Щодо уніфікації методик виконання вимірювань петрофізичних параметрів порід-колекторів

© **С.В. Кривуля**
канд. геол. наук
УкрНДІгаз
В.Є. Блізняков
ЛВ ГПУ «Полтавагазвидобування»
В.М. Владика
М.Ю. Нестеренко
д-р геол. наук
Р.С. Балацький
Львівський комплексний
науково-дослідний центр
УкрНДІгазу

УДК 550.822+622.276

Наведено результати визначень залишкового водонасичення стандартних зразків відкритої пористості із застосуванням різних типів центрифуг. Наголошено на ймовірних похибках у визначенні цього параметра та дотриманні обов'язкової процедури внутрішнього і зовнішнього лабораторного контролю.

Ключові слова: стандартний зразок відкритої пористості, порода-колектор, відкрита пористість, залишкове водонасичення, абсолютна і відносна похибки.

Приведены результаты определения остаточного водонасыщения стандартных образцов открытой пористости с применением различных типов центрифуг. Указаны возможные погрешности в определении этого параметра и соблюдения обязательной процедуры внутреннего и внешнего лабораторного контроля.

Ключевые слова: стандартный образец открытой пористости, порода-коллектор, открытая пористость, остаточное водонасыщение, абсолютная и относительная погрешности.

Results of definition of residual water saturation conditions of standard samples of open porosity with application of various types of centrifuges. It is marked on possible error in the determination of this parameter, and of compliance with a compulsory procedure of internal and external laboratory control.

Key words: standard sample of open porosity, the reservoir rock, open porosity, residual water absorption, absolute and relative error.

У публікації [1] наведено результати досліджень стандартних зразків (СЗ) відкритої пористості, виготовлених у ВАТ «УкрНДІвогнетривів» ім. А.С. Бережного (м. Харків) із корунду, що мали атестовані значення відкритої пористості. Зауважимо, що їх рекомендовано використовувати для контролю метрологічних характеристик безпосередньо перед проведенням лабораторних досліджень на зразках керна й атестації різнотипного обладнання.

Для контролю похибки застосовуваних методик виконання вимірювань, як правило, потрібно виконувати паралельні дослідження зразків за змінених умов вимірювань (в інший день, іншим виконавцем, на іншому типі обладнання). Вимоги до результатів вимірювань тих чи інших петрофізичних параметрів наведено в [2, 3]. Зокрема, відносна розбіжність між результатами двох паралельних визначень, наприклад, коефіцієнта залишкового водонасичення – 6,5 %. Вищезгаданий контроль передбачає, що не менше ніж 75 % результатів повинно знаходитися у межах зазначеного допуску, а решта – не перевищувати його більше ніж удвічі, тобто на 13 %. Якщо дотримуватися таких умов, то вважається, що

Таблиця

Результати контролю похибки виконання вимірювань величини водонасичення СЗ 201-46 за допомогою різних типів центрифуг

ЦЛР-1		MPW-340		Відношення* $K_{в1}/K_{в.пр}$	ЦЛС-2		Відношення* $K_{в2}/K_{в}$
тиск витіснення ρ, МПа	водонасичення $K_{в2}$, %	тиск витіснення ρ, МПа	водонасичення $K_{в1}$, %		Тиск витіснення ρ, МПа	Водонасичення Кв, %	
0	100	0	100	1	0	100	1
0,026	95,8	0,043	97,6	1,02	0,064	98,0	1,03
0,103	48,1	0,170	57,5	1,66	0,255	88,0	2,04
0,231	34,2	0,383	37,2	1,40	0,574	52,5	2,65
0,410	27,4	0,680	28,9	1,28	1,021	40,2	2,49
0,640	22,1	–	–	–	1,595	34,1	2,19

* відношення розраховані для однакових умов витіснення – однакових тисків, знятих із графіка, наведеного на рис. 2, яким відповідають приведені значення $K_{в.пр}$ (у таблиці їх не показано).

досліджена вибірка зразків проконтрольована з позитивними результатами.

Метод вимірювань залишкового водонасичення ґрунтується на моделюванні пластових умов водонасичення для зразків, попередньо виготовлених із керна. При цьому зразки насичують пластовою водою або її моделлю відповідної мінералізації і центрифугують [4]. Під час центрифугування частина пластової води (вільної і плівкової) витісняється із пор під дією відцентрової сили, а інша (адсорбована) залишається в пустотному просторі. Використання різних режимів центрифугування дає змогу створювати різний тиск витіснення і стежити за процесом фільтрації пластової води із різних за розмірами порових каналів (надкапілярних, капілярних і субкапілярних).

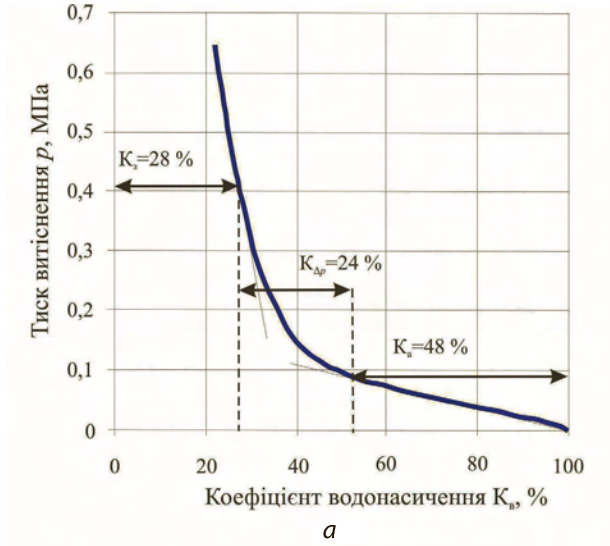

Рис. 1. Крива капілярного тиску (*а*) і вміст пор різного радіуса (*б*) для стандартного зразка відкритої пористості 201-46; пори: *1* – субкапілярні; *2* – капілярні; *3* – надкапілярні

Згідно з вимогами ДКЗ України [2, 3] лабораторний контроль за визначенням петрофізичних параметрів порід-колекторів як обов'язкова процедура передбачає здійснення внутрішнього, зовнішнього, а в окремих випадках і арбітражного контролю. Внутрішній і зовнішній контроль необхідно проводити за родовищами, для яких складається ГЕО-1, із подальшим поданням матеріалів у ДКЗ України. Контрольну вибірку формують обсягом 3 % від загальної кількості досліджених зразків керна.

Зазначимо, що процедура визначення точності петрофізичних параметрів у геологічній і нафтогазовидобувній галузях України на контрольних вибірках зразків керна і на стандартних зразках відкритої пористості в атестованих лабораторіях різного відомчого підпорядкування не знайшла належного застосування, а тому достовірність отриманих результатів в окремих випадках може бути сумнівною, якщо не дотримуватись вимог, викладених у [2, 3].

Як приклад, порівняємо результати визначень коефіцієнта залишкового водонасичення ($K_{зв}$) на одному із СЗ – корунд 201-46. Атестоване значення відкритої пористості ($K_п$) для нього становить 14,3 %, а отримане в лабораторії А – 14,18 %, тобто абсолютна похибка 0,12, відносна 0,84 % і не виходить за межі допуску відносної похибки [2, 3] для цього класу пористості (2 %≤$K_п$≤5 %).

Згідно з результатами додатково проведених досліджень [1] СЗ корунд 201-46 мав газопроникність із урахуванням ефекту Клінкенберга 8,6 мД і залишкове водонасичення 28 %. Вміст у ньому надкапілярних пор радіусом 1,8–15 мкм становив 48 %, капілярних радіусом 0,24–1,8 мкм – 24 % і субкапілярних радіусом менше 0,24 мкм – 28 %. Таким чином, вміст у СЗ корунд 201-46 надкапілярних пор повністю контролює величину $K_{зв}$ (28 %) (рис. 1).

Якщо умовне водонасичення прийняти на рівні 37 %, то для центрифуги MPW-340 тиск витіснення буде завищеним в 1,78 раза, а для центрифуги ЦЛС-2 у 6,91 раза порівняно з центрифугою ЦЛР-1. Ймовірно, що для двох попередніх типів центрифуг не відпрацьовані режими: час центрифугування зразків, а також кількість обертів ротора, що показує

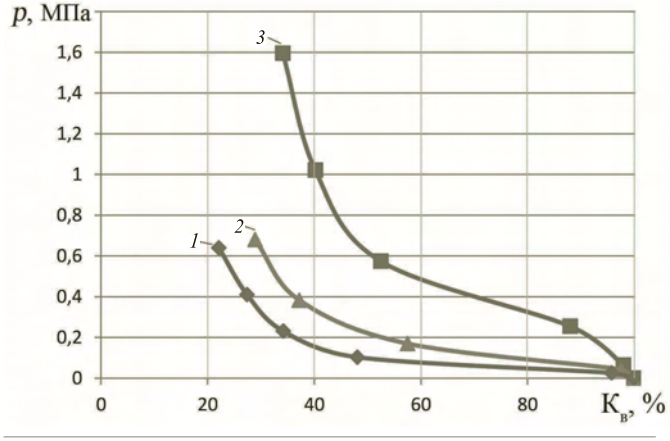

Рис. 2. Зіставлення кривих капілярного тиску для стандартного зразка відкритої пористості 201-46, отриманих за допомогою різних типів центрифуг: *1*– ЦЛР-1; *2* – MPW-340; *3* – ЦЛР-2

тахометр і яка входить у розрахункову формулу визначення тиску витіснення. Найбільш детально це питання висвітлено в [5, 6]. За однакових умов витіснення води із СЗ корунд 201-46 за допомогою різних типів центрифуг (табл.) отримано такі результати (рис. 2). Поточні показники водонасичення, одержані за допомогою центрифуги MPW-340, зростали від 1,02 до 1,66 раза; за допомогою центрифуги ЦЛС-2 – від 1,03 до 2,65 раза.

На рис. 2 зображено криві капілярного тиску, отримані за допомогою різних типів центрифуг: криву *1* побудовано за отриманими лабораторними даними з використанням центрифуги лабораторної рефрижераторної (ЦЛР-1) із кутовим ротором нахилу до горизонту 45° і можливістю автоматичного підтримування температури 20±1 °С та з використанням стабілізатора напруги (лабораторія А), що допомагало підтримувати постійну напругу 220 В; криві *2* та *3* отримано з використанням центрифуг, що мають горизонтальні ротори (без стабілізатора напруги) і різні радіуси обертання зразка без стабілізатора напруги (лабораторія Б). При цьому механізми витіснення води зі зразків у центрифугах із кутовим та горизонтальним роторами дещо відрізняються за рахунок задіяних площ дренування (для кривої 1 вона більша на 41 %). Тому під час проведення лабораторних досліджень із обґрунтування тих чи інших підрахункових параметрів лабораторними методами, зокрема коефіцієнта нафтогазонасичення, необхідно чітко дотримуватися вимог нормативних документів (засоби вимірювальної техніки, допоміжне обладнання повинні бути повірені в регіональних центрах стандартизації, метрології та сертифікації, а також додатково відкалібровані на стандартних зразках відкритої пористості або на контрольній вибірці зразків).

Висновок

Сучасний стан забезпечення в Україні петрофізичних лабораторій різного відомчого підпорядкування характеризується морально застарілим лабораторним обладнанням, а також відсутністю результатів зовнішнього і внутрішнього контролю у визначенні окремих параметрів порід, що не сприяє об'єктивності їх оцінки. Тому обов'язковою процедурою повинен бути їх контроль на представницьких колекціях керна або на стандартних зразках відкритої пористості. Це в подальшому дасть можливість уникнути суттєвих методичних похибок у визначенні окремих підрахункових параметрів.

Список літератури

1. **Нестеренко М.Ю.** Експериментальні дослідження стандартних зразків відкритої пористості для уніфікації методик вимірювання петрофізичних параметрів порід-колекторів / М.Ю. Нестеренко, В.В. Іванов, Ю.М. Віхоть // Нафт. і газова промсть. – 2012. – № 1. – С. 11–13.

2. **Обґрунтування** кондиційних значень фільтраційно-ємнісних параметрів теригенних порід-колекторів для підрахунку загальних запасів вуглеводнів (за лабораторними дослідженнями керна): методичні вказівки (керівник розробки М.Ю. Нестеренко). – Затверджено наказом ДКЗ України від 26.12.2005 р. № 332, надано чинності з 01.01.2006 р. – К.-Львів: ЛВ УкрДГРІ, 2005. – 58 с.

3. **Вивчення** фізичних властивостей гранулярних порід-колекторів до підрахунку запасів нафти і газу об'ємним методом: методичні вказівки (Г.І. Рудько, В.І. Ловинюков, В.Г. Григіль, М.Ю. Нестеренко [та ін.]). – Затверджено наказом ДКЗ України від 29.12.2010 р. № 718, надано чинності з 29.12.2010 р. – К.–Львів: ЛВ УкрДГРІ, 2010. – 42 с.

4. **ГСТУ 41-00032626-00-025-2000** Коефіцієнт залишкового водонасичення гірських порід. Методика виконання вимірювань методом центрифугування зразків. – Чинний від 27.12.2000.

5. **Инструкция** по определению водонасыщенности, проницаемости, гранулометрического состава и карбонатности пород-коллекторов в производственных лабораториях Министерства геологии УССР. – Львов: УкрНИГРИ, 1977. – 47 с.

6. **Нестеренко М.Ю.** Петрофізичні основи обґрунтування флюїдонасичення порід-колекторів: монографія / М.Ю. Нестеренко. – К.: УкрДГРІ, 2010. – 224 с.

НОВИНИ

Родовище Gohta у Баренцовому морі розширює свої межі

За повідомленням компанії Lundin Petroleum AB, оціночна свердловина, пробурена на ліцензійній ділянці PL492 у норвезькому секторі Баренцового моря, відкрила у верхній пермі новий продуктивний вапняковий горизонт потужністю 10 м із хорошими колекторськими властивостями. Свердловину було закладено на початку року з метою вивчення вуглеводневого потенціалу карбонатних порід пермі та горизонтів, що залягають вище, на родовищі Gohta. Її пробурено в західній частині родовища на відстані 5 км від першої продуктивної свердловини. Дебіт нової свердловини зі згаданого горизонту становив 750 тис. м^3 газу та 140 тис. м^3 газоконденсату на добу.

Глибина свердловини – 2490 м із глибиною моря у 331 м. Свердловину буде заглушено, її не будуть експлуатувати, поки не отримають результатів від нової розвідувальної свердловини, яку планується пробурити на родовищі.

Норвезька компанія Lundin має 40 % акцій розвідувальної ділянки і виступає як оператор. Її партнерами є DNO ASA та Noreco Norway AS, які мають відповідно 40 і 20 % акцій.

Barents Sea's Gotha discovery expanded with Lundin's second well;
з журналу Oil & Gas Journal, 07/21/2014