

УДК 550.8.053

**С.А. Вижва, І.М. Безродна, О. Козіонова**

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка,  
м. Київ*

## **АНАЛІЗ ЄМНІСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КАРБОНАТНИХ ПОРІД НИЖНЬОГО КАРБОНУ РУДЕНКІВСЬКО-ПРОЛЕТАРСЬКОЇ НГО ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ГДС ТА ПЕТРОФІЗИКИ**

На основі проведеного системного аналізу зміни пористості, визначеної за даними ГДС (в 962 пластах) та лабораторних досліджень керну (в 965 зразках) карбонатних порід нижнього карбону Руденківсько-Пролетарської НГО (51 свердловина) створений банк даних, побудовані кореляційні залежності  $K_{п. ГДС} = f(K_{п. керн})$  та аналітичні карти розподілу пористості. Визначено межі зміни пористості та виділено окремі характерні групи порід-колекторів. Кореляційні залежності надають можливість відновити відсутні зв'язки типу “ГДС”–“керн” і можуть бути використані при інтерпретації та переінтерпретації даних ГДС регіону. Отримані площадні характеристики пористості карбонатних порід доповнюють загальну інформацію по району та допоможуть оцінити подальші перспективи пошуків та видобутку вуглеводнів в карбонатних колекторах південної прибортової зони ДДЗ.

**Ключові слова:** пористість, карбонатні породи, південна прибортова частина ДДЗ, ГДС, петрофізика.

**Вступ.** Руденківсько-Пролетарська нафтогазоносна область (НГО) розміщується в центральній частині південної прибортової зони Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ). Вона охоплює структури, що складають ряд піднять, які простягаються вздовж Михайлівсько-Голубівського валу (Новомиколаївська, Гнатівська, Гупалівська, Перещепинська, Багатойська та ін.), структури Зачепилівсько-Левенцівського валу (Горобцівська, Зачепилівська, Лимарська та ін.), а також структури, що безпосередньо прилягають до крайового розлому, який відокремлює прибортову зону грабену від його борту (Юр'ївська, Личківська, Левенцівська) [1].

В основному нафтогазоносному регіоні країни – Дніпровсько-Донецькій западині – розвідані колектори переважно є теригенними. Враховуючи достатньо значне поширення карбонатних порід у розрізі западини, а також її південної прибортової частини, можна стверджувати, що виявлені в них нафтогазові ресурси поки не відповідають потенціалним можливостям надр. Із великої кількості відкритих тут родовищ усього у понад

10 з них відомі нафтові і газоконденсатні поклади, розміщені в турнейських та нижньовізейських рифогенно-карбонатних пастках. Причому на деяких родовищах (Мачуське, Багатовське) саме ці поклади є основними за розвіданими запасами [1]. У формуванні фільтраційно-ємнісних властивостей (ФЄВ) карбонатів брали активну участь тектонічні, геоморфологічні і флюїдодинамічні процеси, які зумовили той фактор, що пористість вапняків змінюється в широкому діапазоні і є дуже мінливою у районі досліджень у цілому.

Отримання новітньої інформації щодо ємнісних властивостей турнейських і нижньовізейських карбонатних відкладів та розроблених на цій основі кореляційних зв'язків є необхідним для виявлення потенціальних нафтогазових можливостей Руденківсько-Пролетарської НГО.

**Стан проблеми.** Дослідження пористості карбонатів Руденківсько-Пролетарського району висвітлено в багатьох роботах таких авторів, як Н.Т. Аракчєєв, І.М.Бабко, І.М. Безродна, А.О. Білик, В.В. Бондар, С.А. Вижва, І.В. Височанський, Я.І. Гузик, В.М.Дахнов, І.П. Дзєбань, Б.П. Кабишев, В.Г. Колісниченко, В.О. Кривошея, В.Д.Кукурудза, В.М. Курганський, І.М. Куровець, С.О. Лизун, Л.Н. Лозова, О.Ю. Лукін, С.О. Мачуліна, М.В. Могилевич, Г.Т. Продайвода, В.І. Савченко, Г.Л. Трофименко, В.О. Федішин, В.В. Храпак, П.С. Чепусенко, О.В. Шеремета, М.В. Щукін та інші. Визначенням ємнісних властивостей порід південної прибортової зони ДДЗ у різний час займалися УкрДГРІ (Київ, Львів), ДП “Полтава РГП”, ДГП “Укргеофізика”, Полтавська експедиція геофізичних досліджень у свердловинах, ДП “Полтавнафтогазгеологія”, ДК “Укргазвидобування”, ОАО “Укрнафта”, Полтавська НГРЕ, Київський національний університет імені Тараса Шевченка та інші організації.

Аналіз фактичного матеріалу демонструє, що ефективність пошуково-розвідувальних робіт у карбонатних відкладах карбону помітно нижча за ефективність досліджень у теригенних породах. Пояснюється це переважно недостатньою вирішеністю питань зонального і локального прогнозу нафтогазоносності [1].

Як свідчить досвід вивчення деяких значних за запасами родовищ в інших районах ДДЗ, цілком можливе існування пропущених у свій час продуктивних колекторів. Довивчення карбонатних порід карбону основані на засадах системного комплексного аналізу попередніх результатів геофізичних досліджень, у тому числі розробки нових кореляційних схем

і моделей, дасть можливість використовувати узагальнені дані для надійнішої інтерпретації даних ГДС і оцінювати перспективи карбонатних колекторів регіону.

**Метою** роботи є систематизація розподілу пористості в карбонатних породах карбону Руденківсько-Пролетарського району, розробка кореляційних зв'язків між визначеннями її за методами ГДС і петрофізики для вирішення завдання виділення пропущених в свій час продуктивних колекторів.

**Результати роботи.** Авторами зібрані та проаналізовані літературні і фондові матеріали (129 джерел), в яких наведені результати визначення пористості за даними петрофізичних досліджень і результатами інтерпретації комплексу даних ГДС [2]. У більшості джерел є результати визначення ємнісних властивостей зазначеного типу порід, але передусім для окремих родовищ і площ, дуже рідко – для груп родовищ. Достатньо великий обсяг інформації зібрано авторами для карбонатних порід турнейського та візейського ярусів по свердловинах Мачуської, Новомиколайівської, Гнатівської, Багатоїської площ, менший – Юр'ївської, Керносівської, Руденківської, Личківської, Решетняківської та Східнорешетняківської, значно менший – Левенцівської, Перещепинської, Гупалівської, Відрадненської площ.

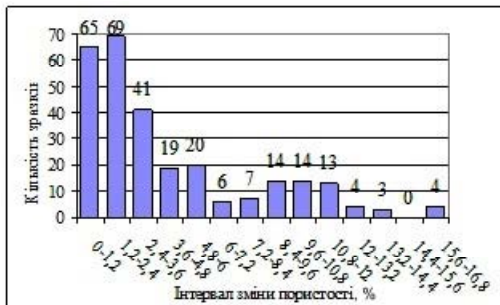
Для узагальнення всього проаналізованого матеріалу по окремих свердловинах (51), площах (14), регіонам Руденківсько-Пролетарської НГО територію досліджень було розбито на групи, згідно з їх структурним положенням:

- 1) структури північної частини Зачепилівсько-Левенцівського валу;
- 2) структури в межах Нехворощанського виступу;
- 3) структури, що прилягають до крайового розлому грабену;
- 4) структури південної частини Зачепилівсько-Левенцівського валу.

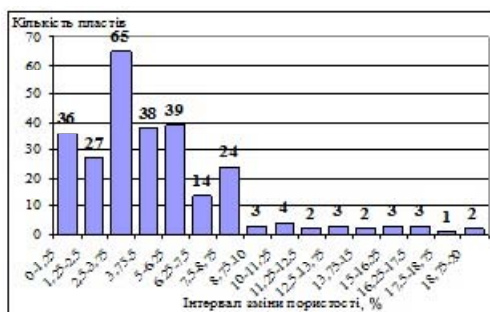
До 1-ї групи родовищ авторами віднесені вивчені площі: Мачуська, Відрадненська, Решетняківська, Східнорешетняківська, де проаналізовано пористість, що визначена для 285 карбонатних зразків і 282 пластів інтервалів ранньокам'яновугільного віку (див. таблицю). За даними [3], порові та порово-тріщинні колектори регіону представлені переважно органічно-детритовими вапняками, як чистими, так і глинистими різновидами із задовільними ФЄВ, що зумовлені первинними седиментаційними процесами і розвитком вторинної пористості й тріщинуватості. За статистичним аналізом результатів петрофізичних досліджень пористості

**Узагальнені результати статистичного аналізу пористості карбонатних порід Руденківсько-Пролетарської НГО**

Регіон	Середнє значення пористості, % за даними петрофізики / ГДС		Межі зміни пористості та виділені групи карбонатних порід, %						
	Загалом за вибіркою	Колектори	За даними петрофізики			За даними ГДС			
Всього по Руденківсько-Пролетарській НГО	3,6 / 7,1	8,4 / 7,7	0,1–3,9	4,0–7,0	8,0–18,5	0–2,5	2,5–10,5	10,5–12,5	12,5–20,0
Північна частина Зачепилівсько-Левеншівського вау	4,1 / 4,9	8,5 / 7,1	0,1–4,0	4,0–8,0	8,0–18,5	0–2,0	2,0–5,5	5,5–7,0	7,0–20,0
Нехворощанський вступ	3,5 / 7,1	7,9 / 8,2	0,1–4,1	4,1–8,5	8,5–17,4	0–5,0	5,0–9,0		9,0–18,0
Структури, що прилягають до крайового розлому грабену	2,1 / 6,8	4,8 / 8,0	0,16–1,0	1,0–5,0	5,0–7,1	0–4,0	4,0–20,0		
Південна частина Зачепилівсько-Левеншівського вау	1,5 / 5,9	9,8 / 6,2	0,1–3,5	5,7–13,3		1,0–2,5	2,5–7,5	7,5–10,5	10,5–13,5
									13,5–7,0



a



б

Рис. 1. Гістограми розподілу пористості карбонатних зразків ядра (а) і пластів (б) порід карбону для структур північної частини Зачепилівсько-Левенцівського валу

виділено 3 групи порід (рис. 1, а): низькопористі (від 0 до 4 %) – відібрані із щільних пластів; пористі (від 4 до 8 %); високопористі (від 8 до 18 %), для яких характерна вторинна пористість, як тріщинна, так і кавернозна.

За даними ГДС [3], з цієї групи площ було проаналізовано 282 пласти карбонатних порід турнейського і візейського ярусів Мачуської площі. За вибіркою даних виділено 4 групи порід (рис. 1, б): низькопористі (2 групи: 0–2 % та 2–5,5 %); пористі (5,5–7 %) і високопористі (7–20 %).

Проаналізовано взаємозв’язок пористості, що визначена за даними ГДС і петрофізики. Для Мачуської площі така залежність є найрепрезентативнішою:

$$K_{п, ГДС} = 0,98 K_{п, керн} + 1,39 \text{ при } R^2 = 0,86.$$

2-га група родовищ включає досліджені авторами площі: Гнатівську, Новомиколаївську, Руденківську. Для структур у межах Нехворощанського виступу проаналізовано пористість для 327 карбонатних зразків тур-

нейського та візейського ярусів інтервалів свердловин згаданих площ (див. таблицю). Досліджені карбонатні породи представлені здебільшого вапняками брекчієподібними, органічно-детритовими, органічно-шламовими, згустково-комкуватими з масивною текстурою і уламковою структурою та доломітами [4]. Аналіз гістограм розподілу пористості за даними петрофізики дав змогу виділити 3 групи карбонатних порід: низькопористі (від 0 до 4,1 %); пористі (від 4,1 до 8,5 %) і високопористі (до 17,4 %).

Під час аналізу даних ГДС групи родовищ авторами були статистично оброблені інтервали карбонатних утворень турнейського та візейського ярусів Новомиколаївської (199 пластів) і Гнатівської (78 пластів) площ.

Середня пористість карбонатних порід карбону Новомиколаївського родовища становить 8,0, порід-колекторів – 9,0 % (176 пластів). Серед пластів-колекторів виділено 2 групи за пористістю: 5 – 9,6 і 9,6 – 18 %. Середня пористість за вибіркою карбонатних порід свердловин Гнатівської площі дорівнює 7,3 % (3,1–17 %), для 57 пластів-колекторів – 8,5 %. Пористість нафтоносних пластів, в цілому по родовищу, нижча за пористість газоносних пластів: відповідно 5,2 і 9,2 %. Для 277 карбонатних пластів цієї групи родовищ прийнято середнє значення пористості 7,7 %, для 233 пластів-колекторів – 8,2 %. На гістограмі пористості за даними ГДС виділено 5 груп порід: низькопористі (0–2,5 %), пористі (2,5–6,5 %), середньопористі (6,5–9,5 %), сильнопористі (9,5–11,5 %) і високопористі з  $K_n > 11,5$  %.

За даними ГДС та петрофізики окремих пластів карбонатних порід розраховано функціональну залежність  $K_{п, ГДС} = f(K_{п, керн})$ . Для Новомиколаївської та Гнатівської площ отримані лінійні рівняння з найліпшим коефіцієнтом зв'язку:

Новомиколаївська площа:

$$K_{п, ГДС} = 0,76 K_{п, керн} + 2,01 \text{ при } R^2 = 0,83 \text{ (рис. 2),}$$

Гнатівська площа:

$$K_{п, ГДС} = 0,32 K_{п, керн} + 4,23 \text{ при } R^2 = 0,64.$$

Для 3-ї групи площ (Гупалівська, Левенцівська, Юр'ївська), що приурочені до крайового розлому грабену, проаналізовано пористість (69 зразків і 154 пласти) карбонатних порід нижнього карбону (див. таблицю). Вапняки карбону представлені органічно-детритовими дрібно-, середньозернистими та брекчієподібними різновидами з уламками каль-

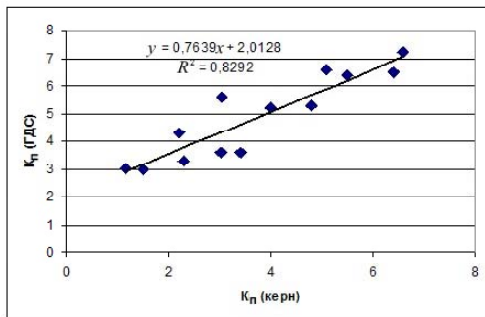


Рис. 2. Залежність коефіцієнта пористості за даними ГДС від коефіцієнта пористості, що визначений за даними петрофізики для порід свердловин Новомиколаївської площі

циту, детриту та вуглисто-глинистої речовини, часто смугастими; тріщини здебільшого перпендикулярні до осі керна [1]. За петрофізичними даними під час статистичного аналізу вибірки результатів визначення пористості виділено 3 групи: до 2 %, 2–5 і вище за 5 %. Порооди-колектори з пористістю понад 5 % мають підвищені ємнісні властивості, які зумовлені структурними особливостями та наявністю органогенно-детритових порід.

Для вивчених структур (Юр’ївської та Гупалівської), що прилягають до крайового розлому грабену, середня пористість карбонатних порід карбону за даними ГДС становить 6,8 %, а для 133 пластів, де  $K_p$  перевищує граничне значення 5 %, – 8 % (за змінення 5–20 %). За гістограмою всі дані статистично поділено на 3 групи: низькопористі (до 2,5 %), пористі (від 2,5 до 9 %) та високопористі (рис. 3).



Рис. 3. Гістограма зміни пористості карбонатних пластів порід нижнього карбону для групи площ, що приурочені до крайового розлому грабену

Для карбонатних пластів-колекторів нижнього карбону побудовано доволі близькі статистичні залежності:

Юр'ївська площа:

$$K_{п, ГДС} = 2,57 K_{п, керн} + 1,3 \text{ при } R^2 = 0,58,$$

Гупалівська площа:

$$K_{п, ГДС} = 3,03 K_{п, керн} + 1,3 \text{ при } R^2 = 0,68.$$

Для 4-ї групи площ (Багатойська, Керносівська, Личківська, Перещепинська) проаналізовано (див. таблицю пористість 183 зразків і 318 пластів карбонатних порід турнейського та візейського ярусів.

Карбонатні породи нижньовізейського ярусу представлені біогермними, водоростяно-криноїдними, біоморфно-детритусовими, глинистими дрібнозернистими вапняками різного ступеня доломітизації [5]. Інтенсивно доломітизовані біогермні водоростеві вапнякі родовищ складаються з ромбодричних зерен доломіту дрібно- та середньопіщаної розмірності, завдяки чому набувають властивості гранулярних колекторів. У нерівномірно доломітизованих водоростяно-криноїдних (з форамініферами, коралами тощо) біогермних та особливо біоморфно-детритусових вапняках пористість і газонасиченість знижуються. Для бітумінозних глинистих мікрозернистих вапняків нижнього візе характерна інтенсивна тріщинуватість.

За аналізом гістограм даних лабораторних досліджень керна свердловин родовищ розподіл пористості є різко асиметричним унаслідок переважної кількості зразків з пористістю до 1,5 %. Граничне значення  $K_p$  для карбонатних колекторів, за даними ДП “Полтавнафтогазгеологія”, дорівнює 2,6 %. Для всієї вибірки авторами визначена пористість порід-колекторів, що характеризується середнім значенням 5,4 %. Діапазон зміни пористості карбонатів для родовища становить 0,3–13,3 %, а на гістограмі її розподілу виділено тільки 2 групи порід – з низькою (до 4 %) та підвищеною пористістю.

Під час аналізу зміни пористості за даними ГДС встановлено, що для 311 карбонатних пластів у середньому вона дорівнює 5,9 %, для 245 пластів-колекторів – 6,2 (для 172 зразків доломітів середнє значення пористості становить 6,4 %, для 63зразків вапняків – 7,2 %). За статистичним аналізом  $K_p$  за даними ГДС виділено 5 груп порід з такою пористістю, %: 1) < 2,5; 2) 2,5–7,5; 3) 7,5–10,5; 4) 10,5–13,5; 5) > 13,5.



Для пластів-колекторів свердловин площ 4-ї групи проаналізовано взаємозв'язок пористості, що визначені за даними ГДС і петрофізики й отримано залежність

$$K_{п, ГДС} = 4,8 K_{п, керн} - 0,04 \text{ при } R^2 = 0,73.$$

В цілому по Руденківсько-Пролетарській НГО авторами проаналізовано результати петрофізичних визначень пористості в 964 карбонатних зразках турнейського та візейського ярусів (див. таблицю), відібраних з інтервалів 51 свердловини регіону. Лише 212 зразків (менше чверті від загальної кількості) можна розглядати як породи, що можуть характеризуватися як пласти-колектори, з яких переважна кількість зразків (198) відповідає інтервалу пористості 4–18,5 %. У цьому інтервалі на гістограмі розподілу пористості виділено два максимуми, які відповідають пористим з  $K_{п} = 4 \div 7$  % (89 зразків) і високопористим з  $K_{п} = 8 \div 18,5$  % (71 зразок) карбонатним різновидам.

За даними ГДС проаналізовано пористість 973 карбонатних пластів порід нижнього карбону по 46 свердловинах Руденківсько-Пролетарського НГО. Визначені як колектори за даними ГДС – 737 пластів. Середня загальна пористість, що визначена за даними ГДС карбонатних порід нижнього карбону по НГО, дорівнює 7,1, а для пластів-колекторів – 7,7 %. На гістограмі розподілу пористості, що визначена за даними ГДС, виділено 4 групи порід: низькопористі (0–2,5 %), пористі (2,5–10,5 %), і 2 групи високопористих порід (10,5–12,5 і понад 12,5 %).

Виділені окремі групи порід-колекторів, на думку авторів, характеризують карбонатні породи різних геологічних умов утворення, що разом із різним вмістом біогенних рештків зумовлює різну структуру пустотного простору зразків, яка характеризується пустотами різних типів і форматів. Більшість розглянутих зразків карбонатних порід кам'яновугільного віку є низькопористими, що передусім пов'язано з технічною складністю відбору керна в тріщинуватих і кавернозних карбонатних пластах. Суттєве ж зростання ФЄВ відмічається у високопористих породах, де сформувався пористий вилуговування, тріщини та каверни.

Для Руденківсько-Пролетарської НГО в цілому авторами проведений площовий аналіз пористості за петрофізичними даними та матеріалами ГДС на основі аналізу всіх літературних і фондових джерел. За допомогою MapInfo для всіх вибірок зразків і пластів побудовано аналітичні карти загальної пористості карбонатних порід та порід-колекторів нижнього карбону, що визначені за даними петрофізики та матеріалами ГДС (рис. 4).

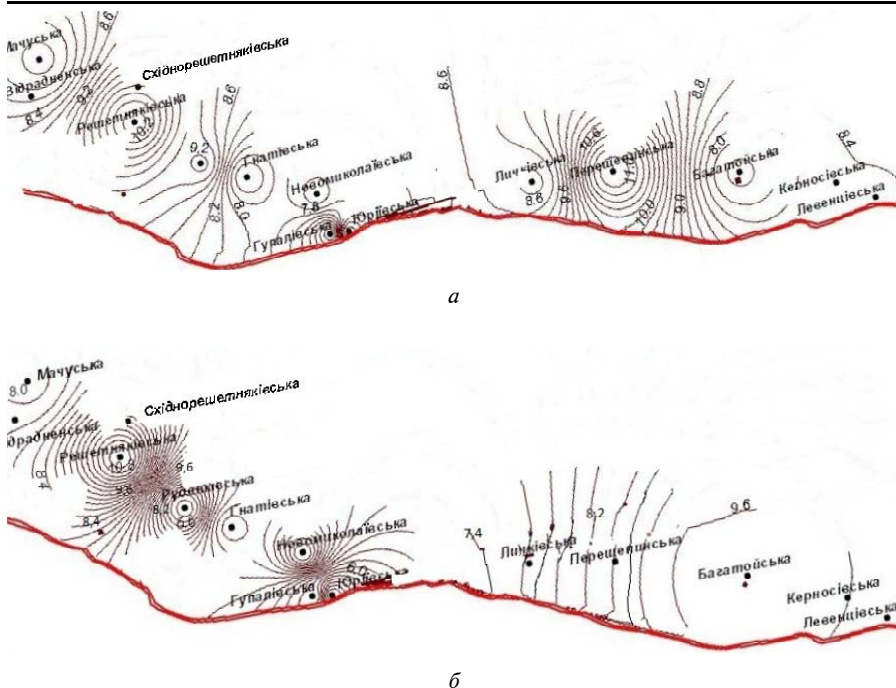


Рис. 4. Узагальнена пористість карбонатних порід-колекторів нижнього карбону Руднівсько-Пролетарської НГО, що визначена за даними ГДС (а) та петрофізики (б)

Площова характеристика пористості карбонатних порід нижнього карбону, що визначена за різними геофізичними даними, доповнює загальну інформацію по НГО і дає змогу оцінити подальші перспективи пошуків нафтогазових карбонатних колекторів регіону.

**Висновки.** У результаті проведеного статистичного аналізу визначено межі зміни пористості та виділені окремі характерні групи порід як для окремих родовищ та їх груп, так і для регіону в цілому. На основі систематизованих даних для розглянутих площ побудовані кореляційні залежності для карбонатів виду  $K_{п, ГДС} = f(K_{п, керн})$ , які апроксимуються лінійними функціями з досить тісним зв'язком. Розраховані залежності дають можливість відновити відсутні зв'язки типу ГДС-керна.

Статистичний аналіз розподілу пористості за даними ГДС і петрофізики карбонатних порід нижнього карбону в південно-прибортовій зоні ДДЗ дасть можливість використовувати узагальнені дані для надійнішої інтерпретації комплексу ГДС.

Отримані площові характеристики пористості карбонатних порід доповнюють загальну інформацію по району й допоможуть оцінити подальші перспективи пошуків і видобутку вуглеводнів у карбонатних колекторах південної прибортової частини ДДЗ.

Для подальшого уточнення перспективності складнобудованих порід-колекторів регіону автори проводять додаткові дослідження результатів визначення структури їх пустотного простору та, зокрема, кількісного визначення типів пористості порід-колекторів, що надасть додаткову інформацію для регіонального прогнозування їх нафтогазоперспективності.

1. *Заключение о перспективах нефтегазоносности карбонатных пород нижнего карбона–верхнего девона на участке Руденки–Ливенцы в южной прибортовой зоне ДДВ (по результатам литофизических исследований и переинтерпретации материалов ГИС).* – Киев: КГО УкрНИГРИ, 1998. – 233 с.
2. *Аналитичний огляд фондových матеріалів з фільтраційно-ємнісних властивостей та структури пустотного простору складнобудованих карбонатних порід південної прибортової зони ДДЗ: (Звіт з НДР) / Київ. нац. ун-т ім. Т. Шевченка.* – К., 2010. – 123 с.
3. *Геолого-економічна оцінка Мачухського газового родовища Полтавської області України: (Звіт) / ДП “Полтава РГП”.* – Полтава, 2009. – Т.1. – 240 с.
4. *Обоснование подсчетных параметров карбонатных отложений нижнего визе–турне Новониколаевской группы месторождений: (Отчет) / УкрДГРИ.* – Киев, 1986.
5. *Геологічна будова та підрахунок запасів ВВ Богатойського газоконденсатного родовища. (Звіт) / ДГП “Полтавнафтогазгеологія”, УкрДГРІ.* – Львів; Полтава, 1994. – Т.1. – 303 с.

**Анализ емкостных свойств карбонатных пород нижнего карбона Руденковско-Пролетарской НГО по результатам ГИС и петрофизики С.А. Вижва, И.Н. Безродная, О. Козионова**

На основе проведенного системного анализа изменения пористости, определенной по данным ГИС (в 962 пластах) и лабораторных исследований керна (в 965 образцах) карбонатных пород нижнего карбона Руденковско-Пролетарской НГО (51 скважина) создан банк данных и построены корреляционные зависимости  $K_{п. ГИС} = f(K_{п. керн})$  и аналитические карты распределения пористости. Определены границы изменения пористости и выделены отдельные характерные группы пород-колекторов. Корреляционные зависимости позволяют восстановить недостающие связи типа “ГИС”–“кern” и могут быть использованы при интерпретации и переинтерпретации данных ГИС региона. Полученные площадные характеристики пористости карбонатных пород дополняют общую информацию по району и помогут оценить дальнейшие перспективы поисков и добычи углеводородов в карбонатных колекторах южной прибортовой зоны ДДВ.

**Ключевые слова:** пористость, карбонатные породы, южная прибортовая часть ДДВ, ГИС, петрофизика.

**The analysis of capacitive properties of carbonate carboniferous rocks from Rudenkivsko-Proletarsky region using logging and petrophysical data**

S.A. Vyzhva, I.M. Bezrodna, O. Kozionova

The authors conducted a systematic analysis of porosity changes, determined according to the bore holes (962 insitu) and laboratory core measurements (965 samples) of carbonate Lower Carboniferous rocks from Rudenkivsko-Proletarian regions (51 wells). The database is created and analytical correlations  $K_{p, WL} = f(K_{p, cores})$  and maps of porosity distribution are composed. Correlations limits of porosity changes are determined. Calculated relations are able to restore missing links such as “WL”–“core” and can be used in interpretation and re-interpretation of well-logging data. These areal porosity data of carbonate rocks can be used to assess further prospects of hydrocarbons exploration. It forms the carbonate reservoirs of the southern near-margin zone of DDD.

**Keywords:** porosity, carbonate rocks, southern near-margin zone of DDD, logging, petrophysical.