

С.Г. Вакарчук, Н.А. Данишурка

## ПРОГНОЗУВАННЯ СКУПЧЕНЬ ВУГЛЕВОДНІВ НЕТРАДИЦІЙНОГО ТИПУ В МЕЖАХ ВОЛИНО-ПОДІЛЬСЬКОЇ НАФТОГАЗОНОСНОЇ ОБЛАСТІ

Оцінено території Волино-Подільської нафтогазоносної області для пошуку вуглеводнів нетрадиційного типу (сланцевого газу, газу ущільнених порід та сланцевої нафти). Визначено основні стратиграфічні рівні поширення порід, перспективних для пошуку вуглеводнів нетрадиційного типу, та встановлено межі їхнього поширення.

*Ключові слова:* Волино-Подільська нафтогазоносна область, палеозой, сланцевий газ, газ ущільнених порід, сланцева нафта.

**ВСТУП.** В останні роки у світі все більше уваги надається вивченню нетрадиційних джерел вуглеводнів (ВВ), до яких насамперед належить сланцевий газ, газ ущільнених порід та сланцева нафта. Найрозвинутіші країни, такі як США й Канада, розпочали розробку не тільки нетрадиційного газу, а й нетрадиційної нафти. У Західній і Східній Європі також тривають роботи в цьому напрямі [1-3, 5]. Актуальною ця проблема є й для України. Аналіз геолого-геофізичних матеріалів засвідчив, що територія Волино-Подільської нафтогазоносної області також перспективна для пошуків ВВ нетрадиційного типу.

Головними завданнями є визначення основних рівнів поширення порід, перспективних для пошуку ВВ нетрадиційного типу, та визначення найперспективніших стратиграфічних комплексів, а також меж їхнього поширення.

**ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ.** Узагальнення й систематизація геолого-геофізичних і геолого-промислових матеріалів з нафтогазоносності, газоносності сланцевих утворень різних басейнів світу, з-поміж яких Віллістон (Williston Basin), Остін Чок Тренд (Austin Chalk trend), Іст Техас - Норт Луїзіана Солт (East Texas - North Louisiana Salt), Ніобрапа (Niobrara), Денвер-Джулісберг (Denver-Julesberg), Аппалацький передовий прогин (Appalachians), Форт-Верт (Fort Worth), Мідконтинент (Midcontinent) [4, 6-12], дали змогу визначити основні критерії оцінки перспективності цих утворень на пошуки неконвекційних ВВ, а саме:

1. *Літологічний склад* (осадові глинисті (сланцеві), алеврито-піщано-глинисті, піщано-глинисті, карбонатно-глинисті та гідрокарбонатні і карбонатні породи, що перебувають переважно на стадії мезокатагенезу) і вміст органічної речовини ( $C_{org}$  понад 1%).

2. *Ступінь термальної зрілості порід:* інтервал від середньої частини  $МК_1$  ( $R^o - 0,62$ ) до нижньої частини  $АК_1$  ( $R^o - 2,5$ ). Узагальнення геолого-промислових матеріалів з огляду на основні положення осадово-міграційної теорії походження ВВ дає змогу визначити, що найсприятливішими умовами для утворення неконвекційної нафти характеризуються породи в інтервалі термальної зрілості порід від  $R^o - 0,62$  до  $R^o - 0,80$  ("нафтове вікно"), а для утворення неконвекційного газу – від  $R^o - 0,80$  до  $R^o - 2,5$  ("газове вікно").

3. *Пористість не менше ніж 1,0%, проникність – 0,02-0,1 мД.* Аналіз засвідчує, що в межах продуктивної товщі пористість варіює в широкому діапазоні від 1,0 до 10%, однак більшість значень відкритої пористості – у межах 2,5-5,0%. Проникність не висока і зазвичай не перевищує 0,1 мД. В окремих випадках у разі наявності розвинутої системи тріщинуватості проникність сягає 2-5 мД. Пористість закритих ізольованих пор змінюється від 0,5 до 2,5%. Уміст ізольованих пор в органічній речовині оцінюється в 0,2-0,5%. Показники пористості залежать як від фракційного та мінерального складу порід, так і від вторинних процесів (ущільнення, карбонатизація, окременіння тощо).

4. *Товщина перспективного горизонту:* для нафти – не менш як 30 м, для газу – не менш як 40 м. Ще одним з важливих критеріїв оцінки ступеня перспективності

нетрадиційних ВВ є товщина перспективного горизонту. Так, мінімальна товщина карбонатної товщі, з якої здійснюється промислове видобування неконвекційної нафти в басейні Віллістон, становить 16-34 м. Промислове видобування нетрадиційного газу в басейнах Мідконтинент та Остін Чок Тренд здійснюється з пластів з мінімальною товщиною 30-50 м.

5. *Глибина залягання перспективних пластів до 4500 м (сланцевого газу й газу ущільнених порід) та до 4000 м (для сланцевої нафти).* Аналіз даних щодо нафтогазоносних басейнів Північноамериканського континенту засвідчив, що промислове видобування неконвекційних ВВ здійснюється з пластів, що залягають на глибинах до 4500 м. Це прямо пов'язане як з економічними, так і з технічними чинниками. По-перше, як відомо, зі збільшенням глибини перспективних пластів різко ускладнюються умови проведення гідророзриву і на глибинах понад 4500 м ефективність його проведення різко знижується. По-друге, зі збільшенням глибини свердловини відповідно зростають і витрати на її спорудження, а зважаючи на економічні дані, видобування неконвекційних ВВ (не тільки з карбонатних, а й зі сланцевих і піщано-алевритових утворень) з горизонтів, які залягають на глибинах понад 4500 м, є нерентабельним.

Аналіз основних критеріїв оцінки перспектив пошуку скупчень ВВ нетрадиційного типу, до яких належать літологічний склад, уміст органічної речовини, ступінь термальності зрілості, пористість і проникність, товщина перспективного горизонту та глибина залягання, дав змогу визначити в межах Волино-Поділля низку стратиграфічних комплексів і окреслити межі перспективних земель для різних типів нетрадиційних ВВ.

**Сланцевий газ.** За результатами аналізу геолого-геофізичних матеріалів визначено найперспективніші стратиграфічні комплекси для пошуку сланцевого газу в межах Волино-Поділля: верхньовендсько-нижньокембрійський і силурійський; верхня частина венду (відклади верхньовалдайської серії); нижня частина нижнього кембрію (відклади балтійської серії); нижній силур (відклади китайгородського та баговицького горизонтів); верхній силур (відклади малиновецького і скальського горизонтів).

*Верхньовендсько-нижньокембрійський комплекс.* З'ясовано, що перспективними на пошуку сланцевого газу є глинисті відклади, які в стратиграфічному плані приурочені до відкладів верхньовалдайської серії верхнього венду та балтійської серії нижнього кембрію. Нижче наведено їхню характеристику.

У літологічному сенсі перспективні відклади верхньовалдайської серії представлені чорними аргілітами з високим умістом сапропелевої органічної речовини ( $C_{\text{орг}}$  – від 1,2 до 3%, у деяких випадках  $C_{\text{орг}}$  – до 7,5%). Товщина глинистих пачок – 20-40 м. Глибина залягання – 1500-4000 м. На більшій частині території відклади рифею перебувають на стадії катагенезу  $MK_3-AK_3$  ( $R^\circ$  – 1,1-4,9).

Установлено, що найбільша кількість глинистих пачок зосереджена в нижній частині балтійської серії. За літологічним складом – це глинисті відклади, особливо в західній частині Волино-Поділля (свердловини 1-Перемишляни, 30-Великі Мости, 1-Глиняни тощо); вони мають вигляд чорних сланців, що сформовані в межах континентального схилу перикратону. Уміст  $C_{\text{орг}}$  – 0,8-1,2%. Ступінь катагенезу –  $MK_3-AK_3$  ( $R^\circ$  – 1,1-4,5). Товщина глинистих пачок – 20-60 м.

Перспективи території по верхньовендсько-нижньокембрійському комплексу пов'язують із західними та північно-західними районами Волино-Поділля (рис. 1).

*Силурійський комплекс.* Проведений аналіз показав, що найперспективнішими для пошуку сланцевого газу є відклади відкритоморської фаціальної зони китайгородського й баговицького горизонтів нижнього силуру та малиновецького й скальського горизонтів верхнього силуру. У літологічному плані ці відклади представлені потужною товщею чорно-сірих і чорних аргілітів і мергелів з рідкісними прошарками вапняків. Уміст  $C_{\text{орг}}$  – від 0,7 до 1,9%, місцями  $C_{\text{орг}}$  – до 3%. Ступінь

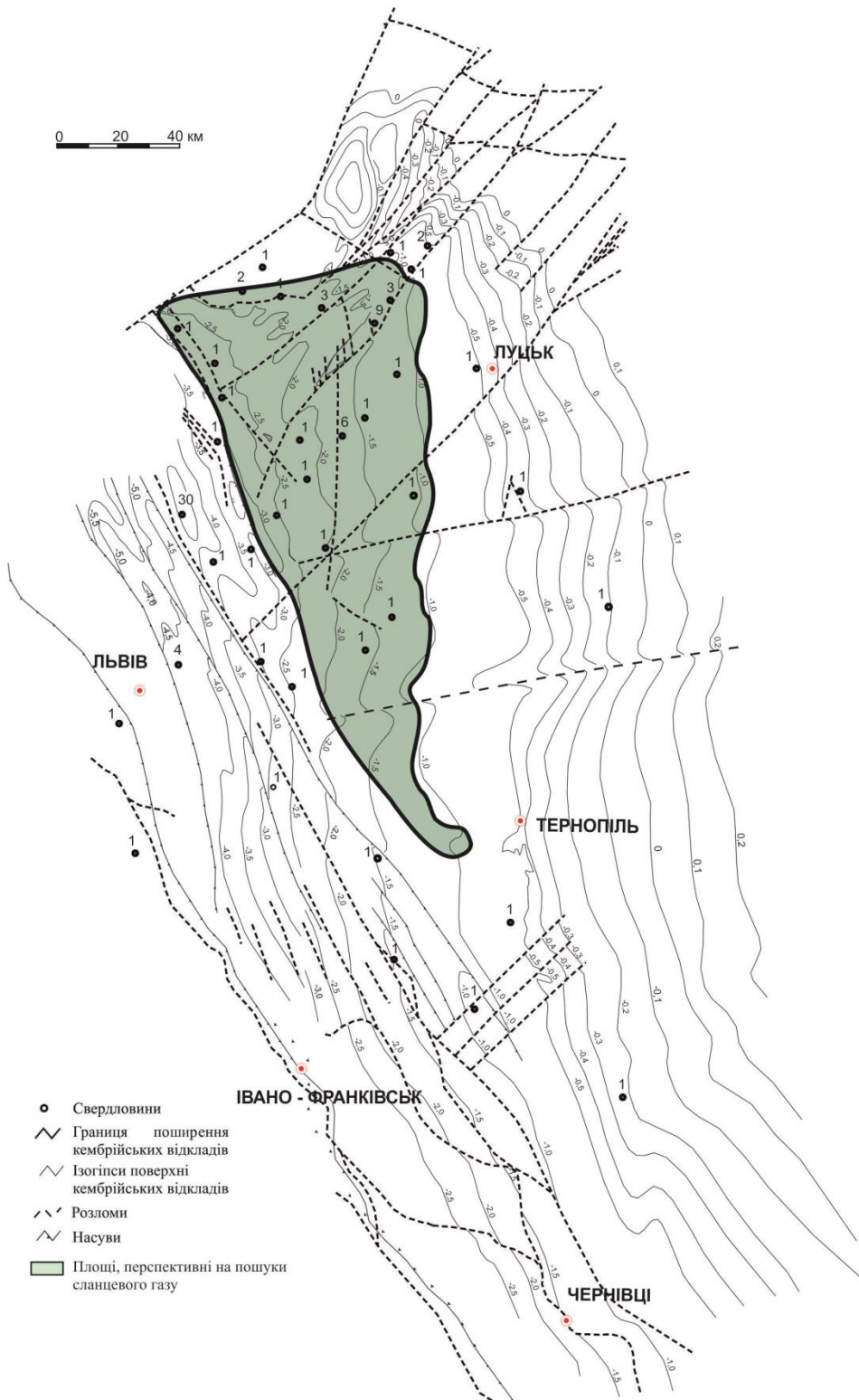


Рис. 1. Карта поширення перспективних на пошуки сланцевого газу порід у верхньовендсько-нижньокембрійському комплексі Волино-Поділля

катагенезу в межах зони поширення відкритоморських відкладів – від  $МК_2$  до  $АК_3$  ( $R_o$  – 0,8 -3,7). Товщини пластів сланцевих порід – 70-80 м, іноді – 100 м.

Перспективна територія по силурійському комплексу охоплює західні, південно-західні та південні райони Волино-Поділля (рис. 2).

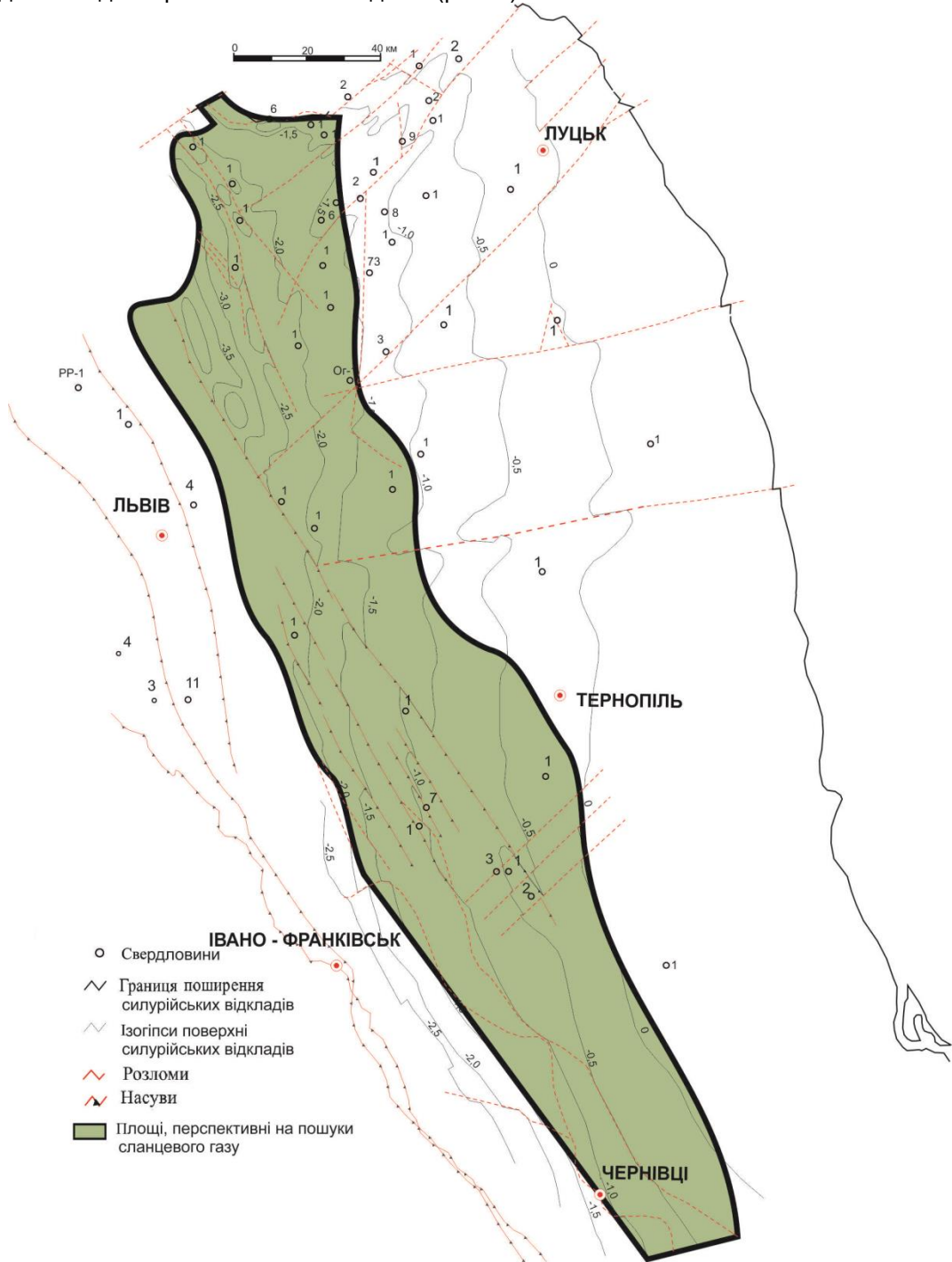


Рис. 2. Карта поширення перспективних на пошуки сланцевого газу порід у силурійському комплексі Волино-Поділля

**Газ ущільнених порід.** На основі розроблених критеріїв визначено, що найперспективнішими стратиграфічними комплексами для пошуку газу в ущільнених породах у межах Волино-Поділля є відклади верхньої частини кембрійського комплексу (бережківська серія).

У літологічному сенсі – це пачки пісковиків, які чергуються з менш потужними пачками глинисто-алевролітових порід. Пісковики сірі, масивні, дрібнозернисті, кварцові з контактово-регенераційним типом цементації. Товщина пачок – від 50 до 550 м. Глибина залягання – 1500-4000 м. Ступінь катагенезу – МК<sub>3</sub> до АК<sub>3</sub> (R<sup>0</sup> – 1,1-4,5).

Перспективи території Волино-Поділля пов'язують із центральними землями досліджень (рис. 3).

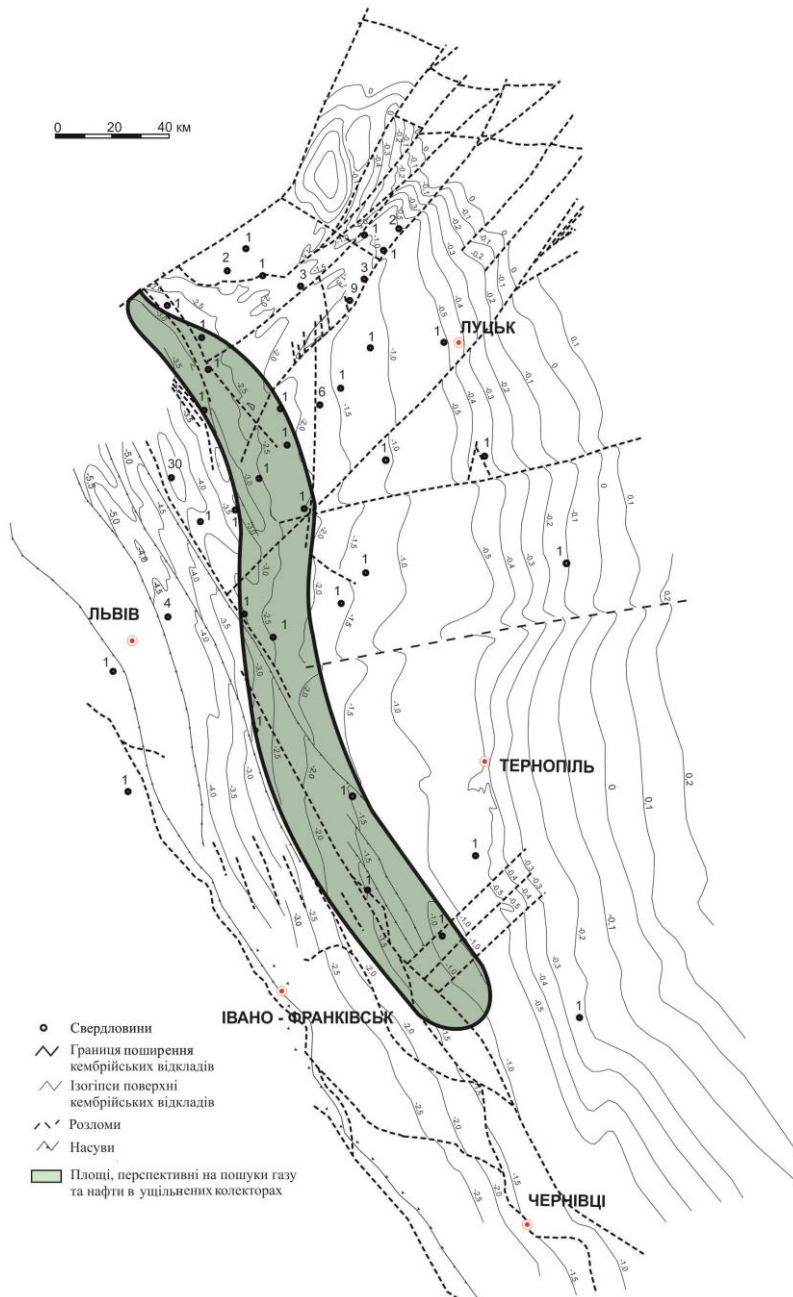


Рис. 3. Карта поширення перспектив газоносності ущільнених порід кембрійського комплексу Волино-Поділля

**Сланцева нафта.** Найбільші перспективи пошуку сланцевої нафти в межах Волино-Поділля треба пов'язувати з щільними карбонатними та карбонатно-глинистими породами силурійського комплексу – утвореннями мілководного шельфу. Відклади представлені пачками вапняків завтовшки від 30 до 50 м, з пропластками аргілітів. Вапняки здебільшого органогенно-детритові та різнозернисті (переважно дрібнозернисті), місцями грудкуваті, нерівномірно глинисті, доломітизовані, шаруваті й хвилястошаруваті зі стилолітовими швами. Уміст  $C_{\text{орг}}$  в карбонатних різновидах сягає 0,1-0,3%, у глинистих – до 1,5%. Середні значення відкритої пористості – 3-5%, проникності – 0,05-0,1 мД. Ступінь катагенезу порід у розкритих розрізах – від МК<sub>1</sub> до МК<sub>2</sub> ( $R_o$  – 0,60-0,80). Товщина перспективних пачок – до 40 м. Глибина залягання перспективних відкладів у межах цієї зони змінюється від 1400 до 2500 м.

Перспективні землі по силурійському комплексу охоплюють східний, південно-східний та північно-східний райони Волино-Поділля (рис. 4).

**ВИСНОВКИ.** Аналіз основних критеріїв оцінки перспектив пошуку скупчень ВВ нетрадиційного типу, до яких належать літологічний склад, уміст органічної речовини, ступінь термальної зрілості, пористість та проникність, товщина перспективного горизонту й глибина залягання, дав змогу окреслити в межах Волино-Поділля низку стратиграфічних комплексів і визначити межі перспективних земель для різних типів нетрадиційних типів ВВ.

Найперспективнішими стратиграфічними комплексами для пошуку сланцевого газу є верхньовендсько-нижньокембрійський (верхня частина венду (відклади верхньовалдайської серії); нижня частина нижнього кембрію (відклади балтійської серії)) та силурійський комплекси (нижній силур (відклади китайгородського та баговицького горизонтів); верхній силур (відклади малиновецького й скальського горизонтів)). Перспективи території по верхньовендсько-нижньокембрійському комплексу пов'язують із західними та північно-західними районами Волино-Поділля. Перспективна територія по силурійському комплексу охоплює західні й південно-західні райони досліджень.

Перспективними для пошуку газу ущільнених порід є відклади верхньої частини кембрійського комплексу (бережківська серія). Перспективи території Волино-Поділля пов'язують із центральними районами досліджень.

Найперспективнішим для пошуку сланцевої нафти є силурійський комплекс. Перспективні землі по силурійському комплексу охоплюють східний, південно-східний та північно-східний райони Волино-Поділля.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гурский Д.С., Михайлов В.А., Чепиль П.М., Гулий В.Н., Гладун В.В. Сланцевый газ и проблемы энергообеспечения Украины // *Мінер. ресурси України*. 2010. № 3. С. 3-8.
2. Лукин А.Е. Сланцевый газ и перспективы его добычи в Украине. Ст. 2. Черносланцевые комплексы Украины и перспективы их нефтегазоносности в Волино-Подольи и Северо-Западном Причерноморье // *Геол. журн.* 2010. № 4 (333). С. 7-24.
3. Лукин А.Е. Сланцевый газ и перспективы его добычи в Украине. Ст. 1. Современное состояние проблемы сланцевого газа // Там же. 2010. № 3. С. 17-33.
4. Atlas of major low-permeability sandstone gas reservoirs in the continental United States / S.P.Dutton, S.J.Cliff, D.S.Hamilton, else. Austin Texas, 1993. 460 p.
5. Hadro Jerzy. Shale gas exploration strategy // *Prezglad Geoljgiczny*. 2010. Vol. 58. P. 250-258.
6. Modern Shale Gas. Development in the United States, 2009. A Pnmer // U.S. Department of Energy Office of Fossil Energy and National Energy Technology Laboratory. 98 p.
7. Namrita Sondhi. Petrophysical characterization of Eagle Ford Shale // University of Oklahoma, Norman, Oklahoma. 2011. P. 176.
8. Olesen N.L. Bakken oil resource play Williston basin (US ): Overview and historical perspective // Oklahoma Geol. Survey Workshop "New Perspectives on Shales", July 2010. 16 p.

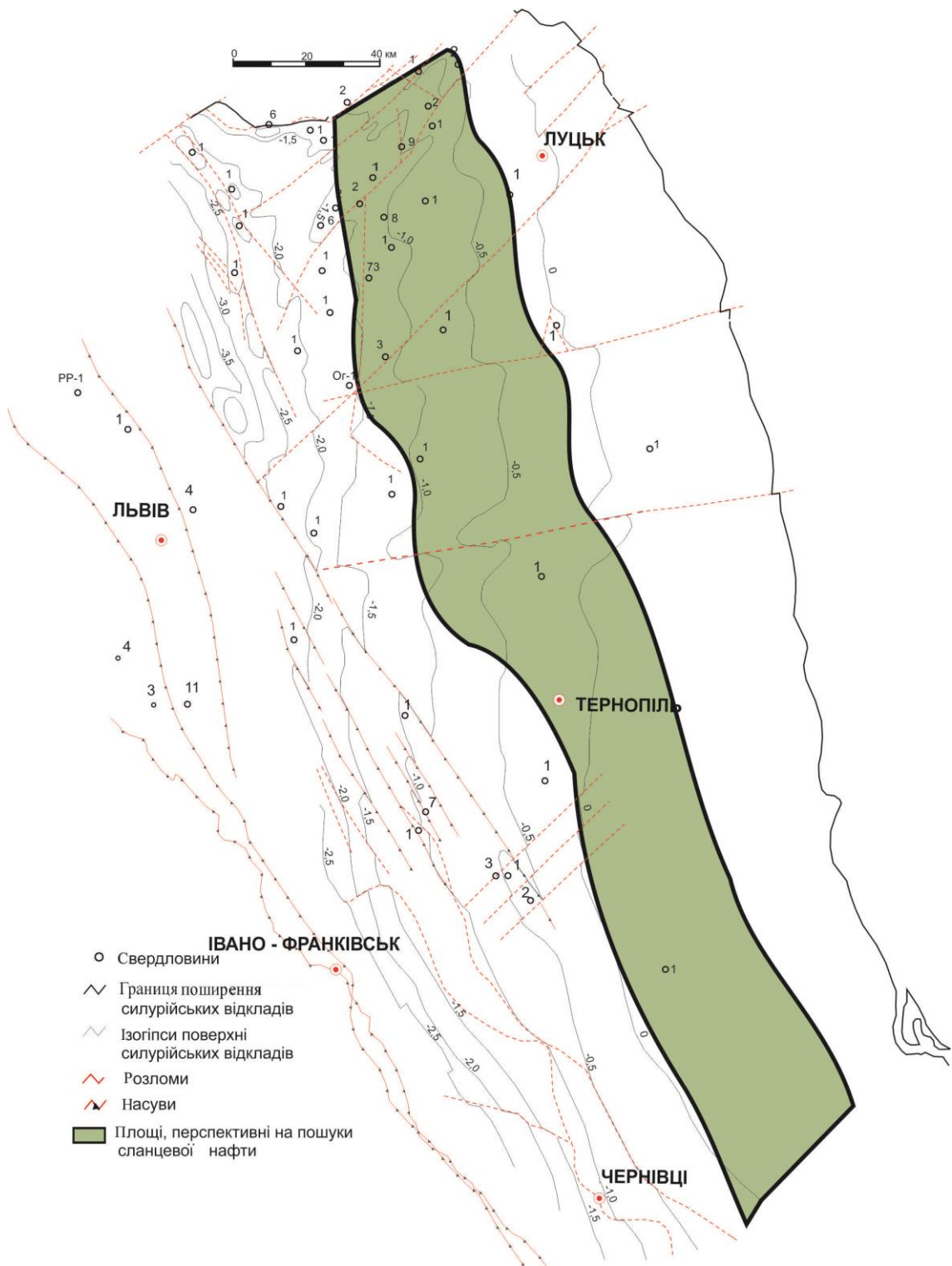


Рис. 4. Карта поширення перспективних на пошуки сланцевої нафти порід у силурійському комплексі Волино-Поділля

9. *Passey Q.R., Bohacs K.M., Esch W.L., Klimentidis R., Sinha S.* From Oil-Prone Source Rock to Gas-Producing Shale Reservoir – Geologic and Petrophysical Characterization of Unconventional Shale-Gas Reservoirs // SPE 131350 CPS/SPE Int. Oil & Gas Conf. and Exhibition, Beijing, 8–10 June 2010. 29 p.
10. *Vanderfort C.* Data and Drilling Methods from Horizontal Mississippian Reservoirs Across Northern Oklahoma // Mississippi Lime Conf., Oklahoma, 2011. 36 p.
11. *Waldo D.* A Review of Three North American Shale Plays: Learnings from Shale Gas Exploration in the Americas // Search and Discovery Article #80214 (2012). 25 p.
12. *Wickstrom L., Perry C., Riley R., Erenpreiss M.* The Utica-Point Pleasant Shale Play of Ohio // Ohio Department of Natural Resources Division of Geological Survey Presentation, 2012. 41 p.

#### REFERENCES

1. *Gurskiy D.S., Mykhaylov V.A., Chepil P.M., Guliy V.M., Gladun V.V.* 2010. Shale gas and problems of energy supply for Ukraine // Mineral resources. No. 3, p. 3-8. – in Russian
2. *Lukin A.E.* 2010. Shale gas and perspectives of its development in Ukraine. Paper 2. Black shales formations in Ukraine and their gas potential in the Volyn-Podillya and Northwestern Peri-Black Sea region. Geol. Jour. No. 4, p. 7-24. – in Russian
3. *Lukin A.E.* 2010. Shale gas and perspectives of its development in Ukraine. Paper 1. Shale gas problem status quo. Geol. Jour. No. 3, p. 17-33. – in Russian
4. Atlas of major low-permeability sandstone gas reservoirs in the continental United States / S.P.Dutton, S.J.Cliff, D.S.Hamilton, else. 1993. Austin Texas, 460 p.
5. *Hadro Jerzy.* 2010. Shale gas exploration strategy. Przegląd Geologiczny. Vol. 58. P. 250-258.
6. Modern Shale Gas. Development in the United States, 2009. A Primer. U.S. Department of Energy Office of Fossil Energy and National Energy Technology Laboratory. 98 p.
7. *Namrita Sondhi.* 2011. Petrophysical characterization of Eagle Ford Shale. University of Oklahoma, Norman, Oklahoma. P. 176.
8. *Olesen N.L.* 2010. Bakken oil resource play Williston basin (US ): Overview and historical perspective. Oklahoma Geol. Survey Workshop “New Perspectives on Shales”, 16 p.
9. *Passey Q.R., Bohacs K.M., Esch W.L., Klimentidis R., Sinha S.* 2010. From Oil-Prone Source Rock to Gas-Producing Shale Reservoir – Geologic and Petrophysical Characterization of Unconventional Shale-Gas Reservoirs. SPE 131350 CPS/SPE Int. Oil & Gas Conf. and Exhibition, Beijing, 29 p.
10. *Vanderfort C.* 2011. Data and Drilling Methods from Horizontal Mississippian Reservoirs Across Northern Oklahoma. Mississippi Lime Conf., Oklahoma, 36 p.
11. *Waldo D.* 2012. A Review of Three North American Shale Plays: Learnings from Shale Gas Exploration in the Americas. Search and Discovery Article #80214. 25 p.
12. *Wickstrom L., Perry C., Riley R., Erenpreiss M.* 2012. The Utica-Point Pleasant Shale Play of Ohio. Ohio Department of Natural Resources Division of Geological Survey Presentation, 41 p.

#### **С.Г. Вакарчук, Н.А. Данишурка** **ПРОГНОЗ СКОПЛЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ НЕТРАДИЦИОННОГО ТИПА В ПРЕДЕЛАХ** **ВОЛЫНО-ПОДОЛЬСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ОБЛАСТИ**

Выполнена оценка территории Волыно-Подольской нефтегазоносной области для поиска углеводородов нетрадиционного типа (сланцевого газа, газа уплотненных пород и сланцевой нефти). Определены основные стратиграфические уровни распространения пород, перспективных для поиска углеводородов нетрадиционного типа, и установлены границы их распространения.

*Ключевые слова:* Волыно-Подольская нефтегазоносная область, палеозой, сланцевый газ, газ уплотненных пород, сланцевая нефть.

**S.G. Vakarchuk, N.A. Danyshurka**



## ASSESSMENT OF UNCONVENTIONAL PETROLEUM ACCUMULATIONS POTENTIAL FOR THE VOLYN-PODILLYA PETROLEUM-PRONE PROVINCE

Assessment of Volyn-Podillya petroleum-prone province territory was made for unconventional hydrocarbons search (shale gas, gas of compressed rocks and shale oil). Determined main stratigraphic levels of prospective for unconventional hydrocarbon type rocks spreading, boundaries of their spreading are set.

*Key words:* Volyn-Podillya petroleum-prone province, Paleozoic, shale gas, tight gas, shale oil.

ТОВ "Ю. Бі. СейсмІк Юкрейн", м. Київ, Україна

Вакарчук Сергій Григорович

E-mail: svgoil@yahoo.com

Дочірнє підприємство «Науково-дослідний інститут нафтогазової промисловості»

Національна акціонерна компанія «Нафтогаз України», Київська обл., м. Вишневе, Україна

Данишурка Наталія Анатоліївна

E-mail: danishurka@naukanaftogaz.kiev.ua

Стаття надійшла: 10.09.2018