

ПРОГНОЗУВАННЯ ПАЛЕОРУСЕЛ У КАРБОНІ ПІВДЕННО-СХІДНОЇ ЧАСТИНИ ДНІПРОВСЬКО-ДОНЕЦЬКОЇ ЗАПАДИНИ (ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ СЕЙСМОФАЦІАЛЬНОГО АНАЛІЗУ)

Н.І. Несіна, Г.Г. Маркова

ТОВ "Вікоіл ЛТД", вул. Кудрявський узвіз, 7, офіс 920, Київ 04053, Україна,

e-mail: natalia_nesina@bigmir.net, galina.markova@ubseismic.com

За результатами сейсмофаціального аналізу, застосованого для розрізів товщ середнього і верхнього карбону у південно-східній частині Дніпровсько-Донецької западини, виявлено ділянки поширення прогнозних палеорусел. Вони знаходяться на схилах антиклінальної складки, сформованої внаслідок росту солянокупольної структури. За аналізом карт сейсмофацій, вертикальних перерізів і погоризонтних зрізів сейсмічного куба з амплітудними аномаліями, що відповідають палеоруслу, зроблено висновок, що палеорусла формувались у мінливих умовах осадонагромадження, пов'язаних як з регіональними чи глобальними коливаннями рівня моря, так і з локальними тектонічними рухами, спричиненими утворенням солянокупольної структури. Літологічні тіла, тобто палеорусла, є потенційними пастками вуглеводнів, що постійно підтверджується вітчизняними і закордонними дослідженнями.

Ключові слова: сейсмофаціальний аналіз, палеорусло, погоризонтний зріз, Дніпровсько-Донецька западина, пенсильваній.

Вступ і постановка проблеми. Пошук резервуарів вуглеводнів (ВВ) залишається головним стратегічним завданням вітчизняної нафтогазової галузі, а Дніпровсько-Донецька западина (ДДЗ) — основним вуглеводневим басейном України. Нарощуванню вітчизняних ресурсів ВВ доволі успішно сприяє виявлення покладів, що пов'язані з літологічними об'єктами. Сейсморозвідка є важливим методом вивчення осадової товщі, її застосування дає змогу значно збільшити детальність досліджень, а використання комплексних методів і сучасних методик інтерпретації — підвищити ефективність прогнозування продуктивності розрізу, виявляти паралельно з антиклінальними структурами літологічні тіла різної морфології, розміру і генезису.

За останні десятиліття вітчизняними і закордонними дослідженнями підтверджено ефективність використання сейсмічних кубів з високою роздільною здатністю для проведення параметричного та сейсмофаціального аналізу з метою прогнозу і картування неантиклінальних пасток вуглеводнів, пов'язаних з карбонатними масивами, русловими і баровими пісковиками, дельтовими масивами [4–7, 9, 11–13]. Потреба розвивати цей напрям очевидна, тим більше що піщані тіла, пов'язані з палеоруслами у відкладах середнього карбону, неодноразово виділяли за результатами сейсморозвідки. Продуктивність піщаних тіл підтверджена бурінням у межах Північного борту ДДЗ (Північногубівська площа), на решті території ДДЗ сейсмофаціальний аналіз для їх прогнозування не проводили.

Загальна інформація про об'єкт дослідження. Ділянка досліджень розміщується у приосьовій зоні

південно-східної частини ДДЗ. За нафтогазогеологічним районуванням вона належить до зони зчленування Машівсько-Шебелинського газоносного і Октябрсько-Лозівського перспективного районів [1].

Основними структурами осадового чохла площі є Краснопавлівське підняття, пов'язане з однойменним соляним штоком, східна центрикліналь Григорівського прогину та східна частина Октябрсько-Сахновщинської монокліналі [3].

Методика досліджень. Сейсмофаціальний аналіз здійснений у програмному продукті Stratimagic компанії Paradigm Geophysical. Було вибрано інтервали часового мігрованого куба 3D, які відповідають продуктивним горизонтам верхньої частини середнього карбону та нижній частині верхнього карбону.

Методикою сейсмофаціального аналізу передбачено пошук відповідності між формою сейсмічної траси та літологією, вибір оптимальної кількості класів (сейсмофацій), які відображують літологофаціальні особливості інтервалів досліджень, розрахунок карт і кубів сейсмофацій. Для створення еталонних відповідностей оптимальною умовою є наявність свердловин на площі робіт, результатів їх геофізичних досліджень, випробування, опису керн. Через відсутність цих даних використано апріорну геологічну інформацію та результати досліджень суміжних ділянок. Для контролю якості використано кореляційні криві та набори карт сейсмофацій. На картах розподілу сейсмофацій відповідним кольором позначено сейсмофації, кількість яких відповідає кількості вибраних класів.

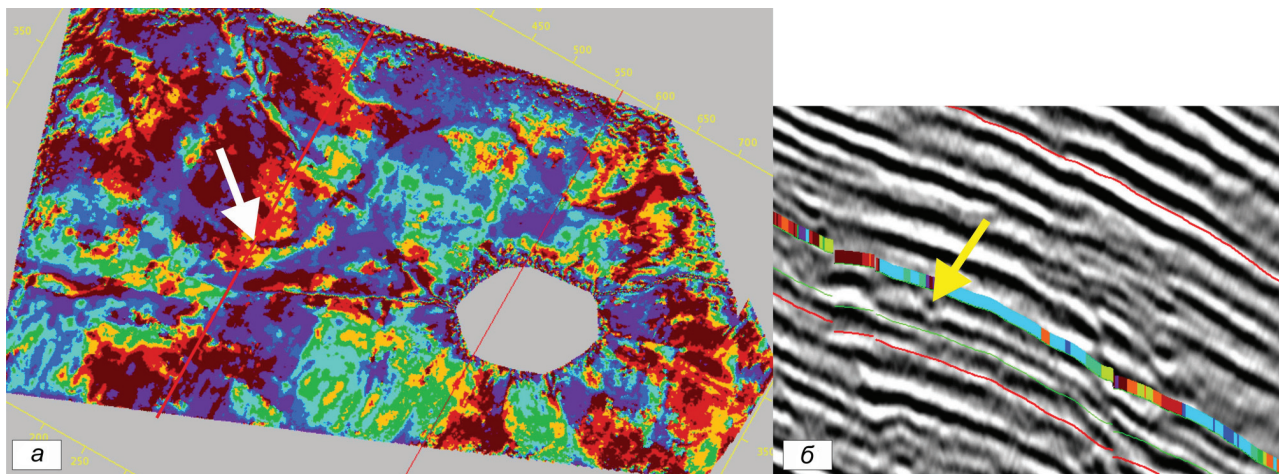


Рис. 1. Карта розподілу сейсмофаций в інтервалі продуктивного горизонту Б-7 (верхня частина башкирського ярусу, середній карбон) (а) та вертикальний переріз часового мігрованого куба через прогнозне палеорусло (б). Стрілка вказує на контур прогнозного палеорусла

Fig. 1. Seismic-facies map in the interval of producing horizon B-7 (the upper part of the Bashkirian Layer, Middle Carboniferous) (a) and vertical section of the time migrated cube across the prognosis paleo-channel (b). Cursor indicates the prognosis paleo-channel contour

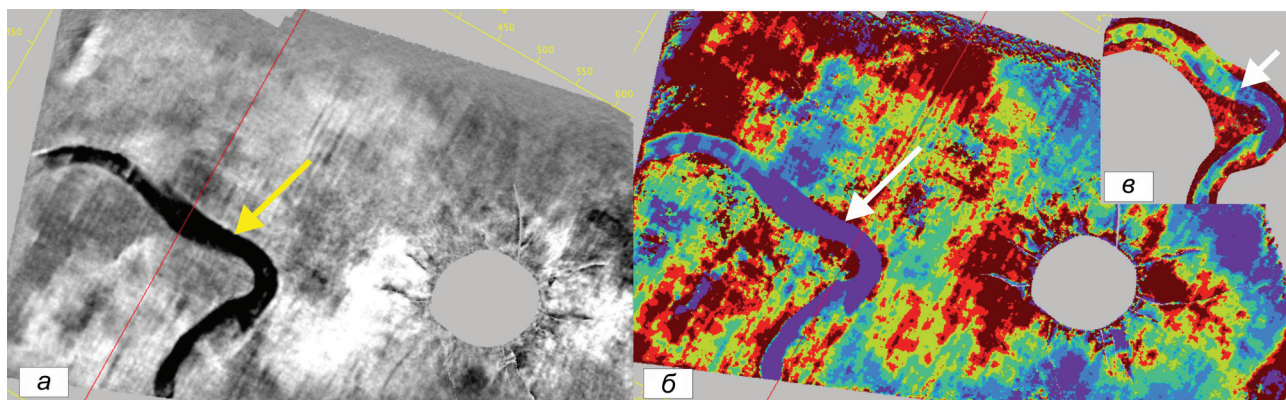


Рис. 2. Погоризонтний зріз (а), карта розподілу сейсмофаций (б) та карта розподілу сейсмофаций на ділянці прогнозного палеорусла (в). Інтервал продуктивного горизонту М-1, верхня частина московського ярусу. Стрілка вказує на контур прогнозного палеорусла

Fig. 2. Horizon slice (a), seismic-facies map (b) and seismic-facies map in the area of the prognosis paleo-channel (c). The interval of producing horizon M-1, the upper part of the Moscovian Layer. Cursor indicates the prognosis paleo-channel contour

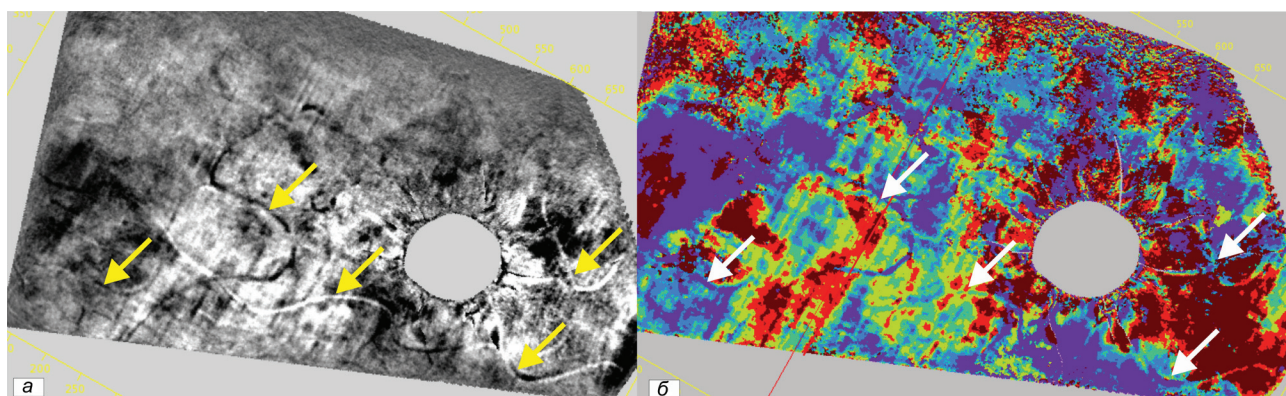


Рис. 3. Погоризонтний зріз (а) і карта розподілу сейсмофаций на площі робіт (б) в інтервалі, що відповідає нижній частині відкладів верхнього карбону. Стрілки вказують на положення прогнозного палеорусла

Fig. 3. Horizon slice (a) and seismic-facies map (b) in the interval of the upper part of Upper Carboniferous. Cursors indicate the prognosis paleo-channel contour location

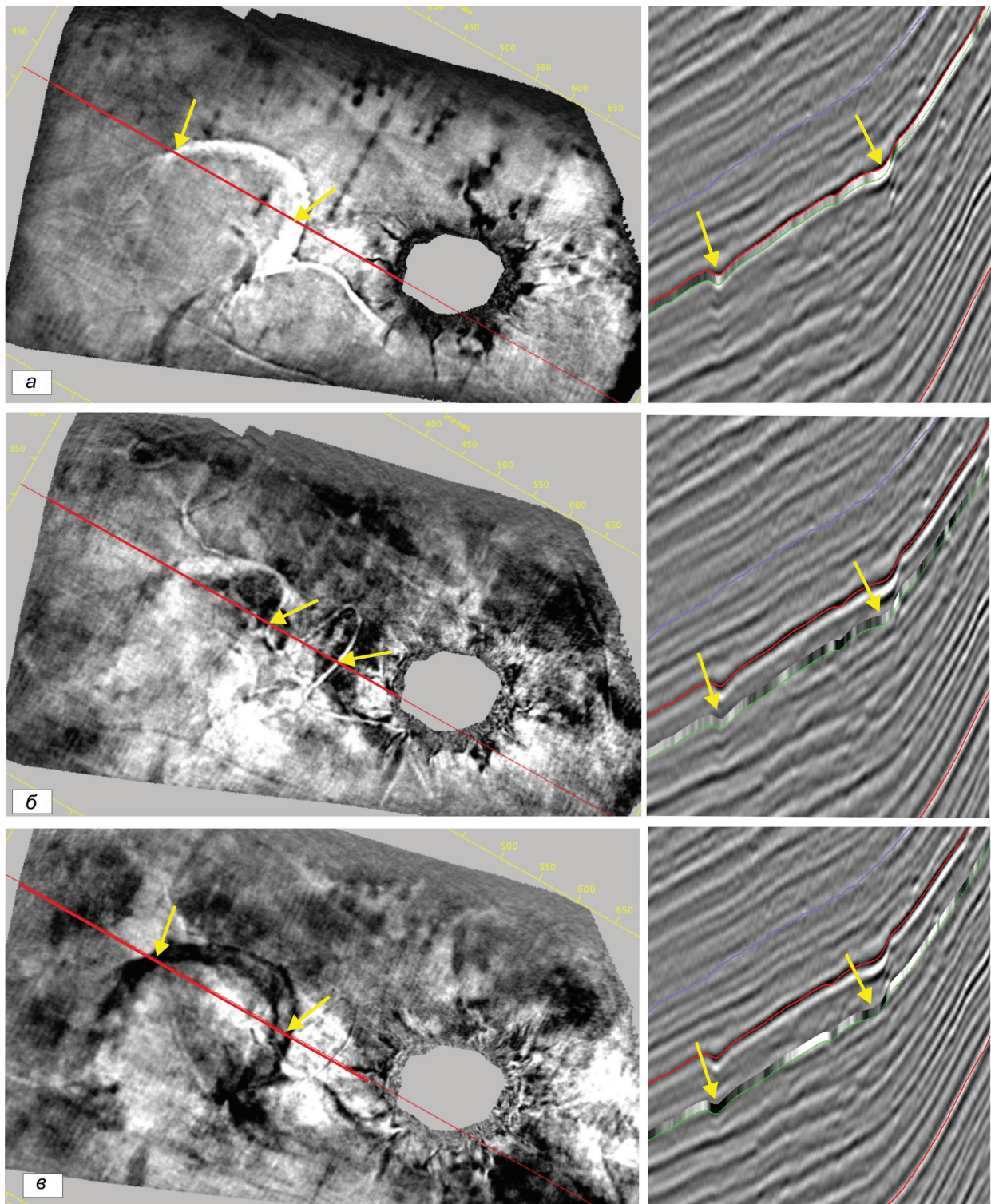


Рис. 4. Погоризонтні зрізи часового мігрованого куба в інтервалі продуктивного горизонту М-2 та вертикальні перерізи цього куба у верхній (а), середній (б) і нижній (в) частинах інтервалу. Стрілки вказують на контур прогнозного палеоруслу

Fig. 4. Horizon slices of the time migrated cube in the interval of producing horizon M-2 and vertical sections of this cube in the upper (a), in the middle (b), in the lower (c) parts of the interval. Cursors indicate the prognosis paleo-channel contours

Зважаючи на відсутність свердловинних даних на площі досліджень, для сейсмофасіального аналізу було застосовано оптимальну в такій ситуації методику – класифікацію ділянок сейсмічних трас за технологією нейронних мереж. Для пошуку аномальних амплітудних ділянок, що ототожнюються

з літологічними тілами, використано погоризонтні зрізи мігрованого часового куба, на яких ці ділянки проявлені найконтрастніше [8].

Результати сейсмофасіального аналізу. Карти сейсмофасій, які розраховано для інтервалів середнього і верхнього карбону, надали можливість

виділити прогностні літологічні об'єкти ймовірно алювіального генезису (палеоруслу), наявність яких узгоджується як із загальними умовами осадоногомадження в середньому і пізньому карбоні ДДЗ, так і з особливостями формування солянокупольної структури на ділянці досліджень.

Протягом башкирського віку на території ДДЗ існував морський басейн, розмір якого скорочувався під час загального піднімання території та пов'язаної з ним регресії, тому верхня частина башкирського ярусу формувалась в умовах постійного обміління [2]. У той час на території досліджень могли існувати невеликі палеопотоки (палеорічки). На карті розподілу сейсмофацій (рис. 1, а) прослідковується вузька звивиста лінія, що ототожнюється з прогностним палеоруслom. Невелика ширина, звивистість (меандрування) і напрямок, субпаралельний простягання ДДЗ, може свідчити про формування палеоруслу на доволі похилій ділянці північного крила антиклінальної складки. На вертикальному перерізі часового мігрованого куба (рис. 1, б) через прогностне палеоруслo видно вигини осей синфазності, які можна ототожнювати із врізом русла у підстильні породи.

Наприкінці московського віку мілководноморські обстановки змінились континентальними та лагунними [2]. В інтервалах, що відповідають верхньомосковським продуктивним горизонтам М-2 і М-1, результати сейсмофаціального аналізу показали можливу наявність прогностних алювіальних палеорусел з напрямком течії як у бік осьової частини, так і субпаралельно простягання ДДЗ (рис. 2). Імовірно це були достатньо потужні алювіальні потоки зі значним привнесенням теригенного матеріалу зі схилу Українського щита, які формувались протягом тривалого часу на похилій ділянці. В межах прогностного палеоруслу були розраховані сейсмофації і побудовані відповідні карти, де кожна сейсмофація позначена певним кольором. Результати показали кольорову зональність, що може відповідати нагромадженню теригенного матеріалу, характерному для звивистих русел (рис. 2, в).

У пізньому карбоні територія ДДЗ існувала то як акумулятивний басейн, то як відносно підвищене ерозійне плато [2]. Сейсмофаціальний аналіз, проведений для нижньої частини відкладів верхнього карбону, показав імовірність існування на площі невеликих звивистих палеопотоків, можливо алювіального походження, з напрямком течії як у бік осьової частини ДДЗ, так і субпаралельно її простягання (рис. 3).

Обнадійливим є те, що на розташованих неподалік Західнохрещищенській, Західноведмедівській, Миролюбівській площах південно-східної частини ДДЗ у товщі верхнього карбону (верхня частина авіловської світи) пісковики алювіального генезису виявилися газонасиченими [10].

Реконструкція розвитку палеоруслу (продуктивний горизонт М-2). Приклад прогнозованого палеоруслу, локалізованого у продуктивному горизонті М-2, демонструє можливість реконструкції його розвитку протягом тривалого часу. Так, послідовний аналіз погоризонтних зрізів, розрахованих у часовому інтервалі, що відповідає цьому продуктивному горизонту, показав наявність амплітудних аномалій, якими можна проілюструвати характер формування палеоруслу. На рис. 4 зображено погоризонтні зрізи у трьох частинах часового інтервалу, який відповідає горизонту М-2, та вертикальні перерізи часового куба з позначенням положення цих інтервалів і вигинами осей синфазності, що можуть відповідати врізам у підстильні породи. Можна припустити, що нахил пластів протягом цих часових інтервалів змінювався у зв'язку з розвитком солянокупольної структури. Нестабільними були характер, морфологія, розміри і потужність палеопотоків, але майже незмінним залишався напрямок їх течії.

Висновки. Наведені приклади та аналіз попередніх досліджень переконливо доводять ефективність застосованої методики для прогнозування літологічних пасток ВВ, особливо за наявності надійних покриттів, літологічних заміщень, тектонічних екранів. Так, за результатами сейсмофаціального аналізу виділено прогностні палеорусла в центральній частині Північного борту ДДЗ на Мяківській площі у верхній частині московського ярусу середнього карбону [7]. У східній частині центральної зони ДДЗ на схилах антиклінальних структур, де процеси розмиву порід карбону були менш значними, ніж на борту, і де у виявлених алювіальних об'єктах знайдено поклади вуглеводнів [10], результати сейсмофаціального аналізу (побудова карт сейсмофацій, аналіз морфології амплітудних аномалій сейсмічних кубів) значно полегшать пошук прогностних літологічних пасток ВВ.

1. *Атлас родовищ нефти і газу України* / М.М. Іванюта, В.О. Федішин, Б.І. Денег [та ін.]. – Львів: УНГА, 1998. – 1421 с.
2. *Геологическая история территории Украины. Палеозой* / О.И. Берченко, Н.И. Боярина, Г.И. Вакарчук [та ін.]. – К. : Наук. думка, 1993. – 199 с.
3. *Геология и нефтегазоносность Днепро-Донецкой впадины. Стратиграфия* / Д.Е. Айзенберг, О.И. Берченко, Н.Е. Бражникова [та ін.]. – К. : Наук. думка, 1988. – 148 с.
4. *Лукин А.Е. Проблема фацальной диагностики песчаных тел и пути ее решения* / А.Е. Лукин, П.М. Коржнев, А.Д. Науменко, С.В. Окрепкий // *Геологический журнал*. – 2012. – № 2. – С. 7–21.
5. *Несіна Н. Візейський карбонатний масив на Ливенській структурі (центральна частина південної прибережної зони Дніпровсько-Донецької западини)* / Н. Несіна, М. Здоровенко, Т. Шкроб, К. Дяченко // *Геолог України*. – 2012. – № 1. – С. 83–86.

6. *Несіна Н.І.* Застосування сейсмофациального аналізу для вивчення верхньосерпуховських відкладів Суходольської площі (північні окраїни Донбасу) / Н.І. Несіна // Збірник наукових праць УкрДГРІ. — 2012. — № 4. — С. 184–188.
7. *Несіна Н.І.* Применение результатов сейсмофациального анализа в комплексе с данными бурения и ГИС для прогноза неантиклинальных ловушек углеводородов в центральной части Северного борта Днепровско-Донецкой впадины / Н. И. Несіна // Azerbaijan Geologist. — 2013. — № 17. — С. 101–108.
8. *Нежданов А.А.* Геологическая интерпретация сейсморазведочных данных / А.А. Нежданов. — Тюмень: ТюмГНГУ, 2000. — 133 с.
9. *Хабанець І.А.* Сейсмічний прогноз і класифікація верхньосерпуховських біогермних споруд північних окраїн Донбасу / І.А. Хабанець, О.М. Тяпкіна // Геоінформатика. — 2015. — № 2. — С. 62–70.
10. *Шакин В.А.* Зоны нефтегазоаккумуляции Днепровско-Донецкой впадины / В.А. Шакин. — М.: Недра, 1977. — 120 с.
11. *Krawczynski L.* Sequence stratigraphic interpretation integrated with 3D seismic attribute analysis in an intracratonic setting: Toolachee formation, Cooper Basin, Australia: Master's Thesis / L. Krawczynski. — Queensland: Queensland University of Technology, School of Natural Resource Sciences, 2004. — 186 p.
12. *Shikhaliyev A.* Lithology, facies and structural features study based on seismic and well data: methodology and application / A. Shikhaliyev, S.D. Sadykhov // Geophysics News in Azerbaijan. — 2007. — N 1. — P. 5–11.
13. *3D seismic attributes applied to carbonates* / C. Skirius, S. Nissen, N. Haskell et al. // The Leading Edge. — 1999. — N 1. — P. 384–393.

Надійшла до редакції 25.05.2016 р.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПАЛЕОРУСЕЛ В КАРБОНЕ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ДНЕПРОВСКО-ДОНЕЦКОЙ ВПАДИНЫ (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ СЕЙСМОФАЦИАЛЬНОГО АНАЛИЗА)

Н.И. Несіна, Г.Г. Маркова

ООО “Викоил ЛТД”, ул. Кудрявский спуск, 7, офис 920, Киев 04053, Украина,
e-mail: natalia_nesina@bigmir.net, galina.markova@ubseismic.com

В результате проведения сейсмофациального анализа в юго-восточной части Днепровско-Донецкой впадины в интервале, соответствующем толще среднего и верхнего карбона, обнаружены участки распространения прогнозных палеорусел. Прогноз выполнен для отложений склонов антиклинальной складки, которая сформировалась в результате роста солянокупольной структуры. Анализ карт сейсмофаций, вертикальных сечений и погоризонтных срезов сейсмического куба с амплитудными аномалиями, которые соответствуют палеоруслам, позволяют сделать вывод, что палеоруслы формировались в изменчивых условиях осадконакопления, вызванных как региональными или глобальными колебаниями уровня моря, так и локальными тектоническими движениями, связанными с образованием солянокупольной структуры. Литологические тела, в данном случае палеоруслы, являются потенциальными ловушками углеводородов, что постоянно подтверждается отечественными и зарубежными исследованиями.

Ключевые слова: сейсмофациальный анализ, палеорусл, погоризонтный срез, Днепровско-Донецкая впадина, пенсильваний.

PALEO-CHANNELS PREDICTION IN CARBONIFEROUS SEDIMENTS OF THE SOUTH-EAST PART OF THE DNIEPER-DONETS BASIN (BASED ON THE RESULTS OF SEISMIC-FACIES ANALYSIS)

N.I. Nesina, G.G. Markova

LLC “Vikoil LTD”, 7 Kudryavsky uzviz Str., of. 920, Kyiv 04053, Ukraine, e-mail: natalia_nesina@bigmir.net, galina.markova@ubseismic.com

The **purpose** of the paper is to show the efficacy of seismic-facies analysis for more specific application of 3D seismic to predict lithological hydrocarbon traps. The analysis was carried out in the South-East part of the Dnieper-Donets Basin for the sediments of Carboniferous on the sides of an anticline fold formed during a salt dome structure growing.

Design/methodology/approach. Predictions were carried out using Neural Network Technology (NNT) seismic traces classification to obtain seismic facies distribution.

Findings. The prediction areas of paleo-channels location were identified in the intervals of the Middle and Upper Carboniferous sediments based on the results of seismic-facies analysis. The results of the seismic-facies maps analysis, vertical sections and horizon slices of the seismic cube with amplitude anomalies corresponding to paleo-channels, allowed us to suppose that these paleo-channels were formed under different conditions of sedimentation. These conditions were connected with global sea level variations and with local tectonic movements caused by salt-dome structure forming.

Practical value/implications. Paleo-channels, as the lithological bodies, are quite promising for potential non-anticline hydrocarbon traps forming. The latter has been constantly confirmed by Ukrainian and foreign geologists.

Keywords: seismic-facies analysis, paleo-channel, horizon slice, Dnieper-Donets Basin, Pennsylvanian.

References:

1. Atlas rodovysch nafty i hazu Ukrainy. M.M. Ivanyuta, V.O.Fedyshyn, B.I. Deneha. L'viv, UNHA, 1998, 1421 p. (in Ukrainian).
2. Geologicheskaja istorija territorii Ukrainy. Paleozoj. O.I. Berchenko, N.I. Bojarina, G.I. Vakarchuk. Kyiv, Naukova dumka, 1993, 199 p. (in Russian).
3. Geologija i neftegazonosnost' Dneprovsko-Donckoj vpadiny. Stratigrafija. D.E. Ajzenverg, O.I. Berchenko, N.E. Brazhnikova. Kyiv, Naukova dumka, 1988, 148 p. (in Russian).
4. Lukin A.E., Korzhnev P.M., Naumenko A.D., Okrepkij S.V. Problema facial'noj diagnostiki peschanyh tel i puti ee reshenija. *Geologicheskij zhurnal*, 2012, no. 2, pp. 7-21 (in Russian).
5. Nesina N., Zdorovenko M., Shkrob T., Dyachenko K. Vizeys'kyj karbonatnyj masyv na Lyvens'kyj strukturi (tsentral'na chastyna pivdennoyi prybortovoyi zony Dniprovsko-Donets'koyi zapadyny). *Ukrainian Geologist*, 2012, no. 1, pp. 83-86. (in Ukrainian).
6. Nesina N.I. Zastosuvannya seysmofatsial'noho analizu dlya vyvchennya verkhno-serpukhovs'kykh vidkladiv Sukhodol's'koyi ploshchi (pivnichni okrayiny Donbasu). *Zbirnyk naukovykh prats' UkrNDI HRI*, 2012, no. 4, pp. 184-188 (in Ukrainian).
7. Nesina N.I. Primenenie rezul'tatov sejsmofacial'nogo analiza v komplekse s dannymi burenija i GIS dlja prognoza neantiklinal'nyh lovushek uglevodorodov v central'noj chasti Severnogo borta Dneprovsko-Donckoj vpadiny. *Azerbaijan Geologist*, 2013, no. 17, pp. 101-108 (in Russian).
8. Nezhdanov A.A. Geologicheskaja interpretacija sejsmorazvedochnyh dannyh. Tjumen', Tjumenskij gosudarstvennyj neftegazovij universitet, 2000, 133 p. (in Russian).
9. Khabanets I.A., Tiapkina O.M. Seismic image prediction and classification of upper serpukhovian carbonate buildups. *Geoinformatika*, 2015, no. 2, pp. 62-70 (in Ukrainian).
10. Shakin V.A. Zony neftegazonakpolenija Dneprovsko-Donckoj vpadiny. Moskow, Nedra, 1977, 120 p.
11. Krawczynski L. Sequence stratigraphic interpretation integrated with 3D seismic attribute analysis in an intracratonic setting: Toolachee formation, Cooper Basin, Australia: Master's Thesis. Queensland, Queensland University of Technology, School of Natural Resource Sciences, 2004, 186 p.
12. Shikhaliyev A., Sadykhov S.D. Lithology, facies and structural features study based on seismic and well data: methodology and application. *Geophysics News in Azerbaijan*, 2007, no. 1, p. 5-11.
13. Skirius C., Nissen S., Haskell N. 3D seismic attributes applied to carbonates. *The Leading Edge*, 1999, no. 1, pp. 384-393.

Received 25/05/2016