ГЕОФІЗИКА

УДК 550.552.53.553

С. Вижва, д-р геол. наук, проф., зав. каф. геофізики,
І. Безродна, канд. геол. наук, ст. наук. співроб, заст. директора,
E-mail: bezin3@ ukr.net
Київський національний університет імені Тараса Шевченка,
ННІ "Інститут геології", вул. Васильківська, 90, м. Київ, 03022, Україна

ВИЗНАЧЕННЯ СТРУКТУРИ ПУСТОТНОГО ПРОСТОРУ СКЛАДНОПОБУДОВАНИХ ПОРІД ЗА ДАНИМИ ПЕТРОАКУСТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ СЕМИРЕНЬКІВСЬКОЇ ПЛОЩІ

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол. наук, проф. О.М. Карпенком)

Проаналізовано результати дослідження керну 11 свердловин Семиреньківської площі Дніпровсько-Донецької западини. Визначено перспективні інтервали розвитку порід-колекторів на основі вивчення структури їхнього пустотного простору. Комплекс петрофізичних досліджень колекції з 219 зразків, представлених нижньокам'яновугільними пісковиками, проводився в Петрофізичній лабораторії ННІ "Інститут геології". Визначення структури пустотного простору за даними петрофізики проводилось за оригінальною методикою інверсії даних ультразвукових та ємнісних досліджень у структуру пустотного простору. За матеріалами петрофізики (швидкості повздовжніх та поперечних хвиль, коефіцієнт відкритої пористості та об'ємна густина) проведено кількісну оцінку різних типів пористості порід: міжзернової (гранулярної), тріщинної та кавернозної. Окремо розраховано вторинну пористість.

Тріщинні пустоти присутні в багатьох пластах, зокрема, виділяються зразки з великими (більше 0,35%) та дуже великими (до 4,5% – у зразках C_2b ярусу) значеннями коефіцієнта тріщинної пористості. Кавернозні пустоти виділені в більшості зразків, значення кавернозної пористості досягають 6,5%. Вторинна пористість складає майже 80% усіх наявних пустот та переважає за значенням міжзернову в 92% досліджених зразків.

За результатами інтерпретації петрофізичних досліджень та визначеної структури пустотного простору колекції зразків-пісковиків Семиреньківської площі виділено 90 зразків, що відповідають пластам-колекторам. Найбільш перспективним за отриманими параметрами визначено горизонт В-18 (21 зразок). Результати наведених досліджень можуть бути використані для визначення перспективності порід окремих інтервалів та літологічних комплексів.

Ключові слова: порода-колектор, петрофізика, структура пустотного простору.

Вступ. На сучасному етапі пошуків та розвідки перспективних у нафтогазовому відношенні об'єктів актуальним стає суттєве вдосконалення технологій проведення робіт в аналітичних петрофізичних лабораторіях. Важливим етапом підвищення ефективності геолого-геофізичних робіт є розробка новітніх технологій обробки отриманих даних, зокрема, вивчення за сучасними методиками структури пустотного простору порід-колекторів та визначення їх перспективності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На даний час існують різні підходи до вивчення структури пустотного простору складнопобудованих порід-колекторів: за допомогою прямих методів дослідження керну та опосередкованих, зокрема, з використанням результатів петроакустичних досліджень зразків керну.

Прямі методи, що використовуються для якісної й кількісної оцінки типів пустот, їх форми, орієнтації це, зокрема, такі [1, 2, 6, 9]:

- напівпроникної мембрани,
- ртутної та водної порометрії,
- капіляриметричних досліджень із використанням центрифугування,
- адсорбції,
- з капілярним насиченням зразка люмінофором або кольоровими смолами,
- з використанням оптичних і електронних мікроскопів,
- рентгенівської мікротомографії тощо.

Усі наведені методи напряму вивчають пустотний простір, здебільшого, розмір, а іноді й форму, пустот, але практично всі або достатньо складні в реалізації, або результати вимірювань дуже наближені, крім того, ці методи не дають оцінки інтегральних характеристик.

Серед опосередкованих методів найбільш інформативними є акустичні [6–9], що базуються на дослідженні залежностей пружних та акустичних параметрів від пористості, форми окремих пустот, орієнтації мікротріщин тощо. Ці методи використовують дані ГДС та петрофізики, зокрема, швидкостей поширення пружних хвиль різної поляризації та коефіцієнти пористості, визначені лабораторними методами за допомогою радіоактивних методів ГДС.

Вивченню фізичних властивостей порід-колекторів на зразках керну, їх структури пустотного простору присвячено роботи багатьох дослідників: Г. М. Авчяна, К. І. Багринцевої, Я. Н. Басіна, І. М. Безродної, С. А. Вижви, В. І. Грицишина, В. А. Новгородова, В. І. Петерсільє, В. М. Дахнова, Б. Ю. Вендельштейна, І. П. Дзебаня, В. М. Добриніна, В. М. Ільїнського, В. Ф. Індутного, С. С. Ітенберга, І. К. Куровця, Ю. А. Лімбергера, Є. Е. Лук'янова, Л. М. Марморштейна, М. Ю. Нестеренко, Г. І. Петкевича, Г. Т. Продайводи, В. О. Федишина, В. І. Шеленка, О. В. Шеремети, Г. А. Шнурмана та інших. Ці дослідження включають визначення фільтраційних властивостей, структури пустотного простору, експериментальні дослідження електричних і акустичних властивостей в атмосферних умовах та в умовах високих тисків і температур. Кінцевою метою всіх цих досліджень є побудова залежностей типу "керн-керн" для визначення ємнісних характеристик через петроакустичні та петроелектричні параметри.

Проте, при застосуванні будь-якої методики інтерпретації наявність вторинної пористості призводить до порушення простих залежностей між петрофізичними і геофізичними даними, що значно ускладнює інтерпретацію останніх. Для ефективної інтерпретації даних ГДС для складнопобудованих порід-колекторів найбільш ефективними виявились сучасні математичні методи механіки стохастично неоднорідних середовищ із використанням багатокомпонентної моделі породи-колектора із жорсткою матрицею та включеннями пустот різних форматів [6], які дозволяють побудувати стійкий обчислювальний алгоритм для визначення структури пустотного простору на основі двох типів даних – акустичних і ємнісних.

Метою даної роботи є кількісна оцінка структури пустотного простору та закономірності зміни типів пористості в зразках порід дослідженої колекції Семиреньківської площі.

© Вижва С., Безродна І., 2016

Досліджувана вибірка керну порід свердловин №№ 1, 2, 4, 5, 9, 16, 17, 18, 21, 64, 67 Семиреньківської структури відноситься переважно до візейського ярусу, відклади якого в нижній частині складені чергуванням вапняків з прошарками аргілітів і у верхній – піщано-глинистою товщею з малопотужними прошарками вапняків.

Аналіз петрофізичних даних був проведений за результатами лабораторних досліджень в атмосферних умовах, зокрема досліджувалися швидкості повздовжніх і поперечних хвиль, об'ємна густина та відкрита пористість колекції з 219 зразків порід (продуктивні горизонти В-16, В-17, В-18, В-19, яруси C_1s, C_2b).

Методика визначення структури пустотного простору складнопобудованих порід-колекторів ґрунтується на інтерпретації результатів ультразвукових та ємнісних петрофізичних досліджень порід на основі методів нелінійної оптимізації для розв'язання прямої задачі та методу умовних моментів для розв'язання оберненої задачі.

Математична модель структури пустотного простору була задана на основі попередніх досліджень авторів, у тому числі, моделювання різних літотипів порід [3, 5, 6]. Будова породи математично представлена у вигляді жорсткої матриці, яка армована спектром пустот, що апроксимуються сфероїдами обертання з різними форматами $\alpha = \frac{a}{c}$, де a та c – напіввісі сфероїда вздовж і перпендикулярно осі обертання.

Досвід роботи авторів при дослідженнях понад 1000 зразків показав, що найоптимальнішими форматами пустот є:

- для міжзернових пор – $10^0 – 10^{-1}$,
- для перехідних пустот і мікротріщин літологічного ущільнення – $10^{-1} – 10^{-2}$,
- для мікротріщин – $10^{-3} – 10^{-5}$,
- для каверн – $1 – 10^3$.

Для кількісної оцінки структури пустотного простору за авторською методикою використовувалися такі параметри, виміряні в атмосферних умовах:

- результати дослідження швидкостей повздовжніх і поперечних хвиль зразків керну, отримані на установці "Керн-4" на частотах 500–700 кГц з точністю 0,5÷2%;
- коефіцієнти відкритої пористості, виміряні за допомогою газоволюметричного методу (точність 1%) та методом насичення (точність 0,5%);
- результати визначення об'ємної густини зразків гірських порід, виміряної методом гідростатичного зважування (точність 0,5%).

Інтерпретаційний блок методики досліджень дає можливість кількісно оцінити структуру пустотного простору та прогнозувати колекторські властивості порід на основі визначення їх типів пористості [6]. Авторська методика ґрунтується на моделі багатокомпонентного порово-тріщинно-кавернозного колектора, ефективні акустичні, фільтраційно-ємнісні характеристики якого визначаються методом умовних моментних функцій із застосуванням розрахункової схеми Морі-Танака. Початкове наближення параметрів матриці та пустотних наповнювачів обирається за даними петрофізичних досліджень у лабораторних умовах, а за їх відсутності – за апріорними даними або за даними математичного моделювання. Задача зводиться до визначення концентрації пустот $C_n(\alpha)$ окремих форматів α для кожного зразка.

Вибір початкового наближення структури пустотного простору є пошуком глобальних екстремумів функції складного типу при закріплених форматах α_n і проводиться методом перебору значень концентрації заданих форматів $C_n(\alpha)$ з кроком Δ_n, обчислених для кожного формату. Вибір початкового наближення структури пустотного простору забезпечує експресне знаходження точки з мінімальним значенням відхилення розрахованих і експериментальних даних, що визначається методом найменших квадратів при перетині області пошукових параметрів по вектору за фіксованих значень параметрів пустот α. Знайдене значення використовується як початкове наближення при інверсії акустичних даних.

Одержані в результаті інверсії набори форматів пустот різних типів відповідають окремим типам порід-колекторів. На основі цього розраховуються коефіцієнти міжзернової ($К_{мз}$), перехідної ($К_{пр}$), тріщинної ($К_{тр}$), кавернозної ($К_{кв}$) та вторинної ($К_{вт} = К_{пр} + К_{тр} + К_{кв}$) пористості.

Результати. На основі використання бази даних акустичних, ємнісних та густинних досліджень зразків після статистичної обробки інформації сформовано вибірки петрофізичних даних за літологічними групами зразків та за окремими перспективними горизонтами. На основі апріорних геологічних і петрофізичних даних сформовано 12 вибірок однотипних зразків керну, вибрано початкове наближення математичної моделі: параметри матриці породи-колектора, параметри пустотних наповнювачів і структура пустотного простору.

На рис. 1 наведено приклад оцінки параметрів скелету (матриці), визначених на основі побудови взаємокореляційних рівнянь типу:

$$V_p = f(K_n), \quad V_s = f(K_n), \quad \sigma = f(K_n), \qquad (1)$$

де V_p, V_s – швидкості повздовжніх і поперечних хвиль (км/с), σ – об'ємна густина (кг/м^3), K_n – коефіцієнт відкритої пористості (%). Параметри матриці для різних вибірок порід визначено авторами шляхом інтерполяції кривих в область нульової пористості (табл. 1).

***Таблиця* 1**

Кореляційні рівняння, отримані для визначення параметрів скелета порід

Горизонт, ярус	Вибірка	$V_p = f(K_n)$; R^2	$V_s = f(K_n)$; R^2	$\sigma = f(K_n)$; R^2
В-18	1	y = -127,7x + 5236,6;0,67	y = -55,7x + 3771,1; 0,62	y = -27,5x + 2665,2; 0,94
В-18	2	y = -156,87x + 5420; 0,8	y = -69,92x + 3061,4;0,61	y = -27,53x + 2665,7;0,93
В-16	1	y = -14687x + 5591,8;0,87	y = -69,24x + 3668,2;0,87	y = -2556,3x + 2679;0,99
В-17	1	y = -125,1x + 5326,1;0,72	y = -59,14x + 3614,2;0,61	y = -27,831x + 2686;0,88
В-17	2	y = -126,1x + 5254,3;0,86	y = -168,6x + 3542,4;0,66	y = -27,7x + 2676,7;0,94
В-19	1	y = -11699x + 5111,3;0,79	y =-4257,9x+ 3554,9; 0,78	y = -2937,9x + 2688;0,94
В-19	2	y = -10920x + 4890,1;0,84	y = -30,0x + 2547,4;0,72	y = -2879,9x + 2667;0,98
C_1s	1	y = -29807x + 6057; 0,92	y = -9728,8x + 3755;0,87	y = -2459,7x + 2682;0,92
C_2b	1	y = -21774x + 5918; 0,87	y = -8128,8x + 3481;0,68	y = -3062,8x + 2844;0,94

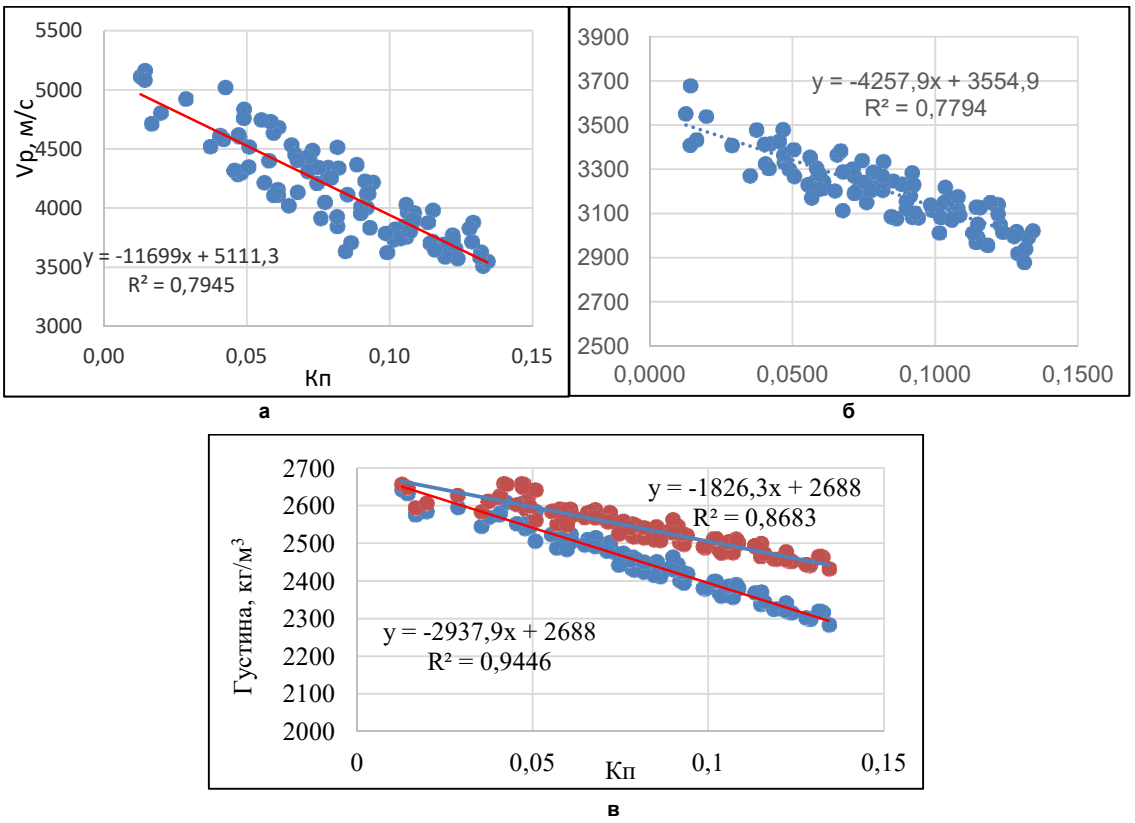


Рис. 1. Визначення параметрів скелету на прикладі горизонту В19 (вибірки 1):
а – швидкості повздовжніх хвиль , б – швидкості поперечних хвиль порід, в – густини сухих і насичених порід

Початковим наближенням для параметрів скелету прийнято пружні модулі, що визначаються за формулами (ГПа):

$$K = \sigma\left(V_p^2 - \frac{4}{3}V_s^2\right), \quad G = \sigma V_s^2.$$

Пружні модулі включень пустотного простору було задано для мінералізованої води та прийнято як $K = 2{,}1$, $G = 0$.

За даними інверсії знайдено значення форматів пустот α та їхніх концентрацій $C_n(\alpha)$ для кожного окремого зразка та побудовано їх розподіл. На основі визначення спектрів пустот різних форматів та їхніх концентрацій за даними петроакустичних досліджень проведено кількісну оцінку вмісту пористості різних типів: міжзернової (гранулярної), тріщинної, кавернозної та вторинної. Під вторинною пористістю автори розуміють весь пустотний простір, крім міжзернових пор [6]. За визначеною концентрацією форматів пустот усіх зразків було кількісно оцінено коефіцієнти різних типів пористості порід (рис. 2–6).

При дослідженні нечисленної кількості (7) зразків горизонту В-16 встановлено, що зразки мають переважно невелику відкриту пористість 2,3÷5,2% крім двох зразків, $К_п$ яких перебільшує 7,9%. Пустотний простір складають, в основному, вторинні пустоти, присутня також гранулярна пористість (до 0,6%). У цілому, тільки один зразок можна характеризувати як породу-колектор, оскільки до складу його достатньо великої відкритої пористості ($K_n = 7{,}9\%$) входять також і тріщинні пустоти, вміст яких становить 0,8% (рис. 2)

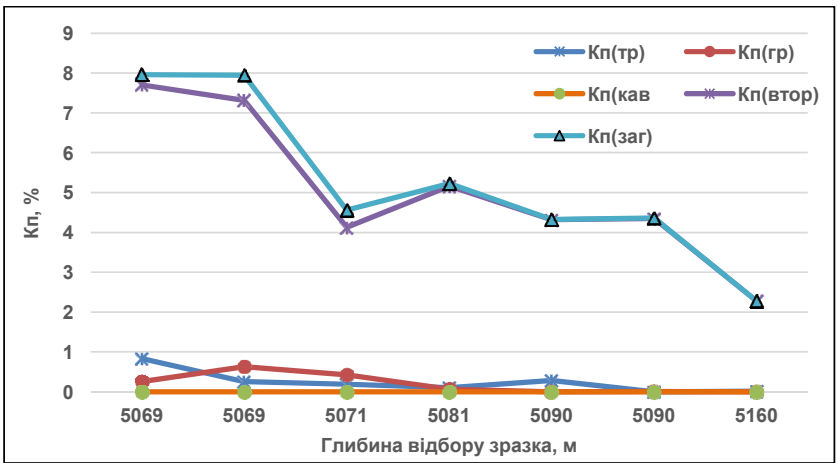
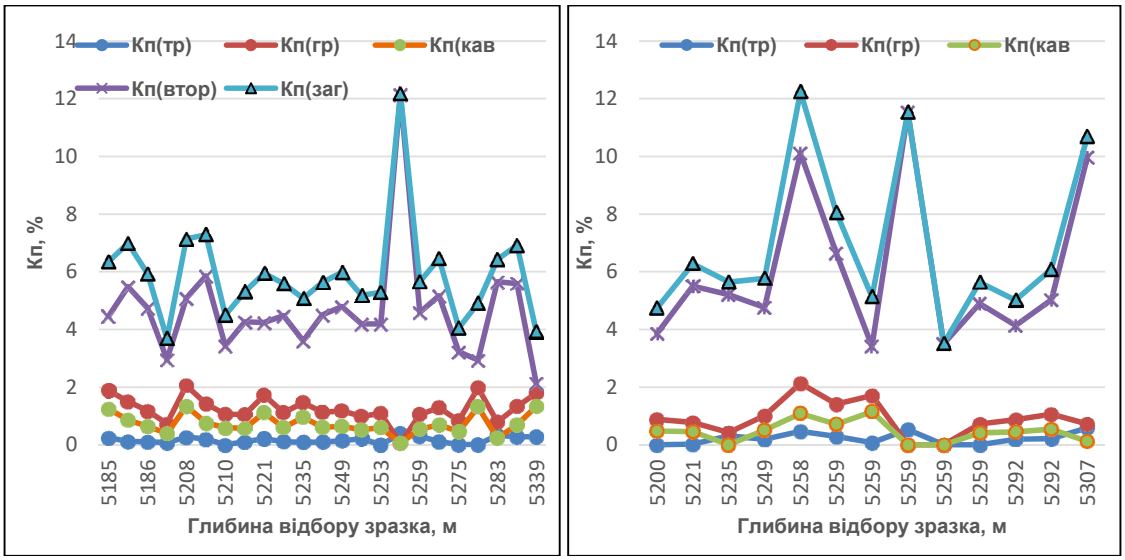


Рис. 2. Типи пористості в зразках горизонту В16

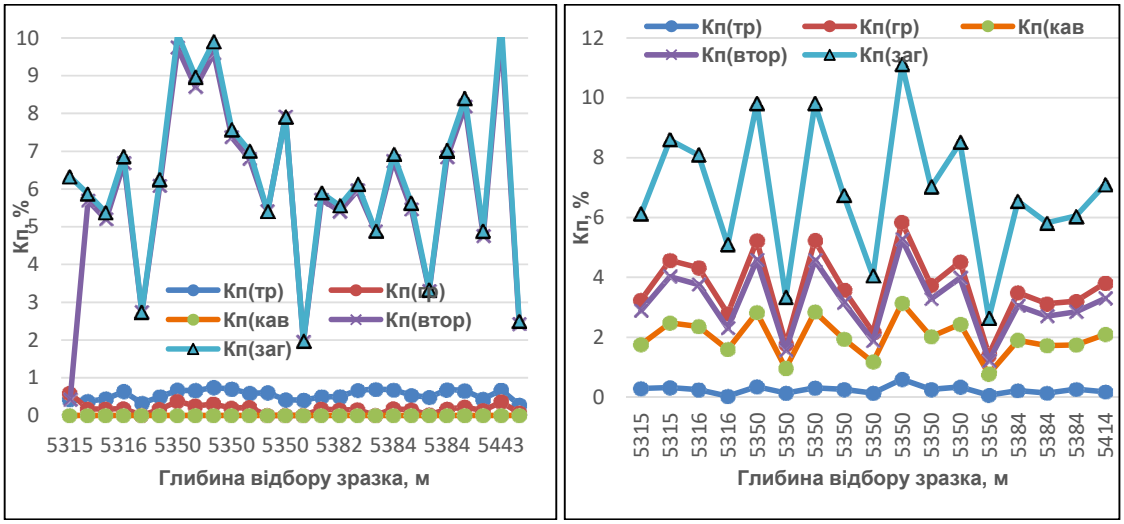
У горизонті В-17 (36 зразків) у цілому відкрита пористість більша за значенням, ніж у попередній групі порід ($K_{п\ сер} = 6{,}3\%$), 14 зразків мають значення $K_п$ більше за 6%, 4 з яких – понад 10%. У зразках цієї колекції, на відміну від горизонту В-16, виділяється гранулярна, тріщинна та кавернозна пористість, а також пустоти перехідного вторинного типу (рис. 3). Однак, до потенційних колекторів за значеннями структури пустотного простору можна віднести тільки 5 зразків, у яких відкрита пористість коливається в межах 6,4÷12,2% та наявна доволі розвинута тріщинуватість (0,3÷0,6%).



а б

Рис. 3. Типи пористості в зразках горизонту В17:
а – вибірка 1, б – вибірка 2

Велика колекція зразків горизонту В-18 (43 зразки) в цілому характеризується високими значеннями відкритої пористості, тільки в 9 зразках вона менша за 5%, а в середньому – 6,5% при найбільших значеннях – до 11,1%. Однак, за структурою пустотного простору зразки поділилися на дві категорії (рис. 4). Майже половина зразків має велику тріщинну (у середньому 0,6%, за максимальних значень до 0,7%) та невелику гранулярну пористість. Друга група порід, незважаючи на величину відкритої пористості (від 2,6% до 11,1%), має доволі великі значення гранулярної (середнє значення 3,6%) та кавернозної пористості (середнє значення 2,0%, за максимального 3,8%), та невеликі значення тріщинної пористості (менше за 0,3%, за середнього значення 0,2%). Таким чином, з цієї вибірки порід 21 зразок можна класифікувати як можливі породи-колектори.



а б

Рис. 4. Типи пористості в зразках горизонту В18:
а – вибірка 1, б – вибірка 2

Найбільша частина досліджених зразків (122) відноситься до горизонту В-19. Авторами наводиться порівняльна характеристика акустично-ємнісних величин цього горизонту (рис. 5) тільки на прикладі свердловини № 67 через громіздкість матеріалу, який досліджувався.

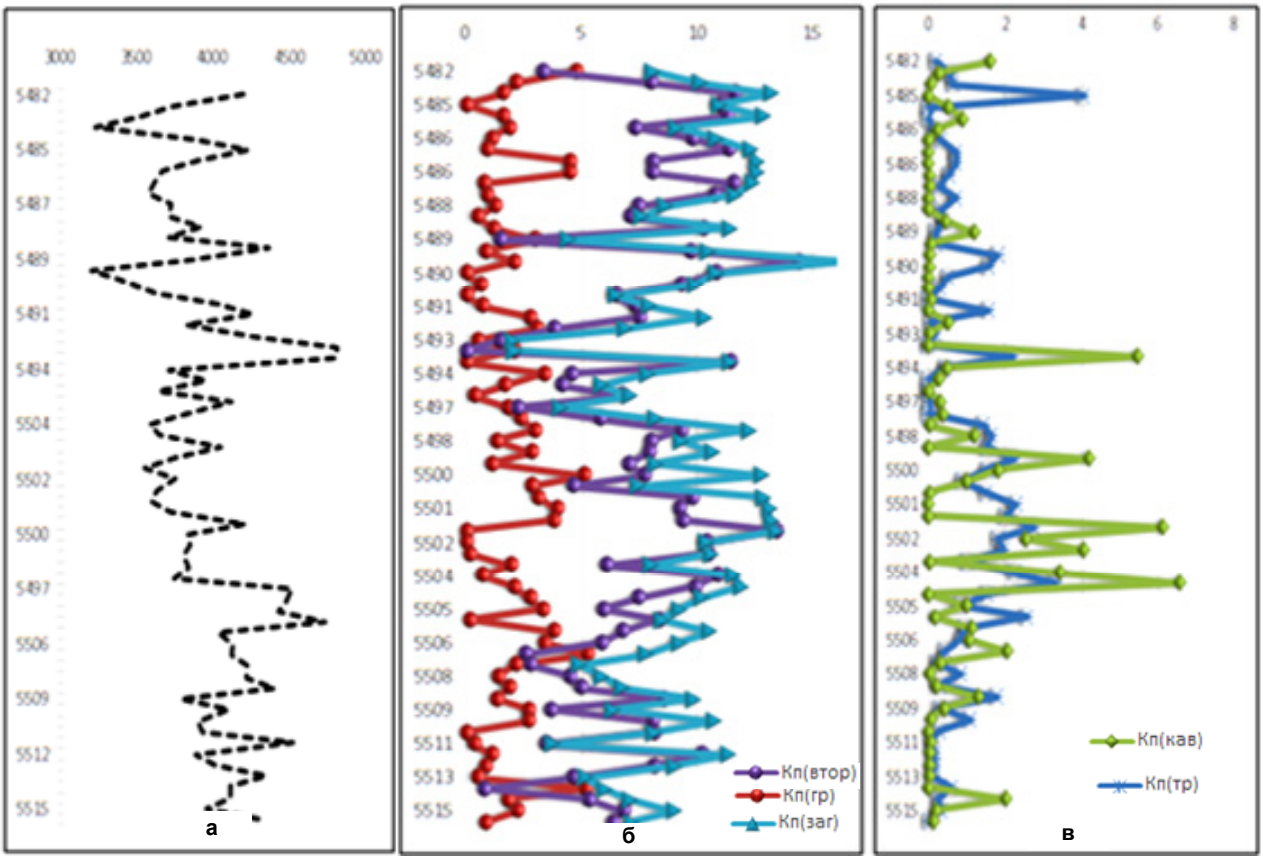


Рис. 5. Порівняльна характеристика акустично-ємнісних величин горизонту В-19 свердловини № 67:
а – швидкість повздовжньої хвилі, км/с, б – величина загальної ($К_п$(заг)), вторинної ($К_п$(втор)) і міжзернової ($К_п$(між)) пористості, в – величина тріщинної ($К_п$(тр)) і кавернозної ($К_п$(кав)) пористості

У цілому, зразки мають переважно високі значення відкритої пористості (середнє значення 8,0% при максимальному – 16,4%). Колекція нами була поділена попередньо на 5 вибірок, однак, практично у всіх породах присутні всі види пористості. Авторами за проведеними розрахунками було виділено групу зразків (43) з великими значеннями тріщинної пористості (0,4–4,1%), у яких також наявні кавернозна пористість (до 3,05%), перехідна пористість літологічного походження та гранулярна первинна пористість (0,5÷9,8%). Цю групу можна характеризувати як перспективні породи-колектори.

Нами було досліджено ще 2 вибірки зразків мікрофауністичних горизонтів C_1s і C_2b ярусів. Чотири з 5 зразків першої вибірки (C_1s) мають невелику й середню відкриту пористість (до 4,2÷7,3%), але всі вони містять значну кількість тріщин (0,5÷1,1%) та приблизно рівні частки гранулярної, кавернозної та перехідної пористості (рис. 6-а). Виділені 4 зразки можна характеризувати як ущільнені породи-колектори.

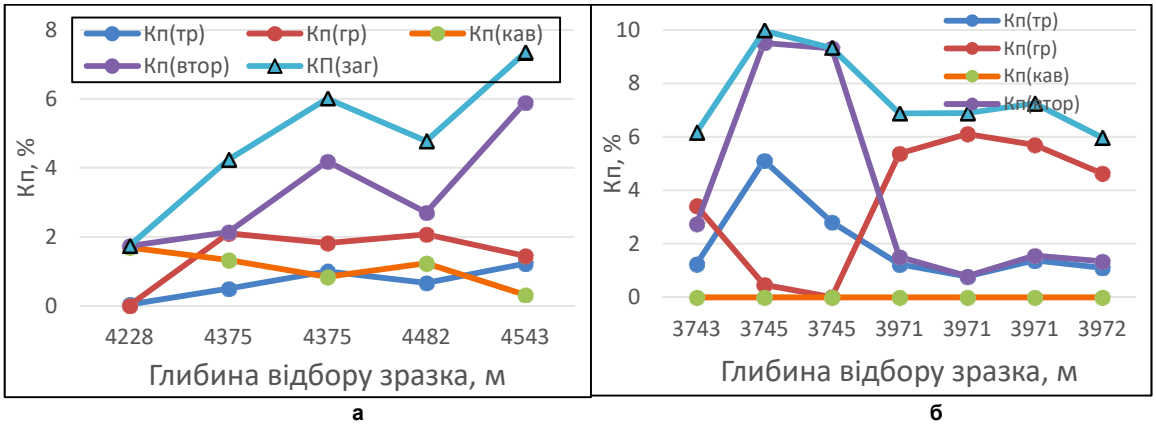


Рис. 6. Типи пористості в зразках C_1s та C_2b ярусів:
а – C_1s, б – C_2b

Зразки другої вибірки (C_2b) – підвищеної пористості (в середньому 7,5% при максимальному значенні 10,0%), характеризуються відсутністю кавернової пористості (рис. 6-б) та наявністю дуже високих значень

тріщинної пористості (0,8÷5,1% при середньому значенні 1,9%). Усі 7 зразків можна вважати перспективними в колекторському відношенні.

Висновки. Таким чином, авторами встановлено, що в породах усіх розглянутих горизонтів найбільший відсоток пористості, переважно, займають пустоти вторинного походження (тріщини, каверни та пустоти літологічного ущільнення). Їхня концентрація по відношенню до гранулярних пор (формат: 0,8÷0,9) зменшується тільки у вибірці № 2 горизонту В18.

Тріщинні пустоти (формат: 0,0004÷0,0046) присутні в багатьох пластах більшою чи меншою мірою, але виділяються зразки з великими (понад 0,35%) та дуже великими (до 4,5% – у зразках C_2b ярусу) значеннями коефіцієнта тріщинної пористості, що говорить про перспективність колекторів такого типу.

Кавернозні пустоти (формат каверн 7,9÷8,0) зустрічаються не в усіх зразках, вони відсутні в породах горизонту В-16 і C_2b ярусу, у вибірці № 1 горизонту В-18 та ще в 28 зразках інших горизонтів. Це, ймовірно, пов'язано з наявністю включень карбонатних складових, карбонатного цементу або включень інфільтратів термальних розчинів.

Таким чином, за результатами інтерпретації петрофізичних досліджень було визначено структуру пустотного простору колекції зразків Семиреньківської площі. В результаті виділено 90 зразків, що відповідають перспективним пластам-колекторам. Найбільш перспективним за розрахованою структурою пустотного простору визначено горизонт В-18 (49% зразків виділено як породи-колектори з переважно вторинною, в тому числі з великою тріщинною, пористістю).

У майбутньому на основі отриманих результатів (при врахуванні структури пустотного простору) та авторської методики можливий прогноз дебітів перспективних інтервалів у свердловинах.

Список використаних джерел:

1. Gueguen Y. How cracks modify permeability and introduce velocity dispersion: Examples of glass and basalt / Y. Gueguen, M. Adelinet // The Leading Edge. – 2011. – P. 1392–1398.

2. Александров К. С. Анизотропия упругих свойств минералов и горных пород / К. С. Александров, Г. Т. Продайвода. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 2000. – 354 с.

3. Безродна І. М. Оцінка структури пустотного простору карбонатних порід за результатами акустичних досліджень в умовах змінного тиску / І. М. Безродна // Вісник НГУ. – 2014. – №3. – С. 21–25.

4. Безродна І. Оцінка структури пустотного простору низькопористих порід Зарічної площі за результатами їх петрофізичних та геофізичних досліджень / І. Безродна, А. Шинкаренко // Вісник Київського університету. Геологія. – 2015. – Вип. (69). – С. 53–58.

5. Вижва С. А. Оцінка структури пустотного простору колекторів за даними ГДС та петрофізичних досліджень / С. А. Вижва, І. М. Безродна. // Вісник Київського університету. Геологія. – 2009. – Вип. 47. – С. 38–42.

6. Геофізичні методи оцінки продуктивності колекторів нафти і газу / Г. Т.Продайвода, С. А. Вижва, І. М. Безродна, Т. Г. Продайвода. – Київ : ВПЦ "Київський університет", 2011. – 367 с.

7. Еременко Н. М. Применение методов рентгеновской микротомографии для определения пористости в керне скважин / Н. М. Еременко, Ю. А. Муравьева // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2012. – №3. – С. 5–9.

8. Регіональні діагностичні петрофізичні особливості порід Антарктичного півострова (район станції "Академік Вернадський") / [В. О. Корчин, П. О. Корчин, О. Є. Карнаухова та ін.]. // Український антарктичний журнал. – 2010. – №9. – С. 23–31.

9. Физические свойства горных пород и полезных ископаемых (петрофизика). Справочник геофизика [Текст] / Под ред. Н. Б. Дортман ; 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1984. – 455 с.

References:

1. Gueguen, Y., Adelinet, M. (2011). How cracks modify permeability and introduce velocity dispersion: Examples of glass and basalt. *The Leading Edge*, 1392-1398.

2. Aleksandrov, K.S., Prodaivoda, G.T. (2000). *Anizotropiia uprugikh svoistv mineralov i gornykh porod*. Novosibirsk: Izdatelstvo SO RAN. [in Russian].

3. Bezrodna, I.M. (2014). Otsinka struktury pustotnoho prostoru karbonatnykh porid za rezultatamy akustychnykh doslidzhen v umovakh zminnoho tysku [Evaluation of pore space structures of carbonate rocks by results of acoustic research under variable pressure].*Visnyk NHU – Scientific Bulletin of National Mining University*, 3, 21–25. [in Ukrainian].

4. Bezrodna, I., Shynkarenko, A. (2015). Otsinka struktury pustotnoho prostoru nyzkoporystykh porid Zarichnoi ploshchi za rezultatamy yikh petrofizychnykh ta heofizychnykh doslidzhen [Estimation of void space structure of Zarichna area poor-porous rocks based on petrophysical and geophysical studies]. *Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv: Geology*, 2(69), 53–58. [in Ukrainian]. https://doi.org/10.17721/1728-2713.69.08.53-58.

5. Vyzhva, S.A., Bezrodna, I.M. (2009). Otsinka struktury pustotnoho prostoru kolektoriv za danymy HDS ta petrofizychnykh doslidzhen [The estimation of the pore space structure of rock-reservoir by the petrophisycal and logging data]. *Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv: Geology*, 47, 38–42. [in Ukrainian].

6. Prodaivoda, H.T., Vyzhva, S.A., Bezrodna, I.M., Prodaivoda, T.H. (2011). *Heofizychni metody otsinky produktyvnosti kolektoriv nafty i hazu*. Kyiv: Publishing and Polygraphic Centre "The University of Kyiv". [in Ukrainian].

7. Eremenko, N.M. (2012). Primenenie metodov rentgenovskoi mikrotomografii dlia opredeleniia poristosti v kerne skvazhin. *Neftegazovaia geologiia. Teoriia i praktika*, 3, 5–9. [in Russian].

8. Korchin, V.A., Burtny, P.A., Karnaukhova, E.E., Nech, A.S. (2010) Rehionalni diahnostychni petrofizychni osoblyvosti porid Antarktychnoho pivostrova (raion stantsii "Akademik Vernadskyi") [Regional diagnostic petrophysical features of the Antarctic peninsula breeds (near the station "Akademik Vernadsky")]. *Ukrainskyi antarktychnyi zhurnal – Ukrainian Antarctic Journal*, 9, 23–31. [in Ukrainian].

9. Dortman, N.B. (Ed.) (1984). *Fizicheskie svoistva gornykh porod i poleznykh iskopaemykh (petrofizika). Spravochnik geofizika*. Moskow: Nedra. [in Russian].

Надійшла до редколегії 19.07.16

S. Vyzhva, Dr. Sci. (Geol), Prof., Head of the Department of Geophysics,
I. Bezrodna, Cand. Sci.(Geol), Assotiate director of Institute of Geology
E-mail: bezin3@ ukr.net
Taras Shevchenko National University of Kyiv
Institute of Geology, 90, Vasylkivska Str., Kyiv, 03022, Ukraine

DETERMINATION OF THE VOID SPACE STRUCTURE OF COMPLEX ROCKS USING THE PETROACOUSTIC STUDIES DATA FROM THE SEMYRENKIVSKA AREA

The paper presents the analysis of the studies of core from the Well #11 (Semyrenkivska area of the Dnipro-Donetsk depression). The depth ranges, potentially productive to form the reservoir rocks, were defined using their void space structure investigations. The set of studies of the 219-samples collection, presented by the Lower Carboniferous sandstones, was carried out at the petrophysical laboratory of the Institute of Geology. The proprietary methodology of ultrasonic and capacitive investigations data inversion into the parameters of void space structure to determine the void space structure of samples was used. The quantitative assessment of the amounts of different types of rocks porosity: intergranular (granular), fracture and vugular was carried out using the petrophysical data (velocities of primary and secondary waves, open porosity coefficient and volume density). The secondary porosity was also estimated.

Fracture voids were detected in the majority of layers. Samples with high (more than 0.35%) and very high (up to 4.5 in the samples of productive horizon C2b) values of fracture porosity were distinguished. Vugular voids were observed for the majority of samples. The amount of vugular porosity reaches the value of 6.5%. The amount of secondary porosity is about 80% of the total pore volume and has higher values than the intergranular porosity for the 92% of all sample collection.

90 samples which refer to reservoir layers on the basis of the petrophysical studies interpretation and void space evaluation for the collection of Semyrenkivska area sandstone samples were defined. The horizon B-18 (21 sample) was identified as most promising. The presented results of investigations can be used to define the potential of rocks from particular depth ranges and lithologic units.

Keywords: reservoir rock, petrophysics, void space structure.

С. Вижва, д-р геол. наук, проф., зав. каф. геофизики,
И. Безродная, канд. геол. наук, ст. науч. сотрудник, зам. директора,
E-mail: bezin3@ ukr.net
Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко,
УНИ "Институт геологии", ул. Васильковская, 90, г. Киев, 03022, Украина

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРУКТУРЫ ПУСТОТНОГО ПРОСТРАНСТВА СЛОЖНОПОСТРОЕННЫХ ПОРОД ПО ДАННЫМ ПЕТРОАКУСТИЧНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СЕМИРЕНЬКОВСКОЙ ПЛОЩАДИ

Проведен анализ результатов исследования керна 11 скважин Семиреньковской площади Днепрово-Донецкой впадины. Определены перспективные интервалы развития пород-коллекторов на основе изучения структуры их пустотного пространства. Комплекс петрофизических исследований коллекции из 219 образцов, представленных нижнекаменноугольными песчаниками, проводился в петрофизической лаборатории УНИ "Институт геологии". Определение структуры пустотного пространства по данным петрофизики выполнено по оригинальной методике инверсии данных ультразвуковых и емкостных исследований в структуру пустотного пространства. По материалам петрофизики (скорости продольных и поперечных волн, коэффициент открытой пористости и объемная плотность) выполнена количественная оценка различных типов пористости пород: межзерновой (гранулярной), трещинной и кавернозной. Отдельно рассчитана вторичная пористость.

Трещинные пустоты присутствуют во многих пластах, в частности, выделяются образцы с большими (более 0,35%) и очень большими (до 4,5% – в образцах C_2b яруса) значениями коэффициента трещинной пористости. Кавернозные пустоты выделены в большинстве образцов, значение кавернозной пористости достигает 6,5%. Вторичная пористость составляет почти 80% всех имеющихся пустот и превосходит по значению межзерновую в 92% исследованных образцов.

По результатам интерпретации петрофизических исследований и определения структуры пустотного пространства коллекции образцов Семиреньковской площади выделено 90 образцов, соответствующих пластам-коллекторам. Как наиболее перспективный, по полученным параметрам, установлен горизонт В-18 (21 образец). Результаты представленных исследований могут быть использованы для определения перспективности пород отдельных интервалов и литологичних комплексов.

Ключовые слова: порода-коллектор, петрофизика, структура пустотного пространства.