

<https://doi.org/10.15407/ggcm2025.199-200.005>

УДК 550.832(552.1:53)

**Дмитро ФЕДОРИШИН¹, Олександр ТРУБЕНКО²,
Сергій ФЕДОРИШИН³, Тарас ЛІНЬКО⁴**

^{1, 2, 3} Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,

Івано-Франківськ, Україна,

e-mail: ¹ dmytro.fedoryshyn@nung.edu.ua; ² geotom@nung.edu.ua;

³ serhii.fedoryshyn@nung.edu.ua

⁴ АТ «Тисменицягаз», Тисмениця, Україна,

e-mail: ⁴ taras.lenko-a103-23@nung.edu.ua

ПІДВИЩЕННЯ ВИДОБУТКУ ВУГЛЕВОДНІВ ІЗ ТОНКОШАРУВАТИХ НЕОГЕНОВИХ ПОРІД-КОЛЕКТОРІВ БІЛЬЧЕ-ВОЛИЦЬКОЇ ЗОНИ ПЕРЕДКАРПАТСЬКОГО ПРОГИНУ

У роботі розглянуто проблематику підвищення ефективності видобутку вуглеводнів із порід-колекторів, сформованих у тонкошаруватих неогенових відкладах Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину. Ці колектори характеризуються складною літологічною будовою, низькою проникністю та значною неоднорідністю, що ускладнює процес вилучення нафти і газу. Проаналізовано геологічні, петрофізичні та фільтраційні особливості тонкошаруватих піщаво-алевролітових товщ, а також чинники, які впливають на продуктивність свердловин.

Ключові слова: гірська порода, поровий простір, пористість, електричний опір, глинистість.

Актуальність. Зростання світового споживання енергії та видобутку вуглеводнів зумовлює низку труднощів, пов'язаних зі складною будовою розрізів, характером насичення порід-колекторів та інформативністю результатів геолого-геофізичних досліджень. Проблеми, які виникають у процесі пошуків та видобутку вуглеводнів, зумовлені складною будовою, зокрема наявністю тектонічних порушень, зон розущільнення структури порід-колекторів, аномально високих пластових тисків, а також неоднозначних параметрів термоградієнтів у межах пошукових площ. Слід зазначити, що, крім того, усе ще використовують недостатньо інформативні геолого-геофізичні методології та апаратурне забезпечення супроводу пошукового буріння свердловин.

Мета роботи – оптимізація методологічних підходів та оцінки фільтраційно-ємнісних параметрів порід-колекторів за результатами комплексних геолого-геофізичних досліджень.

Аналіз опублікованих наукових праць та експериментальних результатів досліджень порід-колекторів. Дослідженню особливостей будови порід-колекторів сарматських, баденських і гельветських відкладів присвячено значну кількість наукових праць вчених, науковців, як геологів, так і геофізиків України і зарубіжних країн. Аналіз напрямів та результатів досліджень літолого-стратиграфічних товщ, а також умов формування електричних, акустичних і радіоактивних параметрів дав змогу визначити і встановити основні критерії, які впливають на результати оптимального комплексу геофізичних досліджень свердловин. У роботах (Грицишин, 1987, 2012; Нестеренко, 2010; Петкевич, 1979; Федішин, 2005; Федоришин та ін., 2006) означені і встановлені основні механізми формування в заглинених літолого-стратиграфічних товщах порід-колекторів таких параметрів, як коефіцієнт залишкового водонасичення, структури утворення подвійного електричного шару гідрофільних і гідрофобних порід-колекторів. На цій основі обґрунтовано та встановлено петрофізичні дво- і багатовимірні взаємозв'язки для оцінки і прогнозування видобутку вуглеводнів на стадії розробки родовища. Під час дослідження структури порового простору, зокрема встановлення характеру зміни пористості і фільтраційних параметрів, ми обґрунтували та виконали моделювання пластових умов на керновому матеріалі, відібраному з неогенових відкладів. Ефективний тиск вираховувався для порід із середньою густиною $2,5 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ і густиною пластових вод $1,1 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ за формулою:

$$P_{\text{еф}} = 0,01565 \cdot H, \quad (1)$$

де $P_{\text{еф}}$ – ефективний тиск, МПа; H – глибина залягання гірських порід, м.

Петрофізичні параметри визначали за такими формулами:

$$K_{\text{еф.п}} = K_{\text{п}} \cdot (1 - K_{\text{з.в}}); \quad (2)$$

$$\rho_{\text{вп}} = R \cdot S \cdot l^{-1}; \quad (3)$$

$$P_{\text{н}} = \rho_{\text{нп}} \cdot \rho_{\text{в}}^{-1}; \quad (4)$$

$$\Delta T = t \cdot l^{-1}; \quad (5)$$

$$K_{\text{пр}} = \mu \cdot l \cdot Q \cdot \Delta P^{-1} \cdot S^{-1}, \quad (6)$$

де $K_{\text{еф.п}}$ – коефіцієнт ефективної пористості; $K_{\text{з.в}}$ – коефіцієнт залишкової водонасиченості; $\rho_{\text{вп}}$, $\rho_{\text{в}}$, $\rho_{\text{нп}}$ – відповідно питомий електричний опір повністю водонасиченої породи та води, що насичує породу, і частково водонасиченої породи; R – електричний опір зразка породи; l – довжина зразка; S – площа поперечного перерізу зразка породи; P – відносний опір; $P_{\text{н}}$ – коефіцієнт збільшення електричного опору; ΔT – інтервальний час перебігу фронту повздовжньої акустичної хвилі в гірській породі; t – час проходження повздовжньої акустичної хвилі через зразок породи; μ – динамічна в'язкість гексану; Q – об'єм гексану, який проходить за одиницю часу через зразок керна; ΔP – перепад тиску на зразку.

Результати досліджень неогенових відкладів наведені в таблиці. Отримані дані свідчать, що неогенові відклади характеризуються різнотиповими породами-колекторами, зокрема:

- пісковики слабкозцементовані, пористість яких змінюється від 22 до 36 %, проникність від $0,1 \cdot 10^{-15}$ до $8,505 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$;
- пісковики середньої пористості – пористість від 10 до 20 %, проникність від частки одиниці до $(0,2-0,6) \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$;

Результати визначення фізичних властивостей зразків гірських порід, відібраних із продуктивних відкладів газових родовищ Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину

Номер зразка	Номер свердловини	Інтервал відбору зразків, м	Атмосферні умови				За ефективного тиску				
			K _п , %	K _{в.з} , %	K _{пр. газ} , 10 ⁻¹⁵ м ²	C _{глі} , %	K _{п.в} , %	K _{в.з} , %	P	K _{пр. еф} , 10 ⁻¹⁵ , м ²	ΔT, мкс/м
Вижомлянське газове родовище											
1024	1	1231–1247	7,5	81		20,1	6,7	81	249	0,005	208
9283	1	1231–1247	5,8	85	0,65	0,9	5,5	100	226	<0,001	193
8914	3	1166–1174	10,4			17,4	9,7		98		228
8915	3	1166–1174	2,9		0,01	12,7	2,4		448		178
8918	3	1410–1426	16,3	50	10,0		14,9	55	46		242
8919	3	1410–1426	17,9		1,9	9,1	17,0		30		265
1106	3	1502–1511	5,9				4,6		497		198
9585	6	1190–1214	10,8		0,01		10,0		102		215
9590	6	1230–1246	7,2	93	0,14	43,1	6,3	100	177	<0,001	191
9594	6	1262–1278	22,2	40	54,7	25,5	20,1	44	28		286
9605	6	1294–1312	6,4		0,07		5,9		267		207
9607	6	1294–1312	13,5		0,21						
9609	6	1294–1312	6,2		0,18	26,7	5,4		234		189
9617	6	1356–1373	22,5	43	18,2	26,5	19,3	35	33	3,30	271
9592	6	1246–1262	21,1		3,1	18,7	20,2		23		294
9598	6	1278–1294	12,6		0,84	36,0	11,8		53		249
1294	7	1250–1263	10,9	92			9,3	72	133	0,009	213
1294	7	1250–1263	17,0	76			15,6	56	61	9,85	254
1294	7	1250–1263	10,3	94			9,0	70	182		225
1295	7	1250–1263	17,9	79			16,5	44	51	1,61	254
1296	7	1250–1263	20,5	55			18,7	38	49	1,29	264
1296	7	1250–1263	20,9	57			18,9	36	40	1,03	267
1297	7	1250–1263	6,5	96			5,8	100	234	<0,001	195
1297	7	1250–1263	7,4	97			6,5	100	258	<0,001	209
1300	7	1263–1275	22,0	41			19,8	45	67	2,6	272
1320	9	1030–1046	22,4	49			20,2	42	58	1,2	276
1325	9	1102–1110	9,9	93			8,6	76	121	0,006	211
1327	9	1182–1204	8,0	93			6,7	100	178	<0,001	192
1328	9	1182–1204	20,3	47			18,7	36	38	4,12	262
1330	9	1182–1204	21,5	46			18,2	26	48	2,8	276
1335	9	1252–1272	18,2	73			16,8	46	46	1,5	264
1340	9	1272–1292	19,5	66			18,1	35	42	8,15	259
1341	9	1272–1292	7,6	93			6,7	100	274	<0,001	193
1345	9	1272–1292	13,4	86			12,3	63	202	0,19	221
1350	9	1292–1315	21,6	56			17,6	43	46	4,15	278
1353	9	1292–1315	21,0	59			19,5	34	36	7,22	277

Продовження таблиці

Номер зразка	Номер свердловини	Інтервал відбору зразків, м	Атмосферні умови				За ефективного тиску				
			K _п %,	K _{в.з} %,	K _{пр. газ} , 10 ⁻¹⁵ М ²	C _{га} %,	K _{п.в} %,	K _{в.з} %,	P	K _{пр. еф} , 10 ⁻¹⁵ , М ²	ΔT, мкс/М
Летнянське газове родовище											
4184	2	1250–1261	23,1			7,4	20,4	26,2	20	9,0	292
4255	2	1250,8–1261,5	22,1			5,5	20,6	38,7	18		303
4258	2	1250,8–1261,5	20,6			9,1	18,5	46,8	27	1,75	278
4234	2	1250,8–1261,5	21,9				19,8	36,0	19	9,0	272
2889	2	1650,8–1660,9	4,4				1,7		290		186
3256	3	1240–1250	13,7			1,9	21,5	19,5	12	153,9	276
37	5	1246–1262	16,7				15,2	48	47	1,3	263
4951	5	1316–1332	23,0			9,2	20,7	31,8	21	7,3	283
5009	5	1430–1446	17,7			10,9	14,9	48,5	41		267
5	5	1590	20,9			0,3	19,8	15,0	18	396	251
5055	7	1472–1478,9	20,7			6,8	20	33	21	7,0	271
5061	7	1503–1506,9	17,9			15,8	13,6	46,2	44	1,75	251
5064	7	1557,1–1568,2	10,9			13,4	9,5	70	83		241
4397	9	1158–1168	25,1			6,9	24	15,2	14		283
53	9	1178–1188	26,0			7,9	24,6	21,0	13		308
4376	9	1250–1260	10,3			10,3	9,2	67,1	101	2,7	231
58	9	1250–1260	23,9			4,2	22,8	31,0	14	159,3	292
4391	9	1280–1290	23,6			9,3	21,7	33,0	21	13,8	289
69	9	1300–1310	18,4			3,0	17,3	22,0	25	159,7	255
Гайське газове родовище											
893	2	1692–1705	23,1	23		5,0	21,6	25	17		278
894	2	1692–1705	20,6	30		5,0	19,6	32	19		305
895	2	1692–1705	20,3	41		8,4	18,7	45	22		287
8349	4	1595–1607	23,0		121,4		21,9		20		302
8351	4	1595–1607	22,5		166,0	7,9	21,2				295
8360	4	1675–1681	23,2		381	8,1	22,3		18		292
901	5	1665–1673	20,9	35		0,7	19,9	37	24		324
8474	5	1573–1681	3,2		0,03		1,5		972		172
8478	5	1681–1690	3,8	97	0,01		3,1	100	342		189
909	6	1667–1680	25,0	16		5,9	24,1	17	11	538	248
910	6	1667–1680	23,4	25		3,5	22,5	27	15	39	282
911	6	1667–1680	23,0	24		5,3	22,0	26	14	94	280
912	6	1667–1680	23,6	21		3,6	22,9	23	15	192	288
913	6	1667–1680	22,0	35		8,7	20,6	37	18		292
914	6	1715–1722	22,2	32		10,4	21,0	34	16	69	275
915	6	1715–1722	24,1	22		4,1	22,4	25	14	108	277
916	6	1722–1734	24,0	22		5,2	22,3	24	17		333
918	6	1722–1734	26,0	36		4,9	24,9	38	17	81	292

– пісковики слабопористі – пористість змінюється від 4 до 10 %, проникність менша ніж $0,1 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$.

Густина пісковиків змінюється від 2050 до 2600 кг/м^3 . За густини 2500–2600 кг/м^3 пісковики переважно карбонатизовані від 21,4 до 29,2 % . Із зростанням карбонатності пісковики стають майже непроникними ($K_{\text{пр}} = 0,005 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$).

На рисунку наведено порометричну характеристику порід-колекторів неогенових відкладів газоконденсатних родовищ Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину. Аналіз наведених у таблиці результатів петрофізичних параметрів суттєво відрізняється за структурними та фільтраційними параметрами.

У результаті аналізу та узагальнення ємнісних і фільтраційних параметрів, отриманих під час лабораторних досліджень кернавого матеріалу, відібраного з неогенових відкладів газоконденсатних родовищ Більче-Волицької зони, було обґрунтовано та розроблено різні способи визначення залишкового водонасичення, коефіцієнтів пористості та проникності. Водночас досліджувалися електричні, акустичні та радіоактивні параметри, отримані за результатами комплексних геофізичних вимірювань у тонкошарованих розрізах сарматського, баденського та гелветського ярусів. У процесі аналізу та узагальнення результатів електричних досліджень було встановлено, що різні значення параметрів питомого електричного опору гірських порід не завжди визначаються іонною провідністю.

Значною мірою на неоднозначність питомого електричного опору породи-колектора впливає мінералогічний склад її матриці, а також величина подвійного електричного шару. Крім того, встановлено, що в процесі пошуків нафтогазонасичених порід-колекторів суттєвий вплив мають покази геофізичних методів та процес формування покладу, його розкриття під час буріння і розробки.

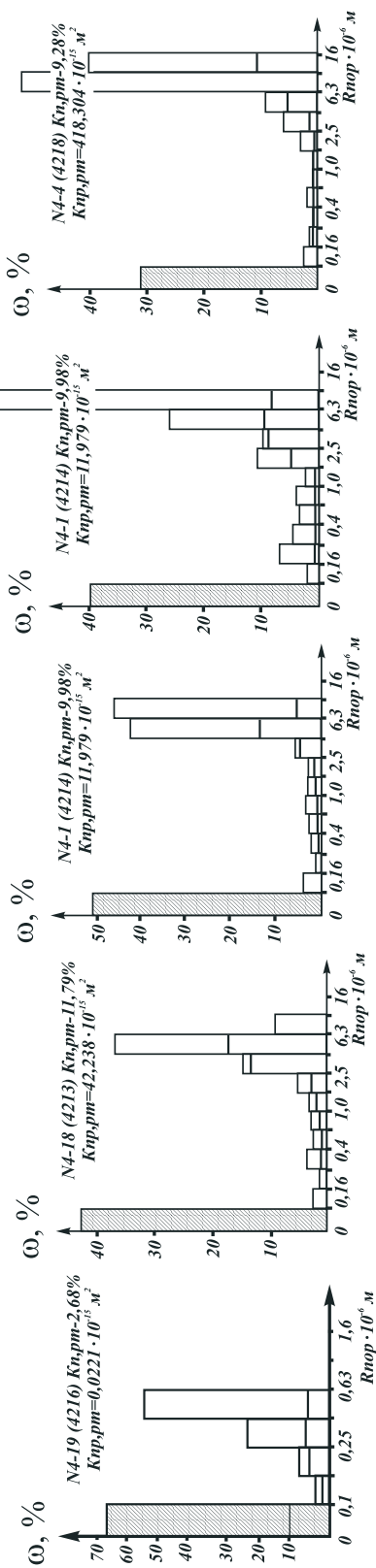
Висновок. Необхідно обґрунтувати тип і склад промивних рідин, діаметр зони проникнення, її радіус та структуру. На зареєстровані електричні покази також впливає структура та якість зондової установки. Якщо взяти за основу модель електропровідності за роботами Б. Ю. Вендельштайна, то видно, що суттєвий вплив на формування електричних параметрів має подвійний електричний шар, який визначається глинистістю та фізично зв'язаною водою в структурі породи:

$$\frac{1}{\rho_{\text{п}}} = \frac{A}{\rho_{\text{ш}}} + \frac{1-A}{\rho_{\text{в}}}, \quad (7)$$

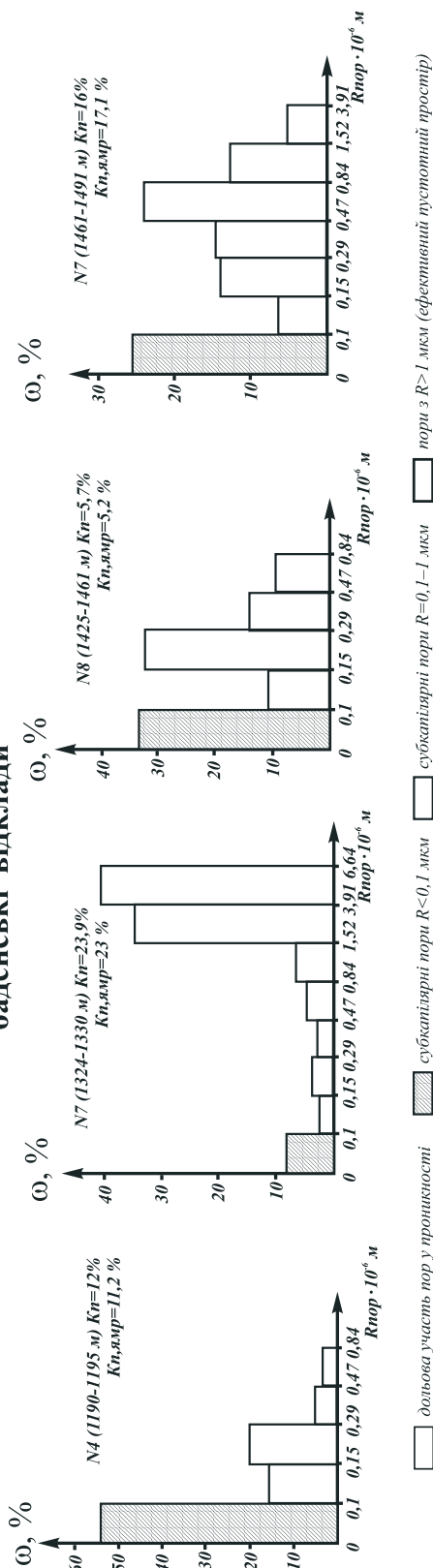
де $\rho_{\text{п}}$, $\rho_{\text{ш}}$, $\rho_{\text{в}}$ – питомі електричні опори породи подвійного електричного шару та води; A – об'ємна доля порового простору, зайнятого подвійним шаром.

Із формули (1) випливає, що за умови, коли $\rho_{\text{ш}} > \rho_{\text{в}}$, наявність глинистого матеріалу в породі призводить до збільшення її питомого електричного опору. Натомість, якщо електричний опір насиченого флюїду більший, ніж аналогічний подвійного шару, то відбувається зменшення питомого електричного опору гірської породи. Отже, об'ємна структура подвійного шару породи значно впливає на показники електричних методів. Загалом для оцінки та обґрунтування електричної моделі флюїдонасичення необхідно врахувати наведене вище, а також інформацію про мінералізацію пластових вод. Окрім того, експериментально було визначено граничне значення питомого

сарматські відклади



баденські відклади



Петрофізична характеристика порід-колекторів міоценових відкладів газових родовищ Білоче-Волицької зони Передкарпатського прогину

електричного опору порід неогенового віку, яке становить $0,22 \text{ Ом} \cdot \text{м}$. У цьому випадку глинистість не впливає на електричну провідність середовища породи-колектора. Результати дослідження можуть бути використані для підвищення ефективності розробки покладів нафти і газу Передкарпатського прогину та аналогічних за будовою родовищ.

- Грицишин, В. І. (1987). *Комплексне вивчення колекторів нафтових і газових родовищ Прикарпаття* (№ 195/88). ІФІНГ. Івано-Франківськ.
- Грицишин, В. І. (2012). *Петрофізична характеристика колекторів нафтових і газових родовищ Карпатського регіону і Дніпровсько-Донецької западини*. Івано-Франківськ: НТШ, Івано-Франківський осередок.
- Нестеренко, М. Ю. (2010). *Петрофізичні основи обґрунтування флюїдонасичення порід-колекторів*. Київ: УкрДГРІ.
- Петкевич, Г. І., Шеремета, О. В., & Притулко, Г. І. (1979). *Методика петрофізичного вивчення колекторів нафти і газу, в умовах моделювання пластів*. Київ: Наукова думка.
- Федишин, В. О. (2005). *Низькопористі породи-колектори газу промислового призначення*. Київ: УкрДГРІ.
- Федоришин, Д. Д., Федоришин, С. Д., Старостін, А. В., & Коваль, Я. М. (2006). Причини низькоомності порід-колекторів та оцінка характеру їх насичення в умовах нафтогазових родовищ України. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*, 3, 35–40.

Стаття надійшла:
15.09.2025 р.

**Dmytro FEDORYSHYN¹, Oleksandr TRUBENKO²,
Serhii FEDORYSHYN³, Taras LINKO⁴**

^{1, 2, 3} Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas,
Ivano-Frankivsk, Ukraine,
e-mail: ¹ dmytro.fedoryshyn@nung.edu.ua; ² geotom@nung.edu.ua;
³ serhii.fedoryshyn@nung.edu.ua
⁴ JSC “Tysmenytsiagas”, Tysmenytsia, Ukraine,
e-mail: ⁴ taras.lenko-a103-23@nung.edu.ua

INCREASE OF HYDROCARBON PRODUCTION FROM RESERVOIR ROCKS FORMED IN THIN-LAYERED NEOGENE DEPOSITS OF THE BILCHE-VOLYTSKA AREA OF THE FORECARPATHIAN

The paper addresses to the topical scientific and practical issue of enhancing the efficiency of hydrocarbon recovery from reservoir rocks formed in thin-bedded Neogene deposits of the Bilche-Volytska zone in the Precarpathian Basin. The reservoirs in this region are characterized by complex lithological structure, significant layering, variability in granulometric composition, and generally low filtration and storage properties. An additional complicating factor is the high heterogeneity of the strata, which manifests itself in both horizontal and vertical directions, significantly affecting the efficiency of oil and gas extraction using traditional methods.

The paper provides a detailed analysis of the geological prerequisites for the formation of thin-bedded sandstone-siltstone complexes, including their petrophysical characteristics,

such as porosity, permeability, cementation type, and fluid saturation degree. Considerable attention is paid to the study of the filtration properties of rocks in the context of the spatial variability of reservoir parameters that determine the productive potential of wells. The influence of structural and tectonic factors on the formation of traps and the distribution of reservoir zones is considered separately.

The main factors limiting well yields in such geological conditions are analyzed, and possible ways to optimize development are considered. Improving geological and geophysical models, applying modern intensification methods, in particular hydraulic fracturing and acid treatment, as well as introducing technologies for detailed zoning of productive intervals, are promising areas for improving production efficiency. The work emphasizes the importance of a comprehensive approach that combines geological analysis, laboratory research, and modelling of filtration processes to ensure the rational and efficient development of resources in this complex category of reservoirs.

Keywords: rock, pore space, porosity, electrical resistivity, clay content.