



<https://doi.org/10.36023/ujrs.2021.8.3.199>

УДК 553.98:528.87.004.021(477)

Алгоритм детальних досліджень для пошуку родовищ вуглеводнів на прикладі Шебелинського газоконденсатного родовища

З. М. Товстюк, С. М. Єсіпович, О. В. Титаренко, С. Г. Семенова, Т. А. Єфіменко*, М. О. Свіденюк, О. А. Рибак, А. Д. Бондаренко, О. П. Головащук, І. В. Лазаренко

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

Із метою уточнення неотектонічної будови та удосконалення алгоритму пошуку нових пасток вуглеводнів у межах виділених прогнозних площ на Шебелинській структурі виконані детальні аерокосмогеологічні дослідження. Для досліджень обґрунтовано вибраний поперечний перетин Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ) через зону Шебелинської структури, де прокладено регіональний сейсмічний профіль Лозова–Шебелинка–Старопокрівка.

У дослідженнях використовувались структурно-геоморфологічні методи, структурне дешифрування космічних знімків, а також аналізувались теплове поле, почасовий сейсмопрофіль Лозова–Шебелинка–Старопокрівка з метою виділення нових пасток у відкладах палеозой–мезозой в межах самої Шебелинської структури і в межах Східно-Шебелинського прогину.

За результатами обробки всієї наявної інформації встановлено: палеозойський комплекс не може створювати покладів вуглеводнів (ВВ) через низькі колекторські властивості і за недостатністю вивчення його будови. В неотектонічному плані Шебелинська структура має вигляд куполоподібного підняття, розбитого яружно-балковою сіткою на неотектонічні блоки. В межах найбільш активних блоків розташовані продуктивні свердловини.

Ключові слова: газоконденсатне родовище, аерокосмогеологічні дослідження, регіональний сейсмічний профіль, тектоморфоізогіпси, неотектонічні блоки, космічні знімки

© З. М. Товстюк, С. М. Єсіпович, О. В. Титаренко, С. Г. Семенова, Т. А. Єфіменко, М. О. Свіденюк, О. П. Рибак, А. Д. Бондаренко, О. П. Головащук, І. В. Лазаренко. 2021

1. Вступ

За міжнародними показниками, Україна не бідна в енергетичному сенсі держава. Маючи територію, що дорівнює 0.4 % світової, сировинні запаси надр України становлять 5 % світових. Однак, існують ще значні нерозвідані ресурси. Газова проблема в Україні на сьогодні є однією з найбільш актуальних.

Шебелинська структура виявлена в 1947 році, саме родовище відкрито тільки в 1950 році. На той час воно вважалося одним з найбільших у Європі. Його початкові запаси природного газу становили 650 млрд м³, конденсату – 8,3 млн т. Шебелинське родовище введено в експлуатацію у 1956 році.

Шебелинська структура є асиметричною брахіантиклінально північно-західного простягання. Південно-західне крило круте, північно-східне – полого. Поклад – масивно-пластовий, склепінний, висотою 1–180 м. Продуктивні горизонти – А-5 (микитівська світа) і А-6, А-8, Г-5, Г-6 (картамишська світа) пермі та Г-7–Г-13 (араукаритова світа верхнього карбону). Виділено три експлуатаційні об'єкти згори донизу: в микитівській, картамишській та араукаритовій світах. Експлуатаційні свердловини родовища

характеризуються високою продуктивністю (до 5–6 млрд м³ газу). У середньому на 1 свердловину припадає до 930 млн м³ газу (Арсірій, 1999; Палець, 1954; Брайловский, 1956).

2. Актуальність досліджень

Серед першочергових завдань, вирішення яких дасть змогу наростити запаси і збільшити видобуток власних вуглеводнів – підвищення коефіцієнта вилучення нафти і газу з покладів вуглеводнів на вже розвіданих і діючих родовищах.

За тривалий час вивчення глибоких горизонтів на Шебелинському родовищі проведено значний обсяг сейсмічних досліджень та пробурено з 1997 по 2002 рік 11 свердловин глибиною 4491–6106 м. Промислових припливів не отримано. Промислові притоки газу з відкладів верхнього карбону було отримано лише зі свердловини № 701 протягом 10 годин. У межах найбільш припіднятого Північно-Шебелинського блоку, виділеного за результатами геолого-геофізичних досліджень у 2003 році, була пробурена параметрична свердловина № 800 з метою вивчення перспектив середньо- та верхньокам'яновугільних відкладів. Свердловина розкрила горизонти пісковиків та вапняків з

* E-mail: yefimenko1751@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-0896-7449>

колекторами порово-тріщинного типу (Кривуля та інш., 2016).

Невідповідність даних буріння і позитивних даних геофізичних досліджень свердловин результатам їх випробування потребувала продовження пошуково-розвідувальних робіт, тому було заплановано буріння пошукової свердловини № 888 глибиною 5750 м. Буріння її почалося 12 грудня 2019 р. з метою видобутку газу з газоносних пластів, які залягають набагато нижче відкладів нинішнього видобутку. Очікувалося, що її стартовий дебіт становитиме близько 100 тис. м³/доба з подальшим зростанням та забезпечить приріст балансових запасів до 1.5 млрд м³ газу.

Незважаючи на сприятливий прогноз геофізичних досліджень свердловини та широкий комплекс робіт з інтенсифікації продуктивних горизонтів, припливу вуглеводневої сировини не отримано. Отже, були підтверджені дослідження О. І. Істоміна та І. С. Рослого щодо низької якості колекторів карбону, що впливає з геодинамічного стану їх формування (Єсипович, 2019). Остаточного не з'ясована і глибинна будова Шебелинського газоконденсатного родовища. За даними сейсморозвідки, достовірно виділено тільки горизонти пермі. Питання продуктивності порід карбону досі є відкритим (Рис. 1).

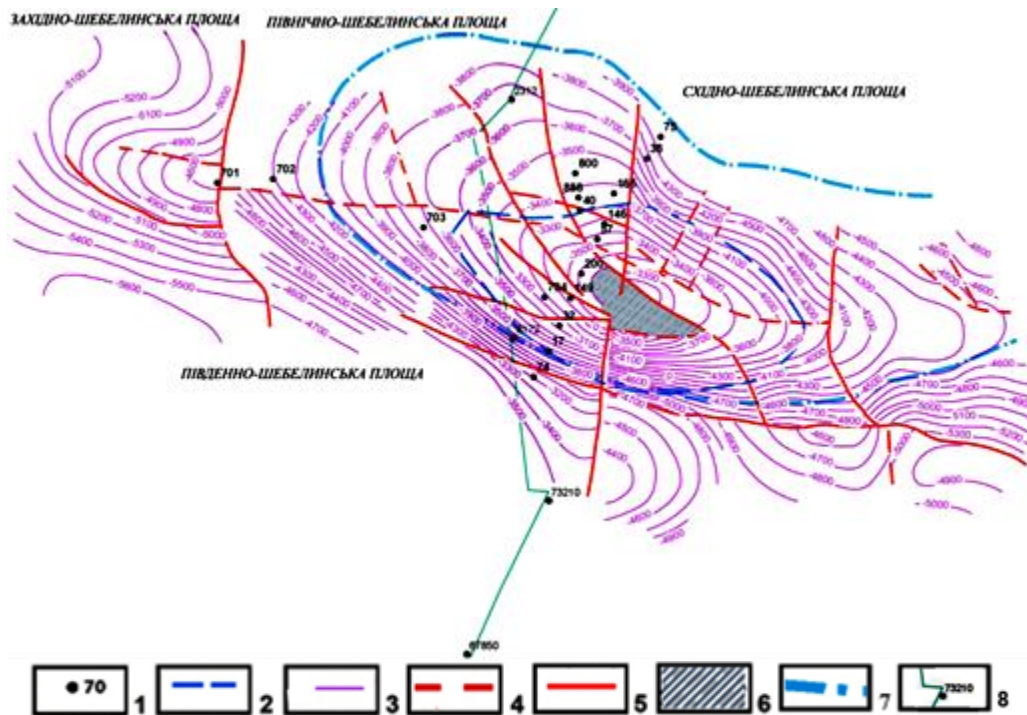


Рис. 1. Шебелинське газоконденсатне родовище. Структурна карта відбивального горизонту V61 1-n(C2m):
1 – свердловини; 2 – контур похованого соляного тіла; 3 – ізогипси відбивального горизонту V61 1-n(C2m);
тектонічні порушення: 4 – непевнені; 5 – впевнені; 6 – зона відсутності кореляції; 7 – контур газового покладу;
8 – сейсмопрофіль Лозова–Шебелинка–Старопокрівка

3. Основна мета та завдання дослідження

Із метою удосконалення пошуку нових пасток вуглеводнів на Шебелинській структурі виконані детальні аерокосмогеологічні дослідження.

Алгоритм детальних досліджень для пошуку родовищ вуглеводнів був таким (Рис. 2):

Структурно-геоморфологічні дослідження:

- аналіз вертикального та горизонтального розчленування рельєфу;
- структурно-геоморфологічне дешифрування топокарт масштабу 1:50 000 з метою виділення аномалій у будові рельєфу в межах Шебелинського родовища;
- побудова схеми тектоніко-геоморфологічного рельєфу, з відносною неотектонічною активністю блоків рельєфу.

Структурне дешифрування космічних знімків:

- виділення міжблокових і внутрішньоблокових зон розломів;
 - аналіз теплового поля.
- Аналіз почасового сейсмопрофілю Лозова–Шебелинка–Старопокрівка.

4. Методи та результати дослідження

Основні методи досліджень – дешифрування матеріалів космічних зйомок Landsat-8, Sentinel-1,2; SRTM (Рис. 3) та аналіз північної частини сейсмопрофілю Лозова–Шебелинка–Старопокрівка.

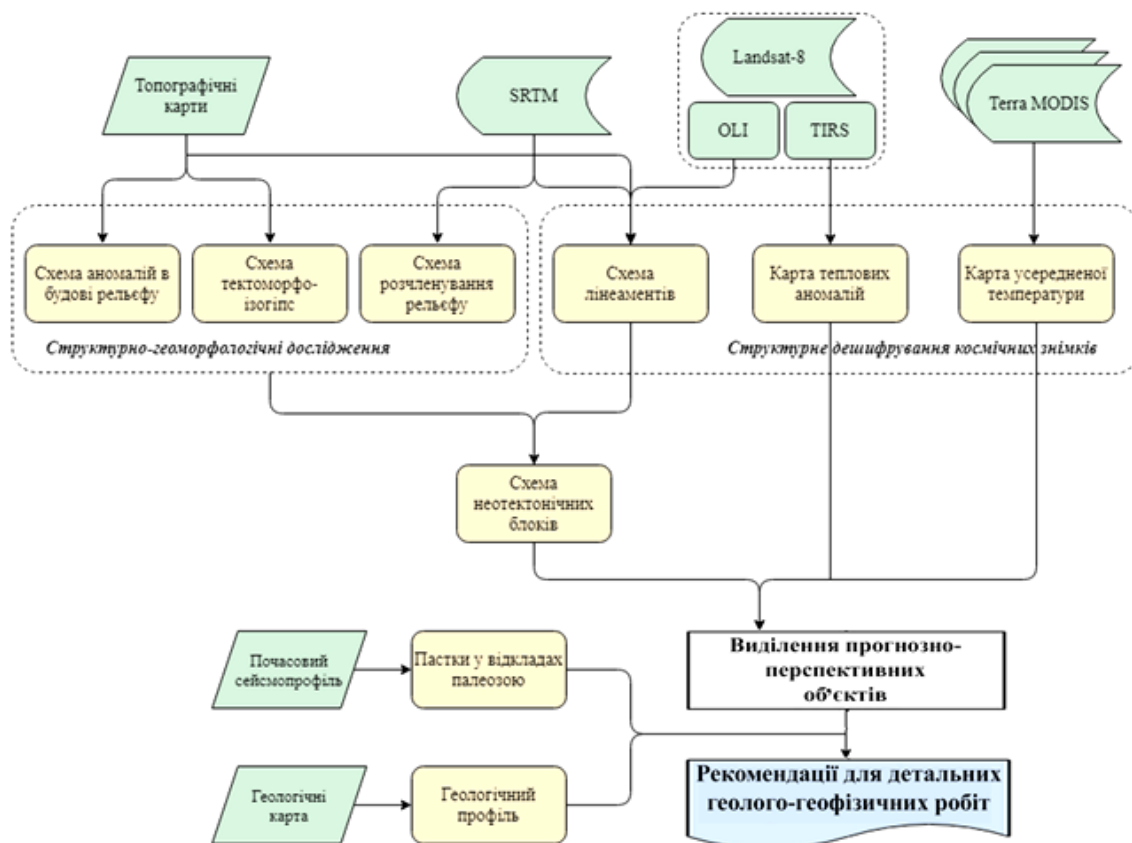
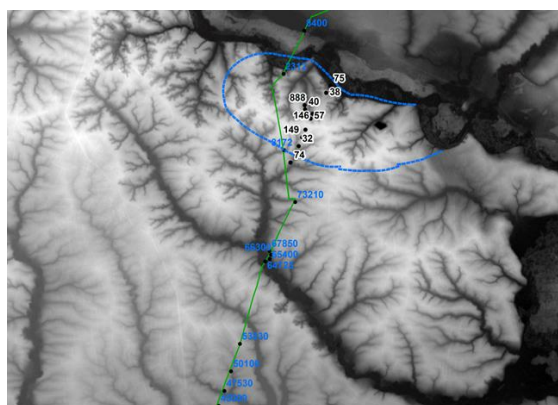
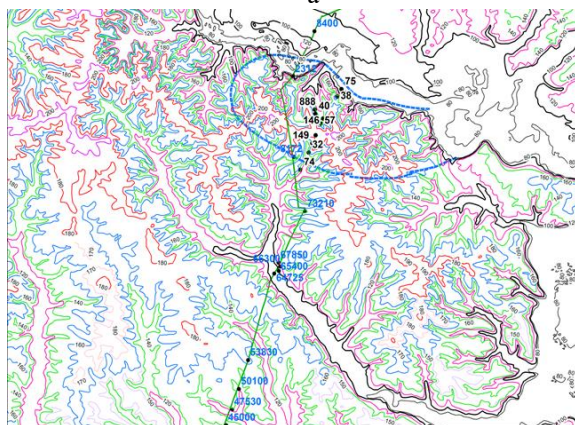


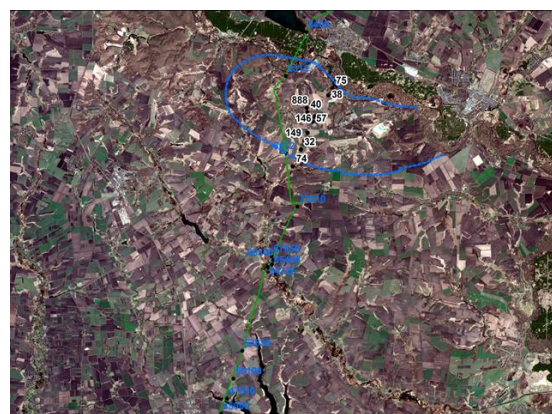
Рис. 2. Алгоритм детальних досліджень для пошуку родовищ вуглеводнів (на прикладі Шебелинського газоконденсатного родовища)



а



б



в

Рис. 3. Шебелинське газоконденсатне родовище: а – цифрова модель місцевості (ЦММ) SRTM; б – топографічне відображення ЦММ SRTM; в – КЗ Landsat-8 OLI (2015 р.)

На основі дешифрування космічних знімків створено схему лінементів (Рис. 4а), а за даними радіолокаційної космічної зйомки (SRTM) побудовано схему вертикального розчленування рельєфу (Рис. 4б), яка свідчить про максимальне його розчленування над Шебелинською структурою та високу неотектонічну активність, що підтверджується виходами газу у балках і криницях.

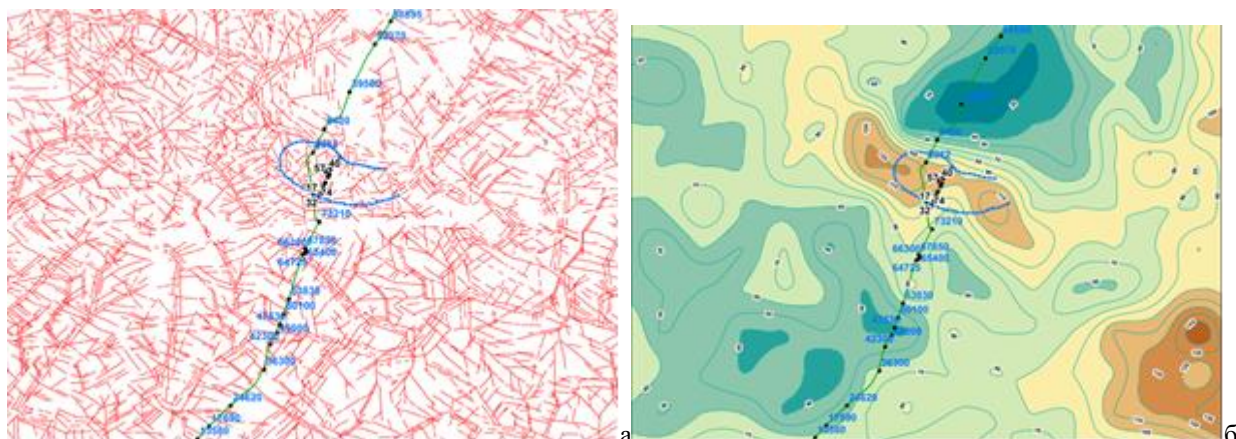


Рис. 4. Шебелинське газоконденсатне родовище:
а – схема лінеamentів; б – схема вертикального розчленування

На схемі тектоморфоїзогіпс (Рис. 5) чітко спостерігається блокова будова Шебелинського родовища, яка в регіональному плані значною мірою збігається з блоковою будовою за даними сейсморозвідувальних робіт. Так, у межах Західно-Шебелинської, Північно-Шебелинської, Східно-

Шебелинської та Південно-Шебелинської площ виділяється ціла серія неотектонічних блоків. Слід звернути увагу на серію південних блоків №№ VIII-XI; західних блоків №№ XII-XIV; східного блоку № VII та блоків у межах Східно-Шебелинського прогину №№ XIV, XVI, XVII.

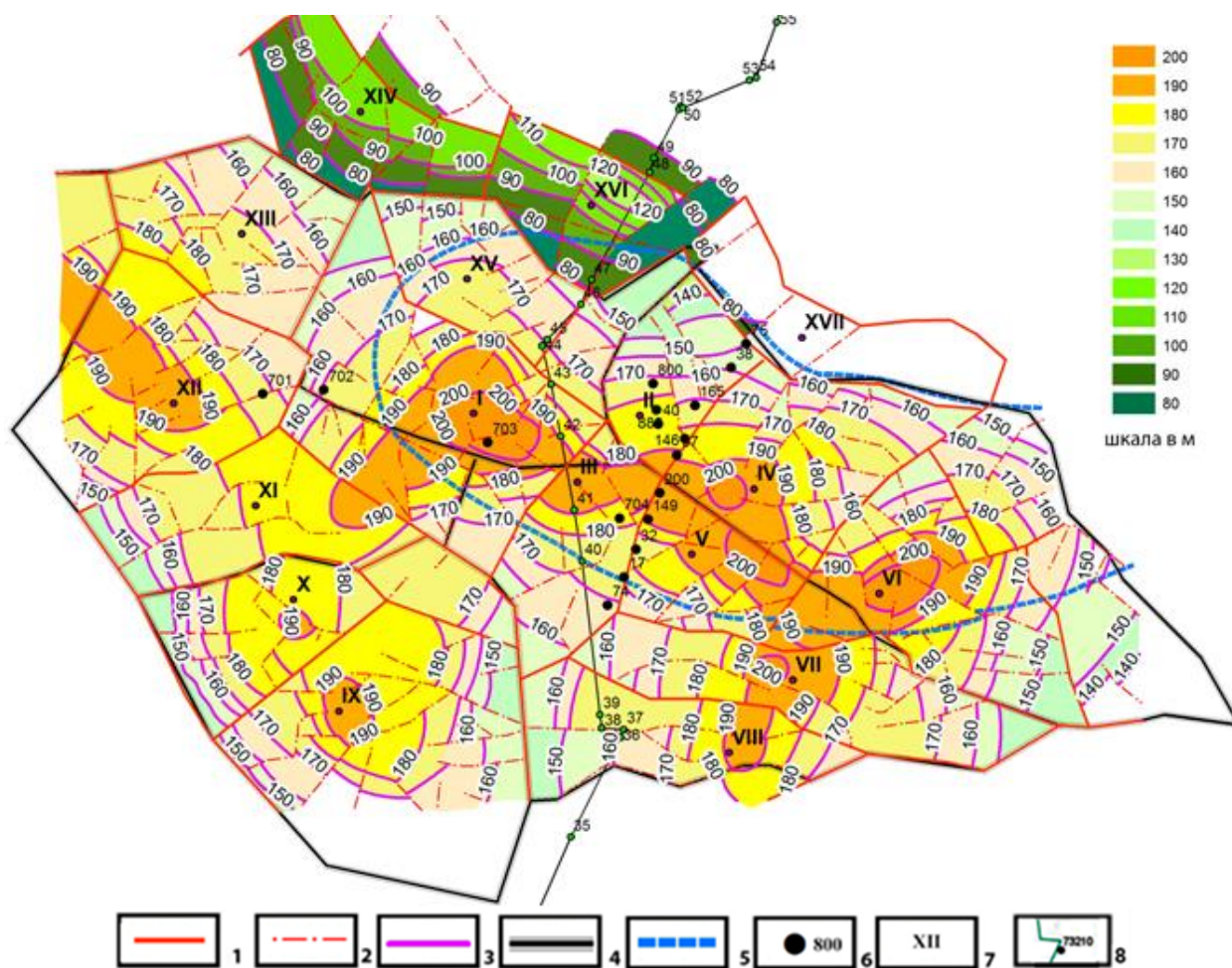


Рис. 5. Шебелинське газоконденсатне родовище. Схема тектоморфоїзогіпс:
1 – міжблокові лінеamenti; 2 – внутрішньоблокові лінеamenti; 3 – тектоморфоїзогіпси; 4 – межі основних неотектонічних блоків; 5 – контур газового покладу; 6 – свердловини; 7 – номер неотектонічного блоку;
8 – сейсмопрофіль Лозова–Шебелинка–Старопокрівка

4.1. Сейсморепараметричний аналіз поля сейсмічних хвиль у межах Шебелинського родовища для вирішення якісного завдання побудови глибинного розрізу

Виділення ділянок можливого формування родовищ вуглеводнів показано на Рис. 6, де надається не тільки геолого-геофізична інформація за глибинним розрізом сейсморозвідки, а й поверхня рельєфу з морфоструктурами та температурами поверхні. Проте, саме обґрунтування параметрів родовища вуглеводнів у межах лінійного сейсморозрізу дає змогу поширювати його на всю площу за допомогою аерокосмічних даних.

Вважається, що сіль Шебелинки, що є у відкладах карбону, сформувала брахіантикліналь родовища газу у відкладах пермі, і це підтверджується відбивальними сейсмічними горизонтами. Численні побудови по відкладах карбону не підтверджуються в сейсмічному полі, де спостерігаються лише фрагменти реальних сейсмічних меж, які не дають однозначного структурного рисунка – саме тому промислової продукції у відкладах карбону, незважаючи на газопрояви, отримано не було.

Теплові аномалії в межах сейсмічного профілю через Шебелинську структуру (Рис. 6). на графіку температур південної частини структури в межах пікетів 73210–8172 мають від'ємні значення, а північної (пікети 2312–8400) – додатні. Додатні значення зафіксовані над Олексіївським штоком і можуть відображати прояв Шебелинської солі, а від'ємні – тяжіють до зони між двома порушеннями, що може виявитись каналом підведення вуглеводневих компонентів із глибини. Це підтверджується аномальною відсутністю горизонтів відбиття в товщі карбону.

Таким чином, розріз осадового чохла, що включає в себе поклади ВВ, відрізняється від непродуктивного розрізу значно епігенетично зміненими відкладами (за складом, структурою, фізичними властивостями), що відображується в геофізичних полях (Семенова, Скворцова, 1988).

Відображенням утворення області сліду дифузивно-ефузивного потоку (СДЕП) над покладом ВВ є аномалії різних фізичних полів, що спостерігаються на денній поверхні: теплових, магнітних, сейсмічних, електричних, сили тяжіння та ін. Внаслідок різних змін фізичних властивостей відкладів у відновлювальній та окисній зонах області СДЕП, ефекти у фізичних полях будуть відрізнятися залежно від того, яка зона області СДЕП виходить на поверхню вимірювання (Тимошин и др., 1984).

Так, у тепловому полі при виході на денну поверхню окисної зони області СДЕП над покладом ВВ спостерігається позитивна аномалія, тому що окислювальні процеси супроводжуються виділенням тепла. Коли на денну поверхню виходить відновна зона області СДЕП (при неглибокому залеганні скупчень ВВ або при потужній відновній зоні над газовими покладами), процеси випадання нерозчинного осаду епігенетичних мінералів із пластових вод супроводжуються поглинанням тепла з навколишнього середовища. За таких умов над

покладом ВВ буде спостерігатися локальне зниження температури. Таким чином, теплові аномалії, як додатного так і від'ємного знака, можуть свідчити про поклади ВВ на глибині, однак, у такому разі Шебелинське родовище має невтриману структуру по лінії сейсмічного профілю з півдня на північ (Рис. 6).

У середовищі з підвищеним окислювальним потенціалом у продуктивному розрізі за водно-нафтовим та газоводневим контактами або в окислювальній зоні області СДЕП утворюється епігенетичний магнетит, що викликає підвищення магнітної сприйнятливості порід навколо покладів і пояснює спостережувані часто слабкі магнітні аномалії навколо покладу і його проєкції на денну поверхню.

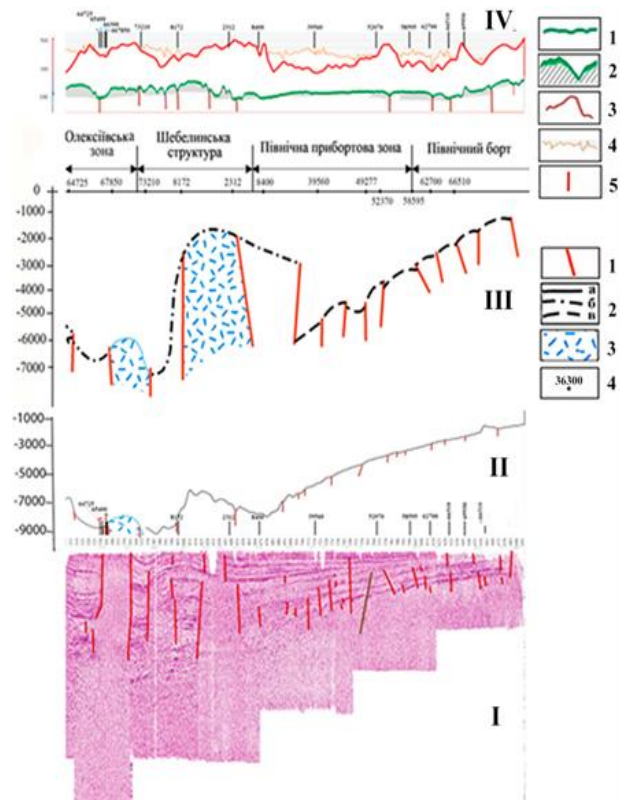


Рис. 6. Фрагмент сейсмічного профілю Лозова–Шебелинка–Старопокрівка зі структурними даними, морфометрією рельєфу та теплового поля

Умовні позначення до Рис. 6:

I. Сейсморозріз Лозова–Шебелинка–Старопокрівка.
II. Геологічний профіль по поверхні серпухівського ярусу нижнього карбону.

III. Геологічний профіль по поверхні структурних ярусів нижнього карбону:

1 – розломи, 2 – поверхні структурних ярусів нижнього карбону: а – нижньовізейський, б – башкирський, в – серпухівський; 3 – штоки, 4 – пікети на сейсмічному профілі.

IV. Рельєф та дані за космічними зображеннями: 1 – поверхня рельєфу (за матеріалами космічної зйомки SRTM та Sentinel-1); 2 – виявлені морфоструктури; температура поверхні: 3 – за TERRA (MODIS); 4 – LANDSAT-8 TIRS; 5 – лінеamenti.

Висновки

Потрібно визнати складну, щонайменше, двоповерхову глибинну будову Шебелинського родовища: мезозойський поверх, з якого і отримують фактичну продукцію, та палеозойський, з якого продукцію поки що не отримали, незважаючи на значні обсяги буріння.

Дані сейсмозвідки дають змогу “побачити” цю багаторисну будову як в межах самої структури, так і на північ від неї, в межах монокліналі Північного борту ДДЗ.

Зроблено припущення щодо палеозойського комплексу, який, можливо, є просто транзитним та не створює покладів ВВ як через низькі колекторські властивості, так і недостатньо вивчену структурну будову.

У неотектонічному плані Шебелинська структура має вигляд куполоподібного підняття, розбитого яружно-балковою сіткою на неотектонічні блоки. В межах найбільш активних блоків розташовані продуктивні свердловини.

Література

- Арсирій Ю. О. Атлас родовищ нафти і газу України. Східний нафтогазоносний регіон. Т. 3. Львів: *Українська нафтогазова академія*. 1999. С. 1031–1038.
- Брайловский Г. С. Геологическое строение и повторный подсчет запасов горючего газа Шебелинского месторождения по состоянию на 1 ноября 1956 г. *Геоинформ*. 1956. 250 с.
- Есипович С. М. Перспективи газоносності області зчленування Дніпровського грабена та Донецької складчастої споруди. *Тектоніка і стратиграфія*. 2019. № 46. С. 21–34. <https://doi.org/10.30836/igs.0375-7773.2019.208877>.
- Кривуля С. В., Лизанець А. В., Мачужак М. І. Перспективи газоносності та особливості геологічної будови глибокозалегаючих горизонтів Шебелинського

газоконденсатного родовища. *Нафтогазова галузь України*. 2016. № 3. С. 7–12.

- Палець П. С. Геологическое строение и подсчет запасов горячего газа Шебелинского месторождения. *Геоинформ*. 1954. № 3. 470 с.
- Семенова С. Г., Скворцова Э. А. Геохимическая и физическая модель разреза осадочного чехла в пределах месторождений углеводородов и над ними. *Прикладная геофизика*. 1988. № 119. С. 82–88.
- Тимошин Ю. В., Семенова С. Г., Скворцова Э. А. Влияние диффузионного потока на параметры сейсмического волнового поля над месторождением нефти. *Прикладная геофизика*. 1984. № 109. С. 50–56.

References

- Arsiriy, Yu. O. (1999). Atlas of Ukrainian oil and gas deposits. Eastern oil and gas region. Vol. III. Lviv: *Ukrainsjka naftogazova akademija*. 1031–1038. (in Ukrainian).
- Braylovskiy, G. S. (1956). The geological structure and reserves determination of the Shebelinske combustible gas deposit as on November 1. *Gеоинформ*. (in Russian).
- Yesypovych, S. M. (2019). Prospects for the gas bearing capacity of the Dnieper Graben and Donetsk folded structure joint area. *Tektonika i stratyghrafija*, 46, 21–34. <https://doi.org/10.30836/igs.0375-7773.2019.208877>. (in Ukrainian).
- Kryvulia, S. V., Lyzanets, A. V., Machuzhak, M. I. (2016). Gas bearing capacity potential and geological structure features of the Shebelynske gas condensate deposit deep-lying horizons. *Naftogazova ghaluzj Ukrainy*, 3, 7–12. (in Ukrainian).
- Palets, P. S. (1954). The Shebelynske deposit geological structure and combustible gas reserves calculation. *Gеоинформ*, 3. (in Russian).
- Semenova, S. G., Skvortsova, E. A. (1988). The geochemical and physical model of the sedimentary cover section within and above hydrocarbon deposits. *Prikladnaya geofizika*, 119, 82–88. (in Russian).
- Timoshyn, Yu. V., Semenova, C. G., Skvortsova, E. A. (1984). Influence of the diffusion flow on the parameters of the seismic wave field over the oil deposit. *Prikladnaya geofizika*, 109, 50–56. (in Russian).

АЛГОРИТМ ДЕТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ ПОИСКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ НА ПРИМЕРЕ ШЕБЕЛИНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

З. М. Товстюк, С. М. Есипович, А. В. Титаренко, С. Г. Семенова, Т. А. Ефименко, Н. А. Свиденюк, О. А. Рыбак, А. Д. Бондаренко, А. П. Головащук, И. В. Лазаренко
ГУ “Научный центр аэрокосмических исследований Земли ИГН НАН Украины” 0154, ул. Олеса Гончара, 55-Б, Киев, Украина

С целью уточнения неотектонического строения и усовершенствования поиска новых ловушек углеводородов в пределах выделенных прогнозных площадей на Шебелинский структуре выполнены детальные аэрокосмогеологические исследования. Для исследований выбрано поперечное сечение Днепровско-Донецкой впадины (ДДВ) сквозь зону Шебелинской структуры, где проложен региональный сейсмический профиль Лозовая–Шебелинка–Старопокровка.

В исследованиях использовались структурно-геоморфологические методы, структурное дешифрирование космических снимков, а также анализировались тепловое поле, почасовой сейсмопрофиль Лозовая–Шебелинка–Старопокровка с целью выявления новых ловушек в отложениях палеозой–мезозоя как в пределах самой Шебелинского структуры, так и в Восточно-Шебелинском прогибе.

По результатам обработки всей имеющейся информации установлено: палеозойский комплекс не может создавать залежей углеводородов из-за низких коллекторских свойств, а также из-за недостаточно изученного строения. В неотектоническом плане Шебелинская структура имеет вид куполовидного поднятия, разбитого овражно-балочной сетью на неотектонические блоки. В пределах наиболее активных блоков расположены продуктивные скважины.

Ключевые слова: газоконденсатное месторождение, аэрокосмогеологические исследования, региональный сейсмический профиль, тектоморфоизогипсы, неотектонические блоки, космические снимки.

DETAILED INVESTIGATION ALGORITHM FOR HYDROCARBONS DEPOSITS EXPLORATION IN TERMS OF THE SHEBELYNSKE GAS-CONDENSATE FIELD

Z. M. Tovstuk, S. M. Yesypovych, O. V. Titarenko, S. G. Semenova, T. A. Yefimenko, M. O. Svideniuk, O. A. Rybak, A. D. Bondarenko, O. P. Golovashchuk, I. V. Lazarenko

Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth of the Institute of Geological Science of the National Academy of Sciences of Ukraine, 55-B, Oles Gonchar str., Kyiv 01054, Ukraine

In order to elaborate the neotectonic structure and improve the searching algorithm of new hydrocarbon traps at prospective areas, detailed airspace geological investigation has been carried out. For this study, the selected cross-section Dniprovsko-Donetska depression is the regional seismic profile Lozova-Shebelinka-Staropokrovka within the Shebelinska structure zone.

In particular, the investigations consisted of structural and geomorphological analysis, analysis of the hourly seismic profile Lozovaya-Shebelinka-Staropokrovka and analysis of thermal anomalies and structural interpretation by using satellite images. This approach allowed to explore the Shebelinska structure zone and the East-Shebelinska depression for hydrocarbon traps feature properties detecting in Paleozoic sediments.

Based on the results of the initial data processing, we established that Paleozoic complex cannot create hydrocarbon deposits, both due to low reservoir properties and due to insufficiently studied structure. Neotectonically, the Shebelinskaya structure looks like a dome-shaped uplift. This uplift is divided by a ravine-gully network into neotectonic blocks. Productive wells are located within the most active blocks.

Key words: gas condensate field, airspace geological studies, regional seismic profile, morphological tectonic contour, neotectonic block, satellite image

Рукопис статті отримано 29.08.2021