

© С.Г. Вакарчук  
канд. геол. наук  
Т.Є. Довжок  
канд. геол.-мінерал. наук  
К.К. Філюшкін  
ДП «Науканафтогаз»

## Оцінка ресурсного потенціалу сланцевого газу нафтогазоносних басейнів України

УДК 553.98:550.8(477.52)/6

*У статті наведено результати оцінки наявності скупчень сланцевого газу в нафтогазоносних басейнах України. Визначено головні стратиграфічні рівні і виділено основні зони поширення порід, перспективних для пошуків сланцевого газу. Виконано кількісну оцінку ресурсів сланцевого газу в нафтогазоносних регіонах України.*

**Ключові слова:** сланцевий газ, стратиграфічні рівні, перспективні зони, видобувні ресурси.

*В статті приводяться результати оцінки наявності скоплень сланцевого газу в нафтогазоносних басейнах України. Определены главные стратиграфические уровни и выделены основные зоны распространения пород, перспективных на поиски сланцевого газа. Выполнена количественная оценка ресурсов сланцевого газа нефтегазоносных регионов Украины.*

**Ключевые слова:** сланцевый газ, стратиграфические уровни, перспективные зоны, извлекаемые ресурсы.

*The paper outlines results of shale gas potential assessment for petroleum provinces in Ukraine. The main stratigraphic levels and areal extent of prospective zones for shale gas exploration are recognized. Quantitative evaluation of shale gas resources in Ukraine is presented.*

**Key words:** shale gas, stratigraphic levels, prospective zones, extracted resources.

Потенційні ресурси традиційного газу в Україні оцінюються в 7254,3 млрд м<sup>3</sup>. Ступінь реалізації початкових ресурсів газу в цілому по Україні – 40,2 %, у т.ч. по Східному нафтогазоносному регіону – 56 %, Західному – 44,1 і Південному – 5,1 %. Причому основні залишкові нерозвідані ресурси Східного та Західного нафтогазоносних регіонів зосереджені на значних глибинах або пов'язуються з невеликими як за розмірами, так і запасами складнобудованими пастками, що значно ускладнює їх виявлення, підготовку і опощування. По Південному нафтогазоносному регіону основна частина нерозвіданих ресурсів газу (89 %) сконцентрована в межах акваторій, і їх освоєння з ряду причин, зокрема політичних, відкладається на невизначений термін. У цій ситуації одним із найбільш перспективних напрямів нарощування видобутку газу в Україні є освоєння його нетрадиційних джерел – метану вугільних пластів, газу ущільнених порід і сланцевого газу. Саме оцінці перспектив освоєння останнього в нафтогазоносних регіонах України і присвячена наша стаття.

Перші публікації з цієї тематики, що з'явилися 2010 року, були присвячені розгляду зарубіжного досвіду і теоретичному обґрунтуванню пошуку скупчень сланцевого газу [1–3]. На наступному етапі було виконано певний обсяг лабораторних досліджень і сформульовано основні крите-

рії оцінки перспектив пошуку сланцевого газу в Україні, а також визначено ряд перспективних стратиграфічних комплексів і зон [4–7]. У той же час системних робіт у цьому напрямку, виконаних за єдиними методичними принципами, практично не проводилось. Залишаються актуальними дослідження з удосконалення критеріїв прогнозу скупчень сланцевого газу, встановлення закономірностей просторового та вікового поширення перспективних утворень і роботи з оцінки їх ресурсної бази.

Наша робота охоплює значний спектр проблем пошуку сланцевого газу в Україні, починаючи з удосконалення критеріїв прогнозування до виділення найбільш перспективних комплексів і зон та оцінки їх ресурсного потенціалу. Визначення критеріїв прогнозування сланцевого газу в Україні ґрунтувалося на комплексному аналізі промислово-газоносних сланцевих утворень у басейнах Північної Америки з урахуванням особливостей будови нафтогазоносних басейнів України. Всього в роботі було використано результати понад 1100 аналізів петрофізичних властивостей порід, 1540 аналізів катагенетичної зрілості порід, 520 визначень  $S_{орг}$ , 350 рентгено-структурних аналізів і понад 2000 описів керна та шліфів із 950 свердловин. Також із метою виділення у розрізі інтервалів залягання сланцевих порід, перспективних на неконвенційний газ, і оцінки їх промислових параметрів було



Рис. 1. Карта поширення перспективних на сланцевий газ порід Дніпровсько-Донецької западини: 1 – території, перспективні на пошуки сланцевого газу, 2 – у девонських відкладах, 3 – у нижньокам'яновугільних відкладах, 4 – у середньокам'яновугільних відкладах, 5 – у верхньокам'яновугільних відкладах

виконано комплексну інтерпретацію матеріалів ГДС 145 свердловин із застосуванням спеціалізованих зарубіжних та авторських методик.

Оцінка загальних ресурсів газу сланцевих товщ включала в себе підрахунки за двома категоріями – вільного газу в порово-тріщинному об'ємі та газу, що знаходиться в сорбованому стані. Для першого випадку було застосовано об'ємний метод підрахунку, для другого (у зв'язку з відсутністю прямих замірів газонасиченості породи) за допомогою графіків-ізотерм Ленгмюра визначали питому газонасиченість на тону породи, яка змінюється залежно від тиску і вмісту органічної речовини [7]. Значення коефіцієнтів вилучення приймали на рівнях – 0,35 для вільного газу і 0,15 для сорбованого.

#### Критерії оцінки перспектив пошуку сланцевого газу

Узагальнення геолого-геофізичних та геолого-промислових матеріалів із газонасиченості сланцевих утворень різних басейнів Північної Америки (Барнетт, Вудфорд, Феєтвілл, Хейнзвіль, Ентрім, Марселлус, Хорн-Рівер, Монті, Уїллістоун, Остін Чок Тренд Іст Техас – Норт Луїзіана Солт та ін.),

аналіз інформації, отриманої в ході зустрічей із представниками провідних іноземних компаній ExxonMobil, Shell та Halliburton, що мають багатий досвід роботи з нетрадиційними джерелами вуглеводневої сировини, із урахуванням результатів виконаних раніше робіт [4–7] дали змогу визначити основні геологічні критерії газонасиченості сланцевих порід в Україні. Розглянемо їх детальніше.

*Літологічний склад.* Сланцевий газ пов'язаний винятково з осадовими глинистими, алеврито-піщано-глинистими та карбонатно-глинистими утвореннями, що знаходяться переважно на стадії мезокатагенезу. Головною відмінністю газонасичених сланцевих порід від звичайних осадових пелітоморфних порід є вміст органічної речовини у кількості від 1 до 10 %.

*Ступінь термальної зрілості порід.* Ступінь катагенезу осадових порід і розсіяної в них органічної речовини є одним з найважливіших показників умов генерації ВВ. Із урахуванням фактичних даних визначено, що найбільш сприятливими умовами для генерації сланцевого газу є інтервал від нижньої частини МК<sub>2</sub> (R<sup>o</sup> – 0,80) до середньої частини АК<sub>2</sub> (R<sup>o</sup> – 3,0).

*Пористість і проникність.* Газ у сланцевих породах міститься як у сорбованому, так і у вільному стані в ізольованих



і напівізольованих порах та тріщинах. Нижня межа відкритої пористості порід, перспективних для пошуку сланцевого газу, відповідає значенню в 1,0 %, а проникності 0,009 мД (за даними компаній ExxonMobil та Halliburton).

**Товщина перспективного горизонту.** Зазвичай мінімальна товщина продуктивної товщі становить 30–40 м, що обумовлено як геологічними (величина ресурсів), так і технічними чинниками (розкриття продуктивних товщ свердловинами з горизонтальними стовбурами).

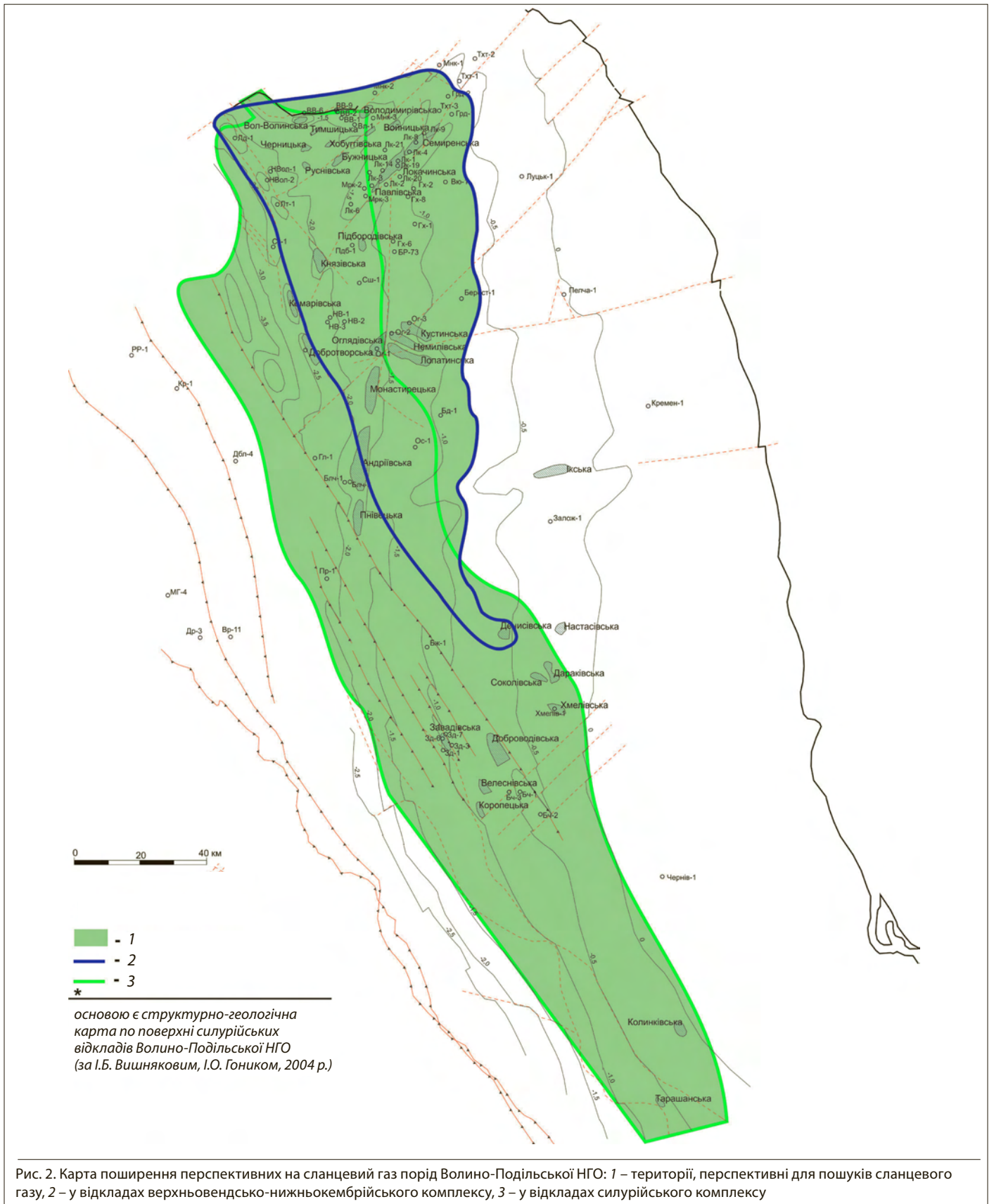
**Глибина залягання.** Аналіз родовищ сланцевого газу у Північній Америці показує, що глибина залягання пластів, із яких здійснюється промислове видобування сланцевого газу, змінюється від 300 до 4600 м. Судячи з досвіду розробки покладів сланцевого газу у США, економічно обґрунтованою є глибина залягання порід до 4500 м.

#### Оцінка перспектив пошуків сланцевого газу в Україні

На основі розроблених критеріїв визначено найбільш перспективні стратиграфічні комплекси, закартовано перспективні території для пошуку сланцевого газу в межах Східного, Західного та Південного нафтогазоносних регіонів

України і виконано кількісну оцінку потенційних ресурсів.

**Східний нафтогазоносний регіон.** За результатами комплексного аналізу в геологічному розрізі Східного нафтогазоносного регіону виділено 10 стратиграфічних рівнів, що вміщують породи, перспективні на сланцевий газ. У верхньодевонському комплексі це: карбонатно-глинисті і глинисто-карбонатні відклади середньої частини франського ярусу (саргаєвсько-семилицький горизонт); алеврито-піщано-глинисті, глинисті і карбонатно-глинисті відклади нижньої частини фаменського ярусу (задонський та нижня частина елеського горизонтів); алеврито-піщано-глинисті і карбонатно-глинисті відклади верхньої частини фаменського ярусу (озерсько-хованські відклади). В нижньокам'яновугільному комплексі: глинисті, карбонатно-глинисті і глинисто-карбонатні відклади нижньої та середньої частин турнейського ярусу; глинисті і карбонатно-глинисті відклади верхньої і нижньої частин нижньовізейського під'ярусу; глинисті відклади нижньої та верхньої частин верхньовізейського під'ярусу (базальні верстви ХІа МФГ (рудівські шари), середня та верхня частини ХІа МФГ, середня і верхня частина ХІ МФГ); глинисті відклади нижньої частини серпухівсько-



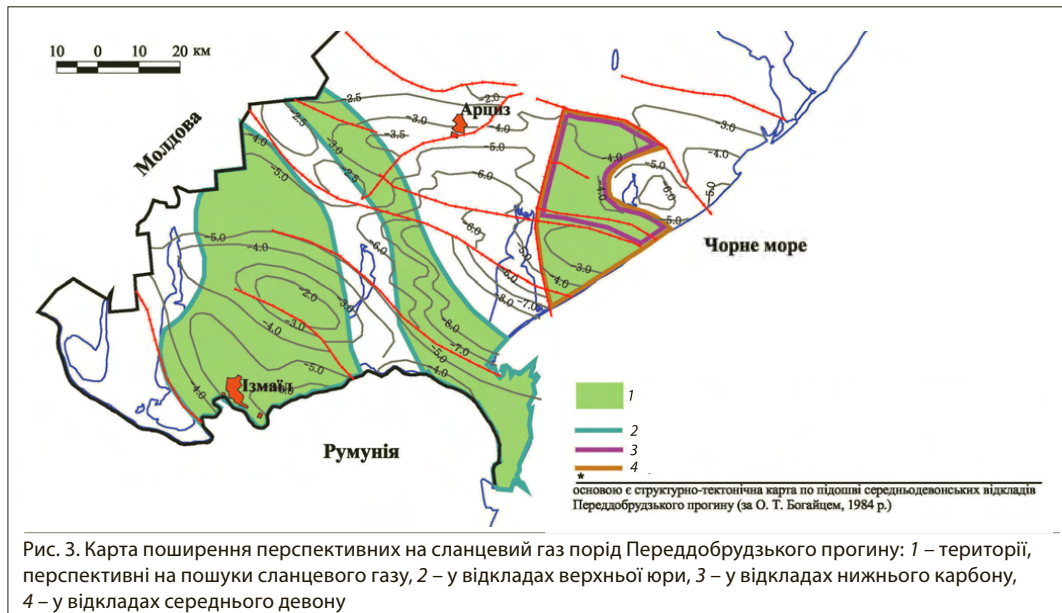


Рис. 3. Карта поширення перспективних на сланцевий газ порід Переддобрудзького прогину: 1 – території, перспективні на пошуки сланцевого газу, 2 – у відкладах верхньої юри, 3 – у відкладах нижнього карбону, 4 – у відкладах середнього девону

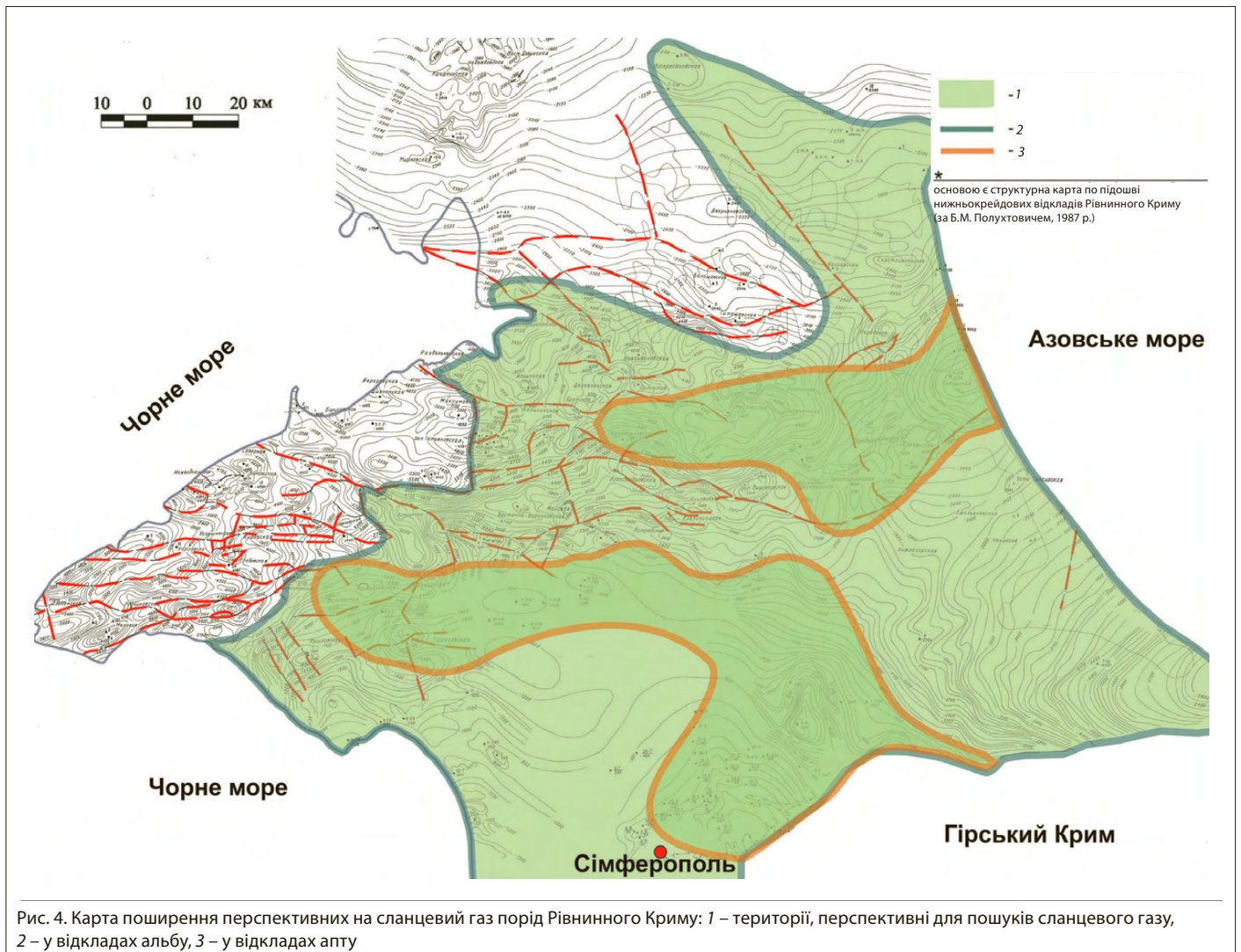


Рис. 4. Карта поширення перспективних на сланцевий газ порід Рівнинного Криму: 1 – території, перспективні для пошуків сланцевого газу, 2 – у відкладах альбу, 3 – у відкладах апту

го ярусу. В середньокам'яновугільному комплексі: глинисті і карбонатно-глинисті середньої та нижньої частин башкирського ярусу та глинисті відклади середньої частини московського ярусу. У верхньокам'яновугільному комплексі – глинисті відклади середньої частини касимівського ярусу.

За результатами комплексних досліджень закартовані перспективні зони для пошуку сланцевого газу (рис. 1). Для верхньодевонського комплексу це три перспективні зони – у південній та північній прибортових зонах на північному заході ДДЗ і південна прибортова зона на південному сході ДДЗ. Для порід нижньокам'яновугільного комплексу – це північно-західна та центральна частини грабену ДДЗ, південна прибортова зона на південному сході ДДЗ, південна частина північного борту. Для середньокам'яновугільного та верхньокам'яновугільного комплексів – це центральні райони південного сходу ДДЗ.

Видобувні ресурси сланцевого газу Східного регіону оцінюють у 14,3 трлн м<sup>3</sup>.

*Західний нафтогазоносний регіон.* За результатами проведених досліджень визначено, що в межах Західного регіону України найбільш перспективною для пошуку сланцевого газу є територія Волино-Подільської плити. Тут перспективи пов'язуються з: піщано-глинистими і глинистими відкладами верхньої частини венду – нижньої частини нижнього кембрію та глинистими і карбонатно-глинистими нижнього і верхнього силуру.

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

Видобувні ресурси сланцевого газу Західного регіону України оцінюють у 3,4 трлн м<sup>3</sup>.

*Південний нафтогазоносний регіон.* У межах Південного регіону наявність перспективних утворень для пошуку сланцевого газу встановлено в межах Переддобрудзького прогину і Рівнинного Криму. В розрізі Переддобрудзького прогину перспективними на сланцевий газ є: алевритно-піщано-глинисті та глинисті відклади нижнього девону (жединський, зігенський, емський яруси), турнейсько-нижньовізейські карбонатно-глинисті відклади нижнього карбону, верхньовізейсько-серпухівські алевритно-піщано-глинисті та глинисті відклади нижнього карбону і глинисті і карбонатно-глинисті відклади середньої та верхньої частин середньої юри. В межах Рівнинного Криму перспективними на сланцевий газ є глинисті і карбонатно-глинисті відклади аптського і альбського ярусів нижньої крейди.

Перспективна територія по нижньодевонському і нижньокам'яновугільному комплексах охоплює північно-східну частину Переддобрудзького прогину, по середньюрському комплексу – практично весь Переддобрудзький прогин (рис. 3). Перспективна територія по аптському комплексу охоплює північно-східну та центральну частини Рівнинного Криму, по альбському комплексу – майже всю територію Рівнинного Криму (рис. 4).

Видобувні ресурси сланцевого газу Південного нафтогазоносного регіону України оцінюють у 4,3 трлн м<sup>3</sup>.

## Висновок

Проведені дослідження показали, що територія України характеризується значним потенціалом поширення сланцевого газу. Перспективні утворення для його пошуку виявлено в усіх її трьох нафтогазоносних регіонах. Усього встановлено 19 основних рівнів розвитку порід, перспективних для пошуку сланцевого газу, у т.ч. у Східному нафтогазовому регіоні – 10, в Західному – 3, в Південному – 6. Найбільш перспективними виявилися відклади палеозою (16 рівнів розвитку перспективних порід), значно меншими перспективами характеризується мезозойський комплекс (3 рівні розвитку перспективних порід). Сумарна площа перспективних територій для пошуку сланцевого газу є найбільшою у Східному нафтогазоносному регіоні, значно меншою площа розповсюдження перспективних утворень в Південному і Західному нафтогазоносних регіонах. За видобувними ресурсами провідне місце також посідає Східний нафтогазоносний регіон (14 трлн м<sup>3</sup>), на другому місці – Південний (4,3 трлн м<sup>3</sup>) і на третьому – Західний (3,4 трлн м<sup>3</sup>). Сумарні видобувні ресурси сланцевого газу в усіх трьох нафтогазоносних регіонах України становлять 22,0 трлн м<sup>3</sup>. Першочерговими об'єктами, виходячи з величини ресурсної бази і площі розповсюдження, є відклади нижньокам'яновугільного комплексу Східного нафтогазоносного регіону. Саме на них потрібно сконцентрувати основну увагу під час проведення подальших детальних досліджень.

## Список літератури

1. **Лукин А. Е.** Сланцевый газ и перспективы его добычи в Украине. Ст. 1. Современное состояние проблемы сланцевого газа (в свете опыта освоения его ресурсов в США) // Геол. журн. – 2010. – № 3. – С. 17–33.
2. **Лукин А. Е.** Сланцевый газ и перспективы его добычи в Украине. Ст. 2. Черносланцевые комплексы Украины и перспективы их газоносности в Волино-Подольи и Северо-Западном Причерноморье // Геол. журн. – 2010. – № 4. – С. 7–24.
3. **Гурский Д. С.** Сланцевый газ и проблемы энергообеспечения Украины / Д. С. Гурский, В. А. Михайлов, П. М. Чепиль и др. // Мінеральні ресурси України. – 2010. – № 3. – С. 3–8.
4. **Лукин А. Е.** Перспективы сланцевой газоносности Днепровско-Донецкого авлакогена // Геол. журн. – 2011. – № 1. – С. 21–41.
5. **Вакарчук С.Г.** Стратиграфічна приуроченість, літологічна характеристика та територіальна поширеність осадових відкладів палеозою, перспективних на пошуки газу нетрадиційного типу у Східному регіоні України / С.Г. Вакарчук, Т.Є. Довжок, К.К. Філюшкін, А.М. Вертюх // 36. наук. праць Інституту геол. наук НАН України. – 2012. – Вип. 5. – С. 174–178.
6. **Vakarchuk S.** Shale Gas Opportunities in Ukraine: Geological Settings, Reserves Assessment and Exploration Problems / S. Vakarchuk, V. Gladun, T. Dovzhok et. al. // Abs. CD-ROM 34th IGC, Brisbane, Australia, 5–10 August 2012.
7. **Вакарчук С.Г.** Нетрадиційні джерела вуглеводнів України. Книга V. Перспективи освоєння ресурсів сланцевого газу та сланцевої нафти у Східному нафтогазоносному регіоні України / С.Г. Вакарчук, О.Ю. Зейкан, Т.Є. Довжок та ін. – К.: ТОВ «ВТС ПРИНТ», 2013. – 240 с.