, а по покрівлі візейського продуктивного горизонту В-14 – відповідно, 11,0 х 4,0 км і понад 500 м.

Поклади газу відкрито у відкладах юри (горизонт Ю), серпухівського ярусу (горизонти С-8 і С-14) і верхньовізейського під'ярусу (горизонти В-14, В-15а, В-16б, В-16в, В-16г, В-20, В-21) в інтервалі глибин 840–3957 м (Рис. 4 а). Поклади склепінні пластові тектонічно екрановані, деякі з них літологічно обмежені. Колектори складені пісковиками (Арсирій Ю. О., 1999).



а б

**Рис.4.** Солохівське газоконденсатне родовище: а – структурна карта покрівлі продуктивного горизонту В-15а (Арсирій Ю. О., 1999); б – космічний знімок Landsat-8 (2020.03.26)

Родовище розташовано на правобережжі р. Ворскла. В рельєфі це неогенове еродоване плато, максимальні відмітки сягають 195 м. Балки, які його прорізають, мають центробіжне розтікання, подекуди з врізами (див. Рис. 4 б). На схемі тектоморфоізогіпс чітко виділяється неотектонічний блок з відмітками більше 200 м (Рис. 5). Солохівська структура має пряме відображення в рельєфі (Рис. 6)

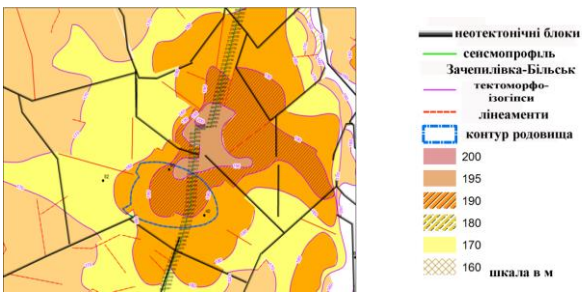



**Рис. 5.** Солохівське газоконденсатне родовище. Схема тектоморфоізогіпс

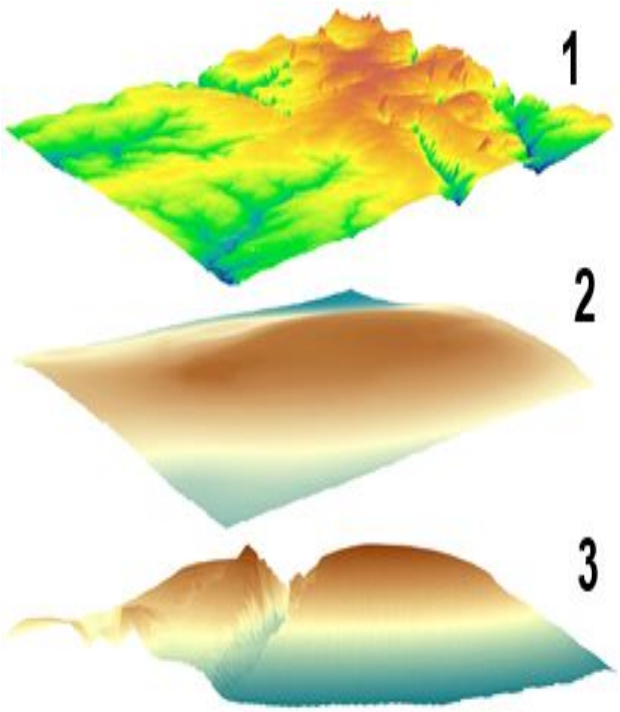



**Рис. 6.** Солохівське газоконденсатне родовище: 3D модель родовища, візуалізація: 1 – рельєф; 2 – структурна карта верхньосерпухівського ярусу нижнього карбону $C_1s$; 3 – структурна карта візейського ярусу нижнього карбону $C_1v$

***Більське газоконденсатне родовище***

Знаходиться в центральній частині приосьової зони Дніпровсько-Донецької западини на північному схилі Шилівської депресії (Арсірій Ю. О., 1999).

У результаті пошуково-розвідувальних робіт пробурено 27 свердловин і встановлена промислова нафтогазоносність нижньо-кам'яновугільних відкладів; 8 свердловин розкривають карбонатно-теригенні відклади від четвертинних до нижньокам'яновугільних (турнейський ярус).

У кам'яновугільних утвореннях структура є криптодіапіровою брахіантикліналлю північно-західного простягання. Серією поперечних і діагональних скидів амплітудою 50–200 м вона розчленована на низку тектонічних блоків. По покрівлі продуктивного горизонту В-15б підняття має розміри 18,0х5,5 км і амплітуду 450 м.

Газоконденсатні поклади встановлені в утвореннях середньої юри (горизонт Ю-1), тріасу (горизонти Т-1, Т-2, Т-3) і нижнього карбону (горизонти В-14, В-15б). Скупчення вуглеводнів пластові склепінні тектонічно екрановані. Колекторами є пісковики з високими ємнісно-фільтраційними властивостями. Газоконденсатні поклади горизонтів В-14 і В-15б введені в розробку як основний об'єкт (Рис. 7 а) (Арсирій Ю. О., 1999).

Більська структура має форму брахіантиклінальної складки північно-західного простягання. Підняття відбивається в породах палеозою, мезозою і кайнозою. Амплітуда його за оксфордськими відкладами дорівнює 170 м, розміри – 15х10 км. Південно-західне крило складки дещо крутіше північно-східного.

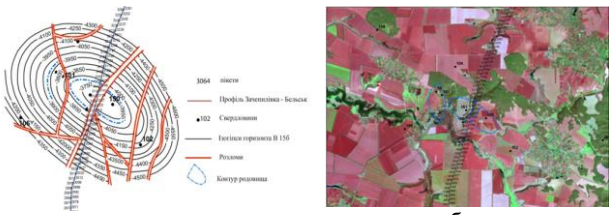



**Рис. 7.** Більське газоконденсатне родовище: а – Структурна карта покрівлі продуктивного горизонту В-15б (Арсирій Ю. О., 1999); б – космічний знімок Landsat-8 (2023.04.10)

Більське підняття розчленоване розривними порушеннями. Найбільше, з амплітудою 10–35 м, простежується в північно-східному напрямку через всю північно-східну частину складки. На південний захід від Більської структури, спостерігається інтенсивне здіймання порід осадового комплексу, яке спричинено Солохівським підняттям.

Родовище має пряме відображення в рельєфі. Більську структуру обходить лівостороння притока річки Грунь (див. Рис 7 б), а припіднятий блок, виділений за схемою тектоморфоізогіпс, має абсолютні відмітки рельєфу 185–190 м (Рис. 8, 9).

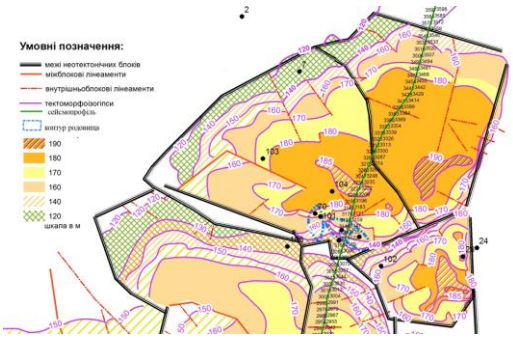



**Рис. 8.** Більське газоконденсатне родовище. Схема тектоморфоізогіпс

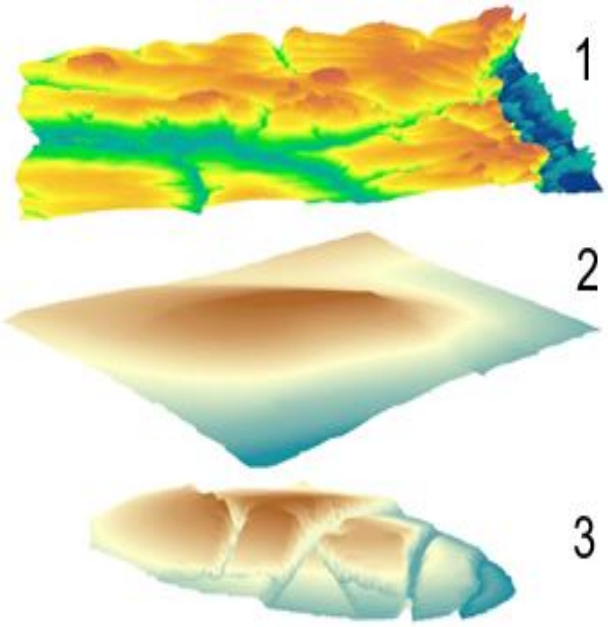
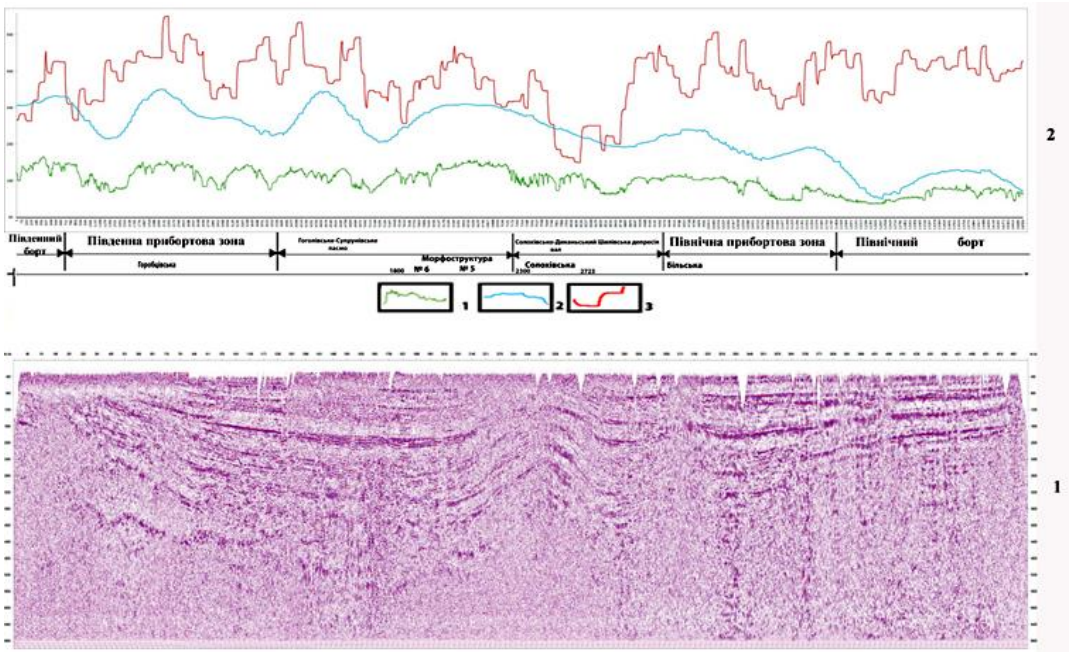



**Рис. 9**. Більське газоконденсатне родовище. 3D модель родовища, візуалізація: 1 – рельєф; 2 – структурна карта верхньосерпухівського ярусу нижнього карбону $C_1s$; 3 – структурна карта візейського ярусу нижнього карбону $C_1v$

Для виділення перспективних нафтогазоносних об’єктів на ділянці профілю Зачепилівка – Більськ у межах Солохівсько-Більського криптодіапіру проведено комплексне дослідження, результати якого подано на Рис. 10.




Умовні позначення на рисунку:
1. Сейсмопрофіль Зачепилівка – Більськ.
2. 1 – поверхня рельєфу (за матеріалами космічного знімання SRTM); 2 – магнітне поле;
3 – температура поверхні за TERRA (MODIS).

**Рис. 10.** Комплексний розріз вздовж сейсмопрофілю Зачепилівка – Більськ

За методикою виділення в полі відбитих хвиль сліду дифузійно-ефузивного потоку вуглеводневих сполук (методика Тимошина – Семенової) перераховано профіль Зачепилівка – Більськ. (Рис. 11).

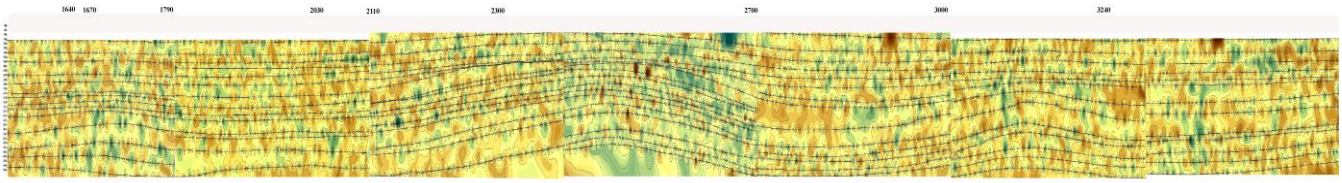


**Рис. 11.** Профіль Зачепилівка – Більськ за полем розсіяних хвиль в межах Солохівсько-Більського криптодіапіру

За результатами проведених досліджень в межах Солохівсько-Більського криптодіапіру виділено прогнозно-перспективні об’єкти (Рис. 12):

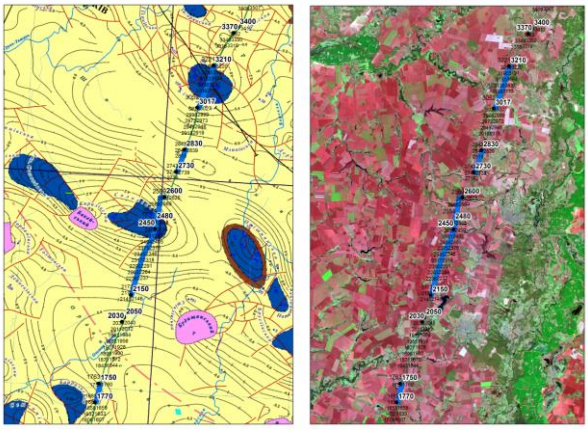
**№1 ПК 1640-1790 м** фіксується великий об’єкт від низів девону, до верхів палеогену.

**№2**. **ПК 1670-1790** підйом в товщі над діапіром.

**№3** в інтервалі **ПК 2030-2110**–підклинювання під Солохівський діапір.

**№ 4 ПК 2300-2700 м**. в ядрі Солохівського діапіра. Це може бути джерело постійної підпитки ВВ з глибини. На Більському діапірі такої глибинної аномалії немає.

**№ 5** в інтервалі **ПК 3000-3240, –** це зона Більського діапіра.



а б

**Рис. 12.** Прогнозно-перспективні об’єкти в межах Солохівсько-Більського криптодіапіру вздовж сейсмопрофілю Зачепилівка – Більськ: а – на структурно-тектонічній карті Дніпровсько-Донецької западини (структурна основа за даними Дворянін Є.С., 1996); б – космічний знімок Landsat-8 (2022.04.10)

**Висновки та наукова новизна**

Комплексне дослідження пошуку покладів вуглеводнів за допомогою структурно-геоморфологічного аналізу на основі даних дистанційного зондування Землі та в сейсмічному хвильовому полі дало змогу уточнити прогноз щодо перспективних об'єктів.

Побудована сейсмогеологічна модель за полем розсіяних хвиль для Солохівсько-Більської криптодіапірової зони: прогнозно-перспективні об'єкти в її межах тяжіють як до антиклінальних склепінь Солохівського та Більського діапірів, так і до Шилівської депресії, яка розміщена поміж ними і в якій розвинуті пастки неантиклінального типу.

Переоброблення сейсмічного часового розрізу регіонального профілю Зачепилівка – Більськ за методом Тимошина – Семенової дає змогу виділити в полі відбитих хвиль слід дифузійно-ефузивного потоку вуглеводневих сполук. Для комплексного дослідження території були використані матеріали космічного знімання Sentinel-1, Landsat-8 та радіолокаційної топографічної зйомки (SRTM), аналіз яких дав змогу виділити структурні ускладнення в рельєфі.

Отже, на території вздовж сейсмічного часового розрізу регіонального профілю Зачепилівка – Більськ у межах Солохівсько-Більського криптодіапіру виявлено 5 прогнозно-перспективних об'єктів.

**Література**

Арсірій, Ю. О. (1999). *Атлас родовищ нафти і газу України*. (Т. 3 Східний нафтогазоносний регіон, с. 1031–1038). Львів: Українська нафтогазова академія.

Височанський, І. В. (2015). *Наукові засади пошуків несклепінних пасток вуглеводнів у Дніпровсько-Донецькому авлакогені*. Монографія. Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна.

Дворянин, Є. С. (1996). *Структурно-тектонічна карта Дніпровсько-Донецької западини* (Поясн. записка до карти м-бу 1:200 000). Київ: ДГП "Укргеофізика".

Тимошин, Ю. В. и др. (1993). Сейсмогеологическая модель разреза осадочных пород, включающих залежь углеводородов. *Геофиз. журнал*, 15(2), 77–84.

**References**

Arsiriy, Y. O. (1999). *Atlas of oil and gas fields of Ukraine*. (Vol. 3 Eastern oil and gas region, pp. 1031-1038). Lviv: Ukrainian Oil and Gas Academy (in Ukrainian).

Dvoryanin, E. S. (1996). *Structural and tectonic map of the Dnipro-Donetsk depression* (Explanatory note to the map at 1:200 000). Kyiv: DGP "Ukrgeofizyka" (in Ukrainian).

Timoshin, Y. V. et al. (1993). Seismogeological model of the section of sedimentary rocks including hydrocarbon deposits. *Geophysical journal*. 15(2), 77–84 (in Russian).

Vysochansky, I. V. (2015). *Scientific principles of the search for non-vaulted hydrocarbon traps in the Dnipro-Donetsk aulacogen*. Monograph. Kharkiv: V. N. Karazin KhNU (in Ukrainian).

DETERMINATION OF PROSPECTIVE OBJECTS OF OIL AND GAS EXPLORATION BY A COMPLEX OF GEOLOGICAL, GEOPHYSICAL, MORPHOMETRIC AND REMOTE METHODS WITHIN THE SOLOKHIVSKO-BILSKYI CRYPTODIAPIR ALONG THE ZACHEPYLIVKA – BILSK SEISMIC PROFILE

O. V. Titarenko, T. A. Yefimenko, S. M. Yesypovych, A. D. Bondarenko

*State Institution "Scientific Center for Aerospace Research of the Earth of the Institute of Geosciences of the National Academy of Sciences of Ukraine", Olesya Honchara Str., 55-B, Kyiv, 01054, Ukraine*

The article deals with the complex geophysical, structural-geomorphological and remote sensing studies to assess the prospects of oil and gas bearing capacity along the Zachepylivka – Bilsk seismic profile within the Solokhivsko-Bilskyi cryptodiapir. The Timoshin – Semenova methodology for detecting a trace of diffusion-effusion flow of hydrocarbon compounds in the field of reflected waves was implemented, based on the processing of the seismic time section of the Zachepylivka – Bilsk regional profile. For a comprehensive study of the territory, the Sentinel-1 satellite imagery was used to build a modern relief surface along the Zachepylivka – Bilsk profile, the analysis of which allowed us to identify a number of structural complications in the relief. Based on the interpretation of satellite images, a lineament scheme was created. The prospective oil and gas bearing objects were identified based on the scattered wave field in the Zachepylivka – Bilsk section of the profile with access to detailed studies. The Solokhivske and Bilske gas condensate fields are considered in detail.

**Keywords:** seismic time section, diffusion-effusion flow trace, satellite imagery, lineament scheme.

*Рукопис статті отримано: 04.07.2024*
*Надходження остаточної версії: 04.09.2024*
*Публікація статті: 30.09.2024*