



<https://www.modscires.pro/index.php/msr/article/view/be3-118-020>

DOI: 10.30889/2523-4692.2018-03-01-020

УДК 553.981/982

SUBSTANTIATION RESERVOIR ROCK PROPERTIES OF SERPUHIV SEDIMENTS AT OSTROVERHIVSKE FIELD

ОБГРУНТУВАННЯ КОЛЕКТОРСЬКИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОРІД СЕРПУХІВСЬКИХ ВІДКЛАДІВ ОСТРОВЕРХІВСЬКОГО РОДОВИЩА

Fedoriv V.V. / Федорів В.В.

s.geol.s., as.prof. / к.геол.н., доц.

Ivano-Frankivsk national technical university of oil and gas

Ivano-Frankivsk, Karpatskaya 15, 76019

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,

Івано-Франківськ, вул. Карпатська 15, 76019,

Анотація. У роботі розглядаються результати досліджень порід-колекторів складнопобудованих розрізів Острoverхівського газоконденсатного родовища Дніпровсько-Донецької западини. Наведено особливості літолого-стратиграфічного розрізу серпухівських відкладів даного родовища. У результаті аналізу геолого-геофізичного матеріалу встановлено, що продуктивні розрізи серпухівських відкладів представлені, в основному, кварцовими та поліміктовими пісковиками та алевролітами різної зернистості і ступеня глинизації та карбонатизації, а також генезису – від алювіального до морського.

За результатами експериментальних досліджень керну в умовах, що наближені до пластових, визначені фільтраційно-ємнісні характеристики та встановлені петрофізичні моделі фільтраційно-ємнісних параметрів, які дозволяють достовірно визначити за даними ГДС петрофізичні параметри як чистих гранулярних кварцових порід-колекторів, так і пісковиків поліміктового типу. Побудовані фільтраційно-ємнісні моделі серпухівських відкладів Острoverхівського газоконденсатного родовища можна використовувати для підрахунку запасів нафти і газу, а також для поточної інтерпретації результатів ГДС.

Ключові слова: порода-колектор, коефіцієнт пористості, проникність, газонасичення

Вступ.

Прогнозування продуктивності порід-колекторів складно-побудованого типу є дуже важливою та, одночасно, і складною проблемою промислової геофізики. Через неоднорідність геологічної будови розрізів Острoverхівського газоконденсатного родовища Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ), використання загальноприйнятих методик при визначенні фільтраційно-ємнісних характеристик порід-колекторів серпухівських відкладів стає неможливим достовірно обгрунтувати фільтраційно-ємнісні характеристики. Тому виникає потреба у визначенні фільтраційно-ємнісних характеристик за умови побудови петрофізичної моделі родовища. Зроблене петрофізичне моделювання дозволить підвищити інформативність результатів геофізичних досліджень складнопобудованих геологічних розрізів, що у свою чергу підвищить достовірність визначення підрахункових параметрів.

Огляд літератури.

Моделювання петрофізичних взаємозв'язків викладені у працях Добриніна, Б.Ю. Вендельштейна, Д.А. Кожевникова, Тиаб Дж., Доналдсон Ерл Ч., Л.И. Орлов, Е.Н. Карпов, В.Г. Тапорков. [5, 6, 7], а також у нормативних



документах [2, 3, 4]. Не зважаючи на те, що в основу побудови петрофізичних моделей покладені теорії В.М. Добриніна, В.М. Дахнова, Г. Арчі та інших вчених, ряд науковців розкривають особливості даних моделей для конкретних геологічних відкладів та літотипів, що складаю дані розрізи. Проблема побудови фільтраційно-ємнісних моделей конкретного родовища є першочерговою задачею при визначенні колекторських властивостей порід-колекторів за даними промислової геофізики. Так у свій час дані побудови були ускладнені неповноцінною інформацією лабораторних та геолого-геофізичних досліджень, що призводило до помилкового визначення колекторських властивостей порід-колекторів конкретного родовища.

Мета даної статті – дослідити та встановити взаємозв'язки фільтраційно-ємнісних параметрів порід-колекторів серпухівських відкладів Острроверхівського газоконденсатного родовища Дніпровсько-Донецької западини, використавши сучасні методи обробки геолого-геофізичної інформації.

Методи дослідження. Основними методами досліджень є математичне моделювання типу “кern-кern”, “кern-геофізика” та “геофізика-геофізика” петрофізичних параметрів порід-колекторів, які отримані за результатами лабораторних та геофізичних досліджень, на представницьких колекціях керну, відібраного з продуктивних горизонтів серпухівських відкладів Острроверхівського газоконденсатного родовища Дніпровсько-Донецької западини.

Породи-колектори серпухівських відкладів представлені, в основному, кварцовими та поліміктовими пісковиками та алевролітами різної зернистості і ступеня глинизації та карбонатизації, а також генезису – від алювіального до морського.

Пісковики мають переважно світло-сірий колір, поліміктовий і олігоміктовий склад, структура їх різнозерниста – від тонко- до середньозернистої та інколи крупнозернистої, текстури пологахвилясто-шаруваті, субпаралельні і, рідше, масивні. Порода зцементована міцно – регенераційно-кварцовим цементом та середньо-міцно – доломіто-глинистою та вапняковою речовиною. У породі відмічаються стилітові шви, заповнені дрібною вуглистою речовиною, вона збагачена вуглефікованим рослинним детритом, має невелику домішку слюди. Карбонатність пісковиків зрідка сягає 32 % при переважних значеннях 1-4 %, пористість 4-11 %, зрідка до 16-18,6 %, проникність до $352,03 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$.

Алевроліти світло-сірі і сірі крупнозернисті, міцні, на вапняковому і глинистому цементі, шаруваті, що підкреслено аргілітовими прошарками, вуглисті, слюдисті. Пористість до 4,3 %, проникність до $3,23 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$.

Існуючі методики інтерпретації результатів ГДС звичайних піщано-глинистих розрізів не можуть бути використані в повній мірі при вивченні порід-колекторів даного типу [1]. Труднощі, які виникають при розв'язанні поставлених задач, пов'язані із особливостями мінерального складу зерен скелетної фракції, а також цементу порід-колекторів серпухівських відкладів Острроверхівського газоконденсатного родовища.



Геофізична характеристика досліджених колекторів змінюється в таких межах:

- питомий електричний опір для продуктивних пластів 7-140 Омм;
- інтервальний час пробігу поздовжньої хвилі (ΔT) 185 -252мкс/м;
- природна радіоактивність, в основному, 2-4 мкр/год.

Петрофізична модель $K_{\text{п}}=f(K_{\text{пр}})$, яка побудована за даними вивчення керну, говорить про тісний зв'язок між цими коефіцієнтом пористості $K_{\text{п}}$ та коефіцієнтом проникності $K_{\text{пр}}$. Пористість змінюється від 5,2 до 16,8 %; проникність в межах $0,04-690 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$. Дана петрофізична модель апроксимується рівнянням:

$$K_{\text{пр}} = 0.0024e^{0.7111 \cdot K_{\text{п}}} \quad (1)$$

Однією із основних петрофізичних моделей є зв'язок між параметром газонасиченості $P_{\text{н}}$ і коефіцієнтом водонасиченості $K_{\text{в}}$. За результатами лабораторних досліджень побудовано залежність $P_{\text{н}}=f(K_{\text{в}})$, яка має вигляд:

$$P_{\text{н}} = \frac{0.934}{K_{\text{в}}^{2.1869}}, \quad r = 0.98. \quad (2)$$

Розрахунок $P_{\text{н}}$ проводився згідно загальноприйнятих методик [1, 5, 6, 7] за формулою:

$$P_{\text{н}} = \frac{\rho_{\text{п}}}{\rho_{\text{вн}}}, \quad (3)$$

де $\rho_{\text{п}}$ – питомий опір продуктивного пласта, $\rho_{\text{вн}}$ – питомий опір продуктивного пласта при 100 % водонасиченості.

Оцінка питомого електричного опору пластів проводилася за комплексом методів БКЗ, БК та ІК з використанням відповідних палеток і методичних інструкцій.

На практиці широко використовують методику визначення пористості за даними ГДС, яка передбачає використання петрофізичних моделей між коефіцієнтом пористості (визначеним на керновому матеріалі) та геофізичними параметрами (знятими з відповідних діаграм). Визначення пористості порід-колекторів серпухівських відкладів проводилось за даними акустичного каротажу та за даними питомого електричного опору промитої зони.

При побудові петрофізичної моделі $K_{\text{п}}=f(\Delta T)$ необхідно врахувати один із важливих факторів, який вносить похибку в результати визначення пористості за даними акустичного каротажу, це глинистість. Слід відмітити, що колекторами є пісковики різної ступені глинистості, що чітко простежується за даними комплексу ГДС. При вивченні зв'язку глинистості з інтенсивністю природної гамма-активності використовується подвійний різницевий параметр (ΔJ_{γ}), який дозволяє виключити похибки, що викликані індивідуальними особливостями апаратури та свердловинними умовами вимірів.

З метою виключення впливу глинистості на визначення $K_{\text{п}}$ за даними акустичного каротажу була побудована тривимірна залежність між $K_{\text{п}}$, ΔT і ΔJ_{γ} , яка має наступний математичний вираз:

$$K_{\text{п}} = 0.2 \cdot \Delta T - 30 - 11.07 \cdot \Delta J_{\gamma}, \quad r = 0.96. \quad (4)$$



Для підтвердження достовірності визначення пористості по залежності $K_n=f(\Delta T, \Delta J_\gamma)$ були проведені співставлення цих значень з пористістю, яка визначена за керном. Необхідно відмітити деяку тенденцію до незначного перевищення K_n за АК-ГК над K_n за керном. Дане перевищення можна пояснити тим, що при бурінні відбираються, як правило, більш ущільнені зразки. Аналіз визначення K_n показує, що ΔT для продуктивних і водоносних пластів знаходиться приблизно в одному діапазоні, отже значного впливу газонасичення на покази ΔT не відмічається.

Другим способом визначення коефіцієнту пористості це визначення K_n за питомим електричним опором промитої зони. Для використання даного способу необхідно побудувати петрофізичну модель типу $P_n=f(K_n)$.

Залежність між параметрами пористості P_n і коефіцієнтом пористості K_n вивчалась як в умовах близьких до пластових так і в атмосферних умовах. Між цими параметрами спостерігається достатньо тісний кореляційний зв'язок, який має наступний математичний вид:

для умов близьких до пластових:

$$P_n = \frac{18430}{K_n^{2.2676}}, \quad r = 0.98; \quad (5)$$

для атмосферних умов:

$$P_n = \frac{7002.1}{K_n^{1.9908}}, \quad r = 0.97. \quad (6)$$

У даному випадку слід зазначити, що крива $P_n=f(K_n)$, яка отримана для пластових умов, розташована вище (і крутіше) ніж крива, що отримана для атмосферних. Це пояснюється тим, що при одночасній дії на зріз факторів ефективного тиску та температури, коефіцієнт пористості зменшується, а форма порового простору ускладнюється настільки, що точка, яка відповідає зрізю, що вивчається – переміщується не вздовж лінії $P_n=f(K_n)$ для атмосферних умов, а зміщується вище по відношенню до цієї лінії. Крім того, ефект збільшення степені при коефіцієнті пористості для термобаричних умов по відношенню до такої ж при атмосферних умовах тим більший, чим менший коефіцієнт пористості, що чітко простежується у нашому випадку. Для визначення коефіцієнта пористості за даними електричних методів пропонується використовувати залежність, яка отримана для пластових умов.

На рисунку 1 приведено зіставлення пористостей визначених за методом опору (МБК) та за АК-ГК. Як видно з графіка, між пористостями, які визначені за даними МБК та АК-ГК, спостерігається достатньо задовільний зв'язок.

Аналіз отриманих результатів показав задовільну збіжність між пористостями визначеними за даними електричного опору (МБК), акустичного каротажу з врахуванням глинистості (АК-ГК) та визначеної в лабораторних умовах. Але, враховуючи, що визначення K_n за даними виміру МБК застосовують при дуже глибокій зоні проникнення, що не завжди можливо, та залежить від проміжку часу між розкриттям пласта і проведенням запису методів ГДС, в'язкості та водовіддачі бурового розчину, а також складності врахування впливу залишкової води і газу, то в даному випадку рекомендуємо

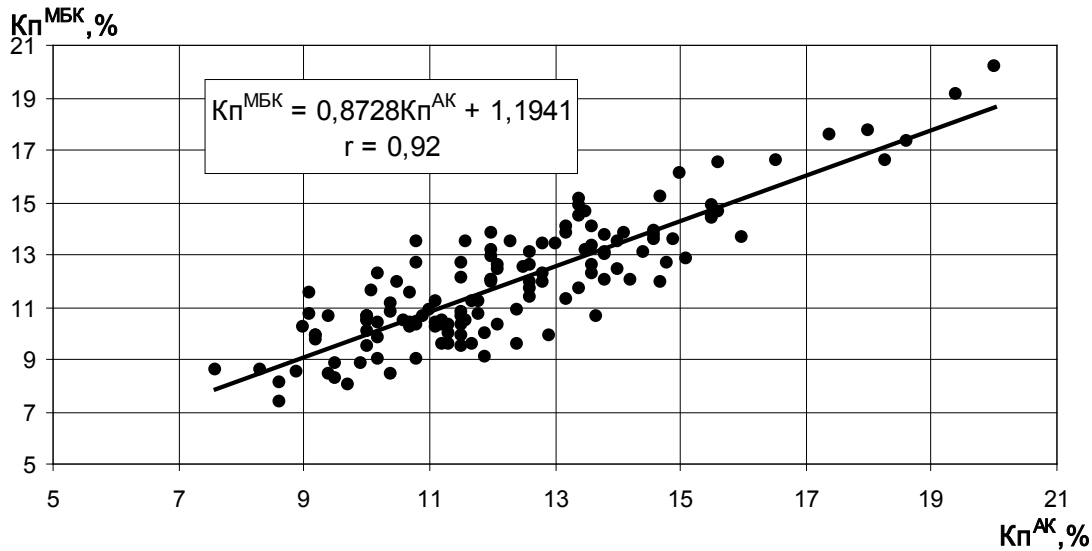


Рис. 1 Порівняння пористостей, які визначені за даними методом опору (МБК) та АК-ГК

використовувати величини пористості, які вираховані за даними акустичного каротажу з використанням ГК.

Висновки та завдання подальших досліджень. У результаті статистичної обробки експериментальних лабораторних досліджень та даних геофізичних досліджень свердловин серпухівських відкладів Островерхівського газоконденсатного родовища побудовано петрофізичні моделі, що дозволяють достовірно визначати фільтраційно-ємнісні параметри порід-колекторів даного типу. Встановлені моделі можна використовувати як в процесі оперативної інтерпретації, так і при визначенні підрахункових параметрів порід-колекторів аналогічного літологічного складу.

Завданнями наступних досліджень є розробка способів поточної інтерпретації даних промислової геофізики з використання вищенаведених фільтраційно-ємнісних моделей порід-колекторів не тільки серпухівських відкладів, а й інших літотипів.

Література:

1. Вендельштейн Б.Ю., Резанов Р.А. Геофизические методы определения параметров нефтегазоносных коллекторов. М.: Недра. – 1978. – 317 с.
2. ГОСТ 26450.2-85 Породы горные. Метод определения коэффициента абсолютной газопроницаемости при стационарной и нестационарной фильтрации. М.: Изд-во стандартов, 1985. 16 с.
3. ГОСТ 26450.1-85 Породы горные. Метод определения коэффициента открытой пористости жидкостенасыщением. М.: Изд-во стандартов, 1985. 8 с.
4. ГОСТ 26450.0-85 Породы горные. Методы определения коллекторских свойств. М.: Изд-во стандартов, 1985. 12 с.
5. Орлов Л.И. Петрофизические исследования коллекторов нефти и газа / Л.И. Орлов, Е.Н. Карпов, В.Г. Тапоров. – М.: Недра, 1987. – 216 с.
6. Петрофизика (физика горных пород). В.М. Добрынин, Б.Ю.



Вендельштейн, Д.А. Кожевников – М.: “Нефть и газ”, 2004 год. – 368 с.

7. Тиаб Дж., Доналдсон Эрл Ч. Петрофизика: теория и практика изучения коллекторских свойств горных пород и движения пластовых флюидов / Перевод с английского. – М.: ООО «Премиум Инжиниринг», 2009. – 868 с.

Abstract. *The results of reservoir rocks investigations in complex-built sections of the Ostroverhivske gas condensate field in the Dniprovsko-Donetska foredeep are considered. It's shown the features of lithologic-stratigraphic serpuhivski cross-section at this area. As a result of analysis geological and geophysical material, it has been established that the productive sections of serpuhivski deposits are represented mainly by quartz and polymichromic sandstones and siltstones of different grains and the degree of claymaking and carbonization, as well as genesis - from alluvial to marine.*

According to the results of core experimental studies in conditions close to the reservoir, the filtration-capacitive characteristics were determined and the petrophysical models of the filtration-capacitive parameters were established according to the geophysical well logging, which allow reliable determination the petrophysical parameters of the pure granular quartz reservoir rocks as well as polymictic sandstones. The built-up filtration-capacitive models of serpuhivske deposits at the Ostroverhivske gas condensate field can be used for calculation oil and gas reserves, as well as for the flowchart well logging interpretation.

Key words: *reservoir rock, coefficient of porosity, permeability, gas saturation*

References:

1. Vendelshtein B.Y., Rezanov R.A. (1978). Geofizicheskie metody opredeleniia parametrov neftegazonosnykh kollektorov. Moskov: Nedra, 317 p. [in Russian].
2. GOST 26450.2-85 Porody gornye. (1985). Metod opredeleniia koefitsienta absoliutnoi gazopronitsaemosti pri statsionarnoi i nestatsionatnoi filtratsii. Moskov: Izd-vo standartov, 16 p. [in Russian].
3. GOST 26450.1-85 Porody gornye. (1985). Metod opredeleniia koefitsienta otkrytoi poristosti jidkostenasysheniem. Moskov: Izd-vo standartov, 8 p. [in Russian].
4. GOST 26450.0-85 Porody gornye. (1985). Metody opredeleniia kollertorskih svoistv. Moskva: Izd-vo standartov, 12 p. [in Russian].
5. Orlov L.I., Kappov E.N., Taporkov V.G. (1987). Petrofizicheskie issledovaniia kollektorov nefti i gaza. Moskva: Nedra, 216 p. [in Russian].
6. Dobrynin V.M., Vendelshtein B.Y., Kojevnikov D.A. (2004). Petrofizika (fizika gornyh porod). Moskov: Neft i gaz, 368 p. [in Russian].
7. Tiab Dj., Donaldson Erl Ch. (2009). Petrofizika: teoriia i praktika izucheniia kollektorskih svoistv gornyh porod i dvijeniia plastovykh fliuidov / Perevod s angliickogo. Moskva: ООО “Premium Injyniring”, 868 p. [in Russian].

Стаття відправлена 08.03.2018 р.

© Федорів В.В.