

# РОЗВІДУВАЛЬНА ТА ПРОМИСЛОВА ГЕОФІЗИКА

УДК 550.832

## ГЕОЛОГО-ГЕОФІЗИЧНІ ПАРАМЕТРИ СКЛАДНОПОБУДОВАНИХ ПОРІД-КОЛЕКТОРІВ НЕОГЕНОВИХ ВІДКЛАДІВ НАФТОГАЗОВИХ РОДОВИЩ ПЕРЕДКАРПАТСЬКОГО ПРОГИНУ

С.Д. Федоришин

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42056,  
e-mail: geophys@nuing.edu.ua

*Вплив геологічних та фізичних чинників на покази електричних методів призводить до викривлення інформації про електропровідність газонасичених порід-колекторів. Розглядаються основні чинники та причини, які зумовлюють зміну електричних параметрів порід-колекторів. Наведено петрофізичні взаємозв'язки між електричними параметрами та структурою порового простору породи, аргументовано вплив співвідношення пустот різного розміру на ефективну проникність.*

*Влияние геологических и физических факторов на показания электрических методов приводит к искажению информации о электропроводности газонасыщенных пород-коллекторов. Рассматриваются основные факторы и причины, приводящие к изменению электрических параметров пород-коллекторов. Приведены петрофизические взаимосвязи между электрическими параметрами и структурой пористого пространства породы, аргументовано влияние соотношения пустот разного радиуса на величину коэффициента проницаемости.*

*The impact of geological and physical features on electrical survey data leads to the information deviation about the electrical conductivity of gas-saturated reservoir rocks. The article deals with the main characteristics and causes which influence the alteration of electrical parameters of reservoir rocks. Petrophysical relations between electrical parameters and porous space structure is given and the influence of correlation of different sizes of voids on efficient permeability is substantiated.*

Значні проблеми, що виникають у процесі досліджень складнопобудованих порід-колекторів та інтерпретації результатів електрометричних свердловинних досліджень зумовлені відсутністю класифікаційних ознак літотипів, які виповнюють продуктивні інтервали.

Встановлення основних геолого-геофізичних ознак, які притаманні складнопобудованим колекторам, розробка рекомендацій щодо їх врахування у ході оброблення свердловинних геофізичних даних, дасть змогу підвищити ефективність та інформативність геофізичних досліджень свердловин (ГДС). Таким чином, сформульоване завдання досліджень є актуальним і своєчасним.

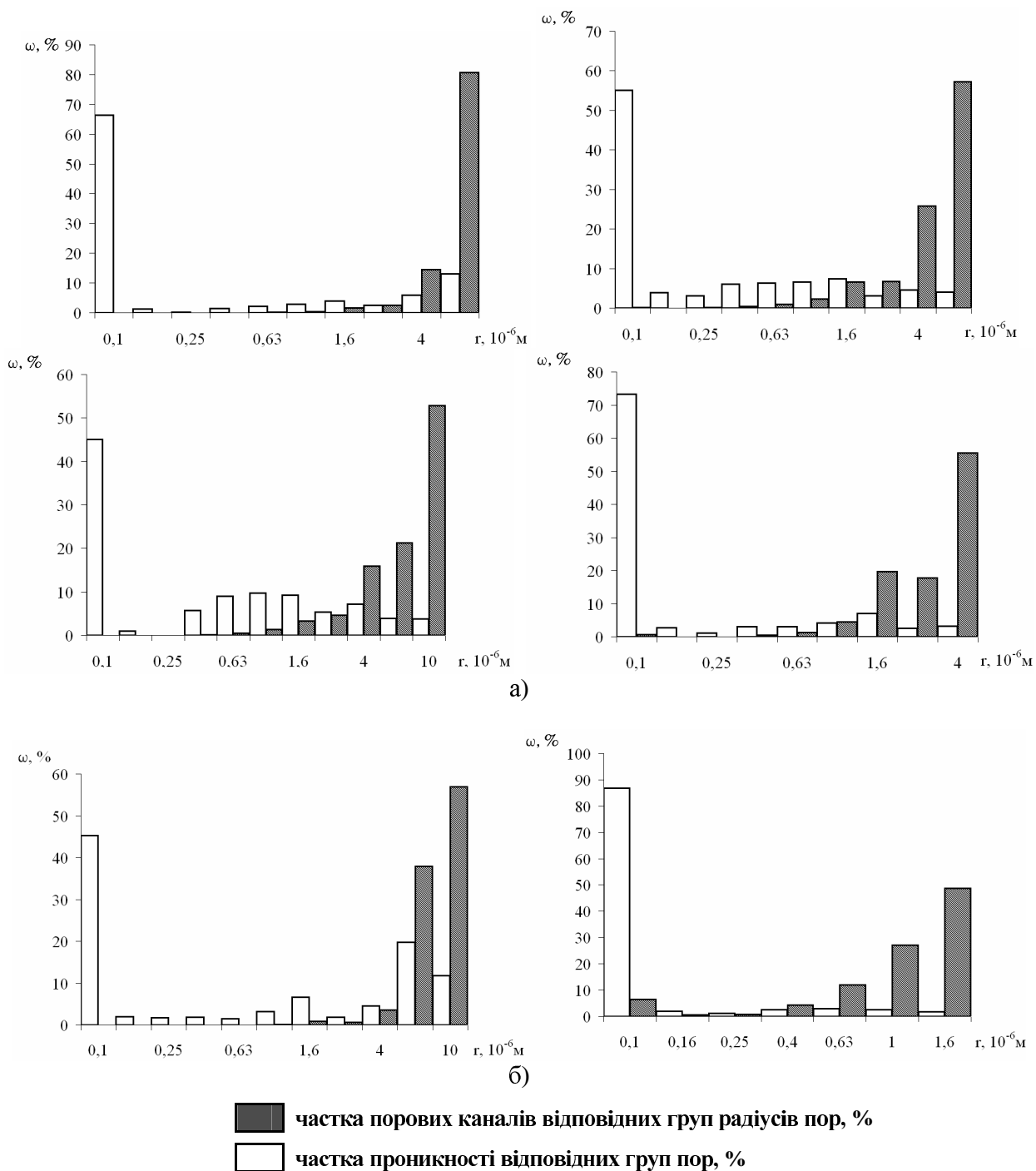
Детальний аналіз геологічної будови неогенових відкладів газоконденсатних родовищ Більче-Волицької зони та моделювання петрофізичних і геофізичних взаємозв'язків дав змогу встановити основні фізичні параметри для літотипів, які їх виповнюють. За результатами вимірювань зразків керна встановлено структуру порового простору порід-колекторів, обґрунто-

вано мінералогічну будову їх матриці. Як видно із результатів представлених у таблиці 1, всі породи неогенових відкладів можна рангувати у групи з притаманними тільки їм ознаками і параметрами. Із таблиці 1 також видно, що геологічний розріз міоценових відкладів представлений літотипами від пісковиків, алевролітів-потенційних колекторів до глин та аргелітів.

Основні поклади газу у міоценових відкладах формувалися у пісковиках сарматських відкладів, дашавської світи, яка, у свою чергу, поділяється на підсвіти: нижньодашавську та верхньодашавську. У розрізі нижньодашавської підсвіти спостерігається перешарування вапнистих, аргілітоподібних глин, алевролітів і світло-сірих пісковиків, перешарованих туфами і туфитами. Пісковики, які є хорошими колекторами, за будовою своєї матриці ранжуються від дрібнозернистих до середньозернистих і крупнозернистих. Їх товщина змінюється в межах від декількох сантиметрів до 1,5 і більше метрів. Коефіцієнт відкритої пористості також різний і змінюється від 5% до 29%. Електрична

Таблиця 1 – Літологічно-геофізична модель порід міоценових відкладів Більче-Волицької зони Карпатської нафтогазоносною провінції

№ з/п	Літотип	Геофізична характеристика					Тип проникнення за даними БКЗ	Акустичний опір $\frac{kg}{m^2 \cdot c}$	Час позовжньої релаксації T, мс	Мінералогічний склад матриці породи
		K, %	K <sub>др.</sub> , 10 <sup>-13</sup> м <sup>2</sup>	C <sub>др.</sub> , %	R <sub>ср.</sub> , Ом/м	ΔT, мкс/м				
1	Пісковики гравійні з хлорито-кальцитовим і хлорито-глинистим цементом	17	10,05	8,0	17-23	250	підвищений	2,62	350-610	Циркон, хлорит мусковит, кальцит глауконіт <1%
2	Пісковики різнозернисті з хлорито-глинистим цементом	22	15,8	4,1	3-18	284	підвищений	2,81	300-657	Хлорит (3-6)% кальцит, біотит, турмалін, циркон, прит (1-3)%
3	Пісковики середньозернисті з кальцитовим цементом	15	0,8	5,0	17-35	288	понижений	2,04	80-205	Кварцит, кремній кальцит, мусковит, біотит
4	Пісковики дрібнозернисті з хлорито-глинистим, хлорито-кальцитовим, кальцито-глинистим цементом	11	< 0,02	12	10-17	227	понижений	2,10	50-140	Кварцит, анагас, глауконіт, лейкоксен
5	Пісковики алевроїтисті з глинисто-кальцитовим цементом	8	< 0,01	14	16-27	228	понижений	2,15	60-200	Кварцит, кремній, мусковит, поодинокі зерна циркону, гранат, лейкоксен
6	Алевроїти	10	< 0,01	23	30-70	225	понижений	2,23	60-218	Циркон, гранат, хлорит
7	Аргіліти	6	< 0,04	25-80	25-51	117	понижений	1,89	47-161	Поодинокі зерна глауконіту, циркону, біотіту, каолініту
8	Вапняк	12	< 0,01	-	30-45	249	понижений	2,1	52-155	Поодинокі зерна глауконіту, циркону, біотіту, каолініту



**а) Ретичинське родовище; б) Вижомлянське родовище**  
**Рисунок 1 – Порометрична характеристика порід-колекторів**

характеристика, а саме: питомий електричний опір ( $\rho_n$ ), цих порід різний – від 3,2 Ом до 32 Ом. В окремих випадках величина  $\rho_n$  газонасичених пластів не відповідає їх характеру насичення. Зокрема, це має місце у свердловинах Гуцулівського, Летнянського, Пинянського, Городоцького газових родовищ. У свердловинах № 1,2,4,8 Гуцулівського родовища газонасичені пласти на кривих стандартних електричних методів охарактеризовані питомим електричним опором, рівним (2-8) Ом. У процесі випробування із таких порід-колекторів отримано

притік газу  $Q_r=5-15 \text{ м}^3/\text{д}$  та  $5-20 \text{ м}^3/\text{добу}$ . Для виявлення причини низькоомності продуктивних пластів та встановлення чинників, які спричиняють таку невідповідність характеру насичення, нами проводились експерименти із вивчення літолого-петрофізичних особливостей геологічної будови колектора на кернавому матеріалі.

Дослідження структури порового простору порід-колекторів міоценових відкладів дали підстави встановити, що пісковики характеризуються неоднаковою структурою порового прос-

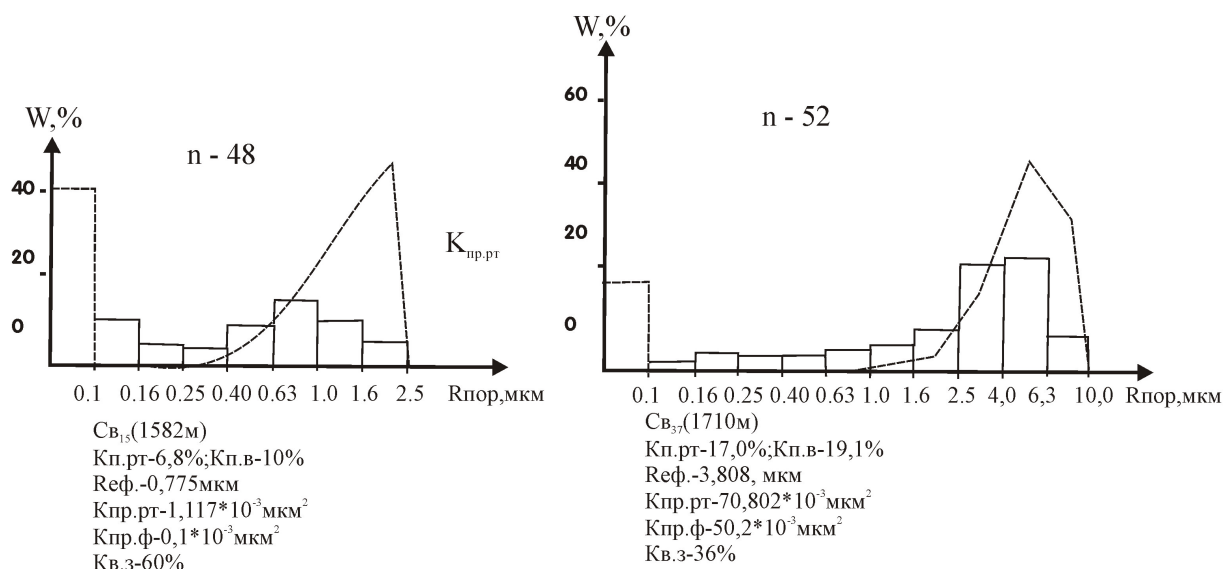


Рисунок 2 – Розподіл радіусів пор порід-колекторів міоценових відкладів св. Летня 37, 15

тору, представлену різним співвідношенням пустот великого, середнього, малого радіуса та наявністю ультрамікропор. На рисунку 1 (а, б) зображено розподіл радіусів пор різного розміру для порід міоценових відкладів Ретиченського та Вижомлянського газових родовищ. Із побудов видно, що розподіл пор та їх співвідношення у породах-колекторах міоценових відкладів газових родовищ неоднакові. З метою встановлення причин такої розбіжності та побудови кореляційних взаємозв'язків структури порового простору із коефіцієнтами залишкового водонасичення та проникності, які впливають на електричні параметри порід, нами розраховано ефективний радіус звужень ( $R_{эф}$ ) порових каналів за формулою

$$R_{эф} = \sqrt{\sum_{i=0}^1 d_{m_i} r_i^2}, \quad (1)$$

де:  $d_{m_i}$  – частка кожної виділеної групи пустот у загальному об'ємі порового простору,  $r_i$  – середній радіус звужень пустотних каналів виділеної групи. Величина розрахованого  $R_{эф}$  для порід-колекторів із підвищеною електропровідністю ( $\sigma_p$ ) змінюється в межах від 0,96 до 14,5 мкм. Слід зауважити, що ефективний радіус пор порід-колекторів Ретиченського родовища, у яких спостерігається високий коефіцієнт проникності ( $K_{пр} = 4,028 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$  до  $124 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$ ) при значній величині літолого-структурного коефіцієнта  $\lambda = 0,505$ , цей параметр змінюється в межах від 0,63 мкм до 6,64 мкм, в окремих випадках – до 10,2 мкм. За класифікацією Ханіна А.А. [1] такі породи-колектори належать до другого класу. Аналогічний розподіл радіусів пор спостерігається і у міоценових відкладах Летнянського газового родовища. Однак у свердловинах Летня-15 (гл. 1582 м) спостерігається високий коефіцієнт проникності у разі зміни  $R_{эф}$  в межах від 0,4 мкм до 2,5 мкм. У свердловині Летня-37 (гл. 1710 м.)  $K_{пр} = 50,2 \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2$  (рис. 2)

при зміні ефективного радіусу звужень порових каналів у межах від 0,63 мкм до 10,0 мкм. У першому і другому випадках бачимо різне співвідношення радіусів пор матриці породи. За даними опису шліфів кернового матеріалу міоценових відкладів у породах-колекторах спостерігається глауконітово-кварцевий, глинисто-глауконітовий, з дрібнозернистими алевритистими включеннями цементу; структура – алевро-псамітова. Вміст теригенного уламкового матеріалу змінюється від 40-62% (у середньому – 58%), розмір зерен кварцу змінюється від 0,02 мм до 0,5 мм, домінують фракції розміром 0,07 мм та 0,05 мм. У побудові матриці породи беруть участь такі мінерали, як циркон, хлорит, мусковіт, кальцит, глауконіт біотит, турмалін пірит, халькопірит, лейкоксен (табл. 2). Співвідношення породоутворюючих мінералів у породах міоценових відкладів та їх наявність зумовлена як умовами осадоного накопичення, так і тектонічними особливостями геологічної будови [2].

Таким чином, виділення окремих груп пісковиків (таблиця 1) здійснено на основі аналізу та узагальнення результатів комплексних лабораторних та свердловинних досліджень міоценових відкладів газоконденсатних родовищ Більче-Волицької зони Карпатської нафтогазоносної провінції.

Результати свердловинних досліджень міоценових відкладів дали змогу встановити, що газонасичені породи-колектори на окремих родовищах, характеризуються різними геофізичними параметрами, часом відмінними від параметрів газонасиченого пласта. Інтерпретація кривих електрометрії (бокового каротажу та бокового каротажного зондування), отриманих у ході дослідження продуктивних порід-колекторів, дала можливість встановити, що у газонасичених породах спостерігається підвищення проникнення фільтрату у пласт, чим змінюються параметри зони проникнення. Діаметр зони проникнення (ЗП) відповідно збільшується,

Таблиця 2 – Літолого-мінералогічна характеристика порід-колекторів неогенових відкладів газоконденсатних родовищ

№ з/п	Інтервал відбору (м)	Літологічна характеристика, текстура	Розмір зерен, мм/λ	Склад уламкової частини				Характеристика цементу пітотипу			Вторинні зміни
				Головні мінерали	Другорядні мінерали		цементу пітотипу				
				гідрослюди	іліт	кварц	хлорит				
				монтморилоніт	каолінит-глауконіт		пірит, халцедон				
Региченська площа											
1	1080-1096	Пісковик кварцовий, слабкоалевритистий, безпорядковий	$\frac{2,127}{0,0251}$	+	+	+	-	-	Глинисто-ангдритовий, ангдрит вологистий і призмачно-контактовий. Дрібноорозіаний пірит (5-10%)	Сильно корозійний, зерна вапнякв	
2	1080-1096	Пісковик олігоміктовий, середньозернистий	$\frac{1,412}{0,0739}$	+	+	-	-	Глинисто-карбонатний, незначна кількість вултистик частинок. Дрібноорозіаний пірит	Доломітизація, корозійність окремих зерен вапняків, тріщинова вагість		
3	1137-1153	Пісковик кварцовий, дрібнозернистий, неупорядкований	$\frac{0,735}{0,0397}$	+	Один, зерна	-	-	-	-	-	
4	1137-1153	Пісковик кварцовий, крупнозернистий, неупорядкований	$\frac{2,245}{0,0534}$	-	-	+	+	Глинисто-глауконітовий складається із кутастих напівокруглих уламків	Деякі зерна кварцу тріщинуваті, оточені глинистим матеріалом		
5	1137-1153	Пісковик кварцовий, крупнозернистий, неупорядкований	$\frac{3,808}{0,0458}$	+	+	-	+	-	-	-	
Вижомлянська площа											
6	1147-1360	Пісковик крупнозернистий, слабкоалевритистий, неупорядкований	$\frac{3,808}{0,0458}$	+	-	+	+	Глинисто-глауконітова контактово-пустотного типу, глинистий з бурною органічною речовиною	Деякі зерна кварцу тріщинуваті, корозійність окремих зерен зумовлена вапняком		
7	1147-1360		$\frac{3,107}{0,0411}$	-	-	+	+	+			
8	1474-1502	Пісковик середньозернистий, слабкоалевритистий, неупорядкований	$\frac{0,328}{0,0434}$	-	+	+	+	+			
9	1505-1514						+	+			

і за даними малих зондів визначають параметри ЗП, натомість питомого електричного опору незайманої частини пласта.

Узагальнюючи результати комплексних геолого-геофізичних досліджень, нами зроблено висновок про те, що породи-колектори, які вивізняють міоценові відклади газоконденсатних родовищ, є складними як за мінералогічним складом, так і за структурою порового простору. Розроблена нами літолого-геофізична модель геологічного розрізу міоценового віку може бути основою для створення петрофізичної моделі розподілу фільтраційно-ємкісних параметрів у породах-колекторах неогенових відкладів.

*Література*

1 Ханін А.А. Петрофізика колекторів нафтяних і газових пластів / Ханін А.А. – М.: Недра, 1976. – 295 с.

2 Черников О.А. Классификация песчано-алевролитовых коллекторов по совокупности их литологических особенностей / О.А. Черников, А.Н. Куренков // Изучение коллекторов нефти и газа, залегающих на больших глубинах. Тр. МНХ и ГП. – Вып. 123, 124. – С. 83-86.

*Стаття постуила в редакційну колегію*  
30.10.08

*Рекомендована до друку професором*  
**Б. Й. Масвським**