

# Геологія, розвідка та геофізика нафтових і газових свердловин

УДК 550.832 (552.1:53)

DOI: 10.31471/1993-9868-2022-2(38)-7-15

## ПЕРСПЕКТИВИ СКЛАДНОПОБУДОВАНИХ ГЕЛЬВЕТСЬКИХ ВІДКЛАДІВ КРУКЕНЕЦЬКОЇ ЗАПАДИНИ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ГЕОФІЗИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ СВЕРДЛОВИН

Д. Д. Федоришин, О. М. Трубенко\*, С. Д. Федоришин, А. О. Трубенко, Д. С. Федоришин

ІФНТУНГ; 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. 034727180;  
e-mail: geotom@nung.edu.ua

*Нарощування видобутку вуглеводнів в Україні передбачає створення і впровадження у виробництво нових перспективних методико-технологічних засобів, які базуються на сучасних досягненнях науки і техніки. Аналіз геологічної будови літолого-стратиграфічних товщ гельветського ярусу неогенової системи Крукенецької западини Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину підтвердив, що в кожному окремо взятому випадку є свої особливості як у складі будови матриці гірської породи, так і в умовах її утворення. У зв'язку з цим проведено дослідження зразків керну методом ядерно-магнітного резонансу та встановлено основні базові критерії ознак породи-колектора гельветського ярусу. Також обґрунтовано ефективність гамма-спектрометричного методу та ядерно-магнітного резонансу. Результати досліджень керну методом ядерно-магнітного резонансу дозволили встановити, що час позовжньої релаксації залежить від концентрації тих чи інших мінералів у гірських породах. Використано наявний базовий матеріал для визначення коефіцієнтів пористості гірських порід із використанням акустичного каротажу. Виконано експериментальні дослідження впливу характеру насичення порід-колекторів на покази акустичного каротажу, а також відхилення свердловинного приладу від центрального напрямку свердловини. За результатами експериментальних досліджень матриці гірських порід неогенової системи вдалося сформулювати основні закономірності розподілу окремих радіоактивних елементів у басейні седиментації методом гамма-спектрометрії і на їх основі обґрунтувати напрямки використання методу в комплексі інтерпретації типових геофізичних досліджень складнобудованих геологічних розрізів неогенової системи. Наведені результати гамма-спектрометрії дозволяють підвищити ефективність гамма-досліджень природного та вторинного випромінювання складнобудованих порід-колекторів, зокрема неогенових відкладів тонкошаруватих літолого-стратиграфічних розрізів.*

Ключові слова: гамма-спектрометрія; ядерно-магнітний резонанс; акустичний каротаж; подвійний різницевиий параметр; інтенсивність гамма поля.

*Increasing hydrocarbon production in Ukraine involves the creation and implementation of new promising methodological and technological means based on modern achievements of science and technology. Analysis of the geological structure of the lithological and stratigraphic strata of the Helvetian stage of the Neogene system of the Krukenets basin of the Bilche-Volitsky zone of the Precarpathian trough confirmed that in each case, there are features both in the structure of the rock matrix and in the conditions of its formation. In this regard, the core samples were studied by the nuclear magnetic resonance method and the main basic criteria for the characteristics of the Helvetian reservoir rock were established. The effectiveness of the gamma-ray spectrometric method and nuclear magnetic resonance was also substantiated. The results of core studies by the nuclear magnetic resonance*

method allowed us to establish that the longitudinal relaxation time depends on the concentration of certain minerals in the rocks. The available basic material was used to determine the porosity coefficients of rocks using acoustic logging. Experimental studies of the nature influence of the reservoir rock saturation on the acoustic logging readings, as well as the downhole device deviation from the well central direction, were performed. Based on the results of experimental studies of the rock matrix of the Neogene system, it was possible to formulate the main regularities of the individual radioactive elements distribution in the sedimentation basin by gamma-ray spectrometry and, on their basis, to substantiate the directions of using the method in the complex interpretation of typical geophysical studies of complex geological sections of the Neogene system. The presented results of gamma-ray spectrometry allow increasing the efficiency of gamma-ray studies of natural and secondary radiation of complex reservoir rocks, in particular, Neogene sediments of thin-layered lithological and stratigraphic sections.

Key words: gamma-ray spectrometry; nuclear magnetic resonance; acoustic logging; double difference parameter; gamma field intensity.

### **Вступ**

Зниження видобутку газу та газоконденсату із раніше розвіданих пошукових площ, а також родовищ, обумовлено як геологічними, так і технологічними чинниками. До геологічних чинників належать: умови формування літолого-стратиграфічних товщ, будова матриці порід-колекторів, фізичні і петрофізичні параметри, а також їх характер насичення. До технологічних чинників впливу на якість пошуків та розвідки газонафтових покладів відносять інформативність виділення складнобудованих насичених вуглеводнями пластів ефективність комплексу геофізичних методів, а також наявність нових фізико-технологічних свердловинних вимірювань. На ефективність виділення порід-колекторів також впливає обробка та якість інтерпретації результатів свердловинних геофізичних досліджень, а на якість інтерпретації – лабораторні дослідження керну, відібраного із насичених вуглеводнями порід-колекторів. Результати експериментальних досліджень зразків керну дозволяють отримати додаткову якісну оцінку ємкісних та фільтраційних параметрів порід-колекторів, а також створюють передумови побудови багатомірних статистичних взаємозв'язків і номограм.

Актуальність наукових досліджень полягає у достовірності виділення порід-колекторів, а також, відповідно, у оцінці запасів газу та газоконденсату, що є надзвичайно трудомістким процесом, який потребує створення та використання оптимізованих новітніх технологій геолого-геофізичного спрямування як на етапі пошуків, так і на етапі розробки газових та газоконденсатних родовищ.

### **Аналіз попередніх досліджень і публікацій**

Великий внесок у розвиток методів дослідження розподілу природних радіоактивних елементів при вивченні складнобудованих геологічних розрізів зробили В. І. Грицишин, Д. Д. Федоришин, В. Й. Прокопів, О. М. Кар-

пенко та інші [1, 2, 3, 4]. У цих працях розглядаються методики, що пов'язані з визначенням вмісту радіоактивних елементів у тонкошаруватих осадових породах відповідного літолого-стратиграфічного складу та умов їх седиментації. Зокрема у роботах [2, 3] зазначено, що підвищення концентрацій торію притаманно глинистим і карбонатним породам, які утворюються під час інтенсивних піднімаючих або опускаючих рухів осадового басейну седиментації. Поруч з цим обґрунтовується зміна відношення величини концентрації радіоактивних елементів у залежності від розміщення зони осадконагромадження від ділянок зносу, що можна використовувати при вивченні процесів седиментації.

### **Висвітлення невіршених раніше частин загальної проблеми**

Недостатньо висвітлено основні чинники, що знижують інформативність геофізичних досліджень у свердловинах, які не завжди відображають однозначну характеристику літотипу, особливо в складнобудованих геологічних розрізах Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину. Враховуючи вищенаведене, виникає необхідність у доповненні та оцінці можливості геофізичних методів, зокрема акустичного каротажу, гамма досліджень та ядерномагнітного резонансу. Співставлення ефективності результатів досліджень кернавого матеріалу та свердловинних досліджень дозволить підвищити ефективність методів прямих та викликаних гамма-випромінювань, складнобудованих порід-колекторів, зокрема для тонкошаруватих літолого-стратиграфічних розрізів у неогенових відкладах у межах Крукенської западини Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину.

### **Мета та завдання досліджень**

Метою даної роботи є обґрунтування доцільності впровадження ядерно-магнітного резонансу та гамма-спектрометрії під час проведен-

ня та обробки комплексних геофізичних досліджень, на прикладі складнобудованих геологічних розрізів газових та газоконденсатних родовищ Крукенецької западини Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину.

Для реалізації даної мети необхідно виконати всебічний аналіз проведених геолого-геофізичних досліджень у свердловинах газових та газоконденсатних родовищ Крукенецької западини Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину у складнобудованих геологічних розрізах. Обґрунтувати оптимальний комплекс свердловинних геофізичних досліджень для однозначного визначення порід-колекторів та оцінити характер їх насичення у випадках, коли геологічний розріз родовищ має складну тонкошарувату геологічну будову.

#### **Висвітлення основного матеріалу дослідження**

Враховуючи значну кількість раніше розвіданих та освоєних родовищ, зокрема в Крукенецькій западині, які знаходяться на стадії виснаження та зниження видобутку газу та газоконденсату, виникає потреба у оптимізації наявного комплексу геофізичних досліджень свердловин у відкладах гелльветського ярусу неогенової системи. Для цього необхідно встановити основні базові критерії ознак породи-колектора шляхом підготовки літолого-петрофізичної колекції зразків керну, відібраного як у процесі буріння, так і з керну, отриманого з використанням бокових свердловинних керновідбірників. Враховуючи те, що основні поклади газу та газоконденсату сконцентровані у неогенових відкладах, нами було створено інформаційну колекцію зразків керну із порід гелльветського ярусу для проведення лабораторних досліджень. Під час петрографічного опису шліфів, виготовлених із кернавого матеріалу пісковиків та алевролітів, було встановлено, що в матриці газонасичених гелльветських порід присутні такі мінерали, як циркон, хлорит, глауконіт, кальцит, мусковіт, біотит. Результати досліджень керну методом ядерно-магнітного резонансу дали змогу встановити, що час поздовжньої релаксації ( $T$ ) залежно від концентрації тих чи інших мінералів у гірських породах змінюється від 350 мс до 52 мс, а акустичний імпеданс – від  $2,62 \cdot 10^3$  до  $1,89 \cdot 10^3$  кг/(м<sup>2</sup>·с). Необхідно також відмітити, що основними породами-колекторами є пісковики, які ранжуються від дрібнозернистих до середньо- та крупнозернистих. Їх товщина змінюється від декількох сантиметрів до одного і більше метрів. При цьому коефіцієнт пористос-

ті коливається від  $K_p=5\%$  до  $K_p=29\%$ , що значно впливає на акустичні, радіоактивні та електричні параметри порід. Необхідно відмітити, що питомий електричний опір порід гелльветського ярусу змінюється від 17 до 82 Ом·м (табл. 1). Таким чином, за результатами електричних [5], радіоактивних та акустичних геофізичних свердловинних досліджень, проявляється можливість виділити продуктивний пласт та оцінити його насичення.

Такі випадки зустрічаються під час інтерпретації результатів типового геофізичного комплексу свердловинних досліджень. Зокрема це має місце при пошуках вуглеводнів у свердловинах Летнянського, Вижомлянського, Південно-Грабинського родовищ [1, 2]. Для підвищення інформативності та достовірності геофізичних даних у процесі пошуків порід-колекторів неогенових відкладів Крукенецької западини, апробовано геофізичні технології, які базуються на вимірюванні фізичних та петрофізичних параметрів гірських порід безпосередньо у пластових умовах без впливу на показ сторонніх чинників.

Під час аналізу ефективності новітніх геофізичних технологій в напрямку оцінки колекторських властивостей складнобудованих геологічних літолого-стратиграфічних розрізів, нами досліджувалися інформативності радіоактивних методів, зокрема гамма-спектрометрії.

Вище вказаний геофізичний метод базується на вивченні та встановленні енергетичних спектрів окремих мінералів, які обумовлюють природню радіоактивність складнобудованих порід, зокрема неогенових відкладів, газових та газоконденсатних родовищ. За результатами експериментальних досліджень керну, а також отриманих даних геофізичних свердловинних досліджень вдалося сформулювати основні закономірності розподілу окремих радіоактивних елементів у басейнах седиментації і на їх основі обґрунтувати напрямки використання вище вказаного методу в комплексі інтерпретації типових геофізичних досліджень складнобудованих геологічних розрізів. Найбільш ефективно метод гамма-спектрометрії проявив себе у спільному використанні результатів ядерно-магнітного каротажу при виділенні піщаних та глинистих літотипів, а також оптимізації методів проводки та кріплення свердловин у тонкошаруватих геологічних розрізах. Разом з цим, підвищена оцінка глинистості в геологічних неогенових відкладах газових та газоконденсатних родовищах Більче-Волицької зони потребує встановлення кількісного вмісту та розподілу радіоактивних ізотопів у гірських породах,

**Таблиця 1 – Петрофізична модель порід геліветських відкладів Південно-Гравівського родовища Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину**

№ з/п	Літологічний тип породи	Геофізична характеристика			Акустичний опір, $v\delta_n \cdot 10^3 \frac{кг}{м^2 \cdot с}$	Час позовної релаксації Т, мс	Акцесорні мінерали матриці породи
		$C_{гл}, \%$	$\rho_n, Ом \cdot м$	$\Delta T, мкс/м$			
1	Пісковики (хлористо-кальцієвий, хлористо-глинистий цемент)	8	17-20	250	2,71	350-480	циркон, хлорит, біотит, мусковіт, глауконіт, пірит, халькопірит (1-3) %
2	Пісковик різнозернистий з хлористо-глинистим цементом	4,7	4-26	290	2,70	310-405	хлорит (3-6) %, кальцит, біотит, турмалін, циркон, пірит, халькопірит (1-5) %
3	Пісковик дрібнозернистий з хлористо-глинистим та кальцит-глинистим цементом	12	10-12	215	2,10	60-150	кварцит, анатаз, глауконіт, лейкоксен
4	Алевроліт	2,6	35-82	208	2,23	60-205	циркон, гранат, хлорит
5	Аргіліт	25-87 непро-никний	25-57	115	1,90	46-155	поодинокі зерна глауконіту, циркону, біотиту, каолініту

що вивчають літолого-стратиграфічні товщі пошукових площ. З метою оцінки вмісту радіоактивних ізотопів урану, торію і калію у неогенових та міоценових відкладах нами виконано лабораторні гамма-спектрометричні вимірювання вмісту вище вказаних ізотопів у глинистих, піщанистих, алевролітових пісковиках із органічною речовиною та прошарками глин. За результатами досліджень встановлено кількісні значення урану, торію та калію в літотипах (табл. 2), які вивчають неогенові відклади, представлені в межах пошукових площ.

З наведеної у таблиці 2 інформації можна зробити висновок, що на підвищення радіоактивності порід-колекторів неогенової системи в основному буде впливати глинистість та органічна речовина. Узагальнюючи результати радіоактивних та ядерно-магнітних досліджень ядерного матеріалу, а також дані гамма-

каротажу, нами побудовано фрагмент виділення порід-колекторів та розчленування літолого-стратиграфічного розрізу за результатами ядерно-магнітного та гамма каротажів з врахуванням вище наведеної інформації (рис. 1).

Необхідно відмітити, що на достовірність та інформативність впливають: діаметр свердловин, положення приладу в колоні і сама колона у свердловині, характеристики детектора і його інтегральна та спектральна ефективність, швидкість і стала інтегральної комірки радіометричної апаратури, вплив газонасиченості пласта на покази геофізичних методів.

У зв'язку з вище наведеним виникає потреба у застосуванні обґрунтованих теоретично та експериментально відповідних поправок для підвищення інформативності результатів акустичних, радіоактивних та електричних досліджень. Враховуючи наявність базового мате-

Таблиця 2 – Середні значення  $U(Ra)^{238}$ ,  $Th^{232}$ ,  $K_{19}^{40}$  подвійного різницевого параметру ( $\Delta J_\gamma$ ) та інтенсивності гамма поля ( $J_\gamma$ )

Літологія	Середні значення вмісту радіоактивних ізотопів, %			Загальна радіоактивність	
	$U(Ra) \cdot 10^{-4}$	$Th \cdot 10^{-4}$	$K_{19}^{40}$	$J_\gamma$	$\Delta J_\gamma$
Чисті глини	4,1	9,7	3,0	12,1	0,84
Чисті алевроліти	4,9	6,6	4,2	7,2	0,37
Чисті пісковики	2,8	2,3	2,2	5,0	0,13
Пісковики з органічною речовиною	3,8	7,1	2,2	6,5	0,35
Пісковики з прошарками глин	3,8	10,1	2,0	6,7	0,44
Органічна речовина	3,5	10,1	2,1	16,6	0,87

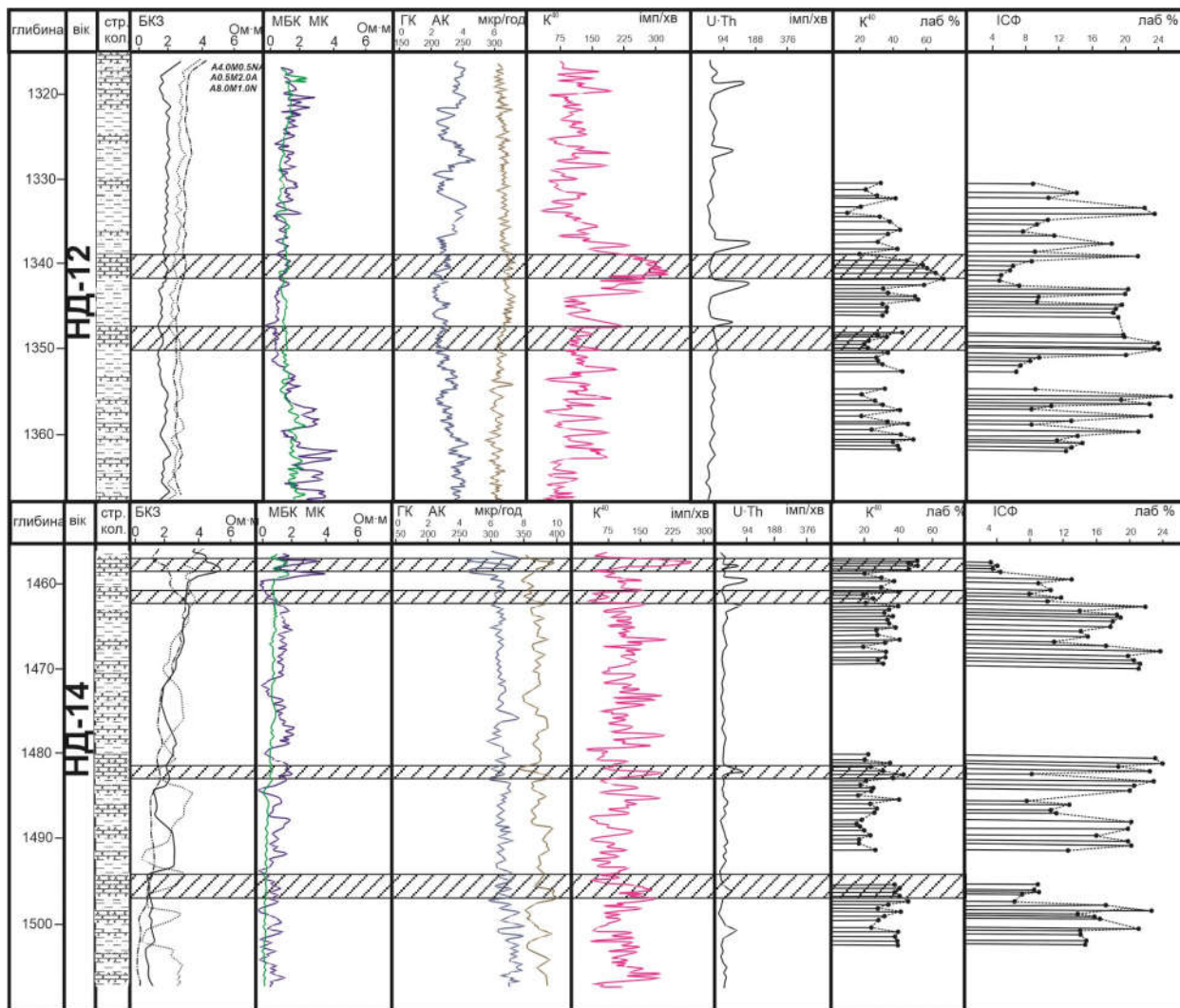


Рисунок 1 – Фрагмент виділення порід-колекторів та розчленування літолого-стратиграфічного розрізу за результатами ядерно-магнітного та гамма каротажів з врахуванням АК та МБК

ріалу для визначення коефіцієнтів пористості гірських порід із використанням акустичного каротажу, нами проведено експериментальні дослідження впливу характеру насичення порід-колекторів на покази АК, а також відхилення свердловинного приладу від центрального напрямку свердловини.

Результати розрахунку впливу місця знаходження геофізичного приладу у свердловині на його покази залежать від границь пласта, його товщини, результатів вимірювання ( $\Delta$ ) сигналу, а також покрівельного та підшовного вмшуючого літотипу. Така залежність характеризується показами електричного та акустич-

ного зондів, отриманими від покриваючих та підстилаючих границь пластів ( $\Delta x$ ); сигналу першого і другого пластів відповідно  $\rho_1$  та  $\rho_2$ ; коефіцієнта поглинання акустичного сигналу буровим розчином ( $b$ ), а також геометричними чинниками ( $r_{ef}^2$ );  $l$  – довжиною вимірювального зонда.

З врахуванням вище наведених параметрів визначення границь пластів проводиться за формулою (1), яка дозволяє враховувати геометричне розміщення приладу в свердловині:

$$\Delta x = \frac{\Delta}{(\rho_1 - \rho_2) \exp\left(\frac{\sqrt{r_{ef}^2 + l^2}}{b}\right) * \frac{l}{\sqrt{r_{ef}^2 + l^2}}} \quad (1)$$

Для оцінки впливу газонасиченості продуктивного пласта на параметр інтервального часу пробігу пружної хвилі в породах гелльветського ярусу неогенової системи нами встановлено петрофізичний зв'язок, типу "геофізика-геофізика" із використанням результатів акустичних та мікробокових вимірювань безпосередньо у пошукових свердловинах. У результаті проведеної роботи побудовано залежність  $\Delta T = f(K_n)$  для порід, із різним характером насиченості (рис. 2). Із побудови видно, що інтер-

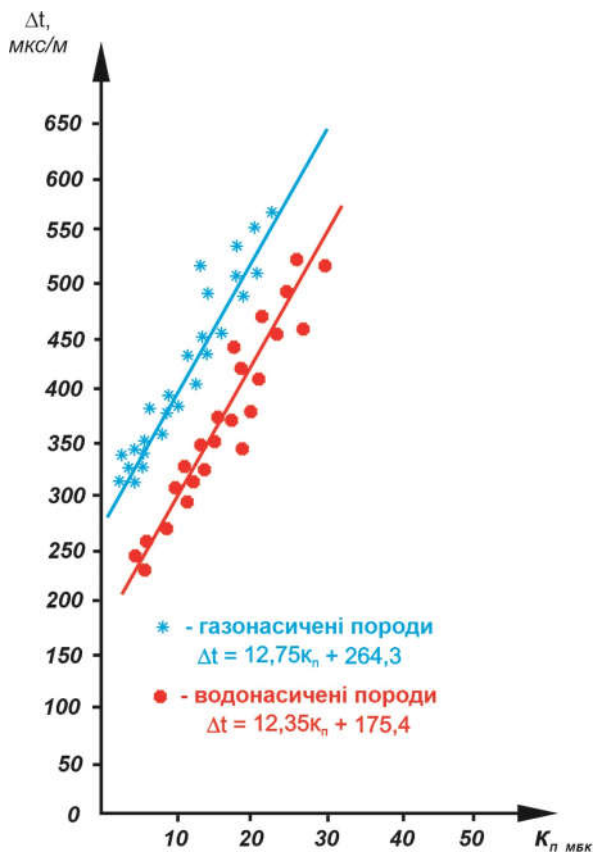


Рисунок 2 – Петрофізичний зв'язок типу "геофізика-геофізика" із використанням результатів акустичних та мікробокових вимірювань

вальний час пробігу поздовжньої хвилі у породах неогенових відкладів гелльветського ярусу, газонасичених та водонасичених порід [6], суттєво відрізняються між собою, що дозволяє ідентифікувати характер насичення гірських порід. Враховуючи те, що структура порового простору порід-колекторів гелльветського ярусу одна за структурою, то поправка у зареєстрований параметр інтервального часу поздовжньої хвилі буде визначатись рівнянням (2):

$$\Delta \tau_n = \Delta \tau_{ск} + (\Delta \tau_p - \Delta \tau_{ск}) K_n + \Delta \tau_{газ}, \quad (2)$$

де  $\Delta \tau_n$  – поправка за інтервальний час пробігу поздовжньої хвилі в гірській породі;

$\Delta \tau_{ск}$  – поправка за інтервальний час пробігу пружної хвилі в скелеті гірської породи;

$\Delta \tau_p$  – поправка за інтервальний час пробігу поздовжньої пружної хвилі в рідині;

$K_n$  – загальна пористість гірських порід;

$\Delta \tau_{газ}$  – поправка за інтервальний час пробігу поздовжньої пружної хвилі в газонасичених пластах за газонасиченість.

Проведені нами експериментальні дослідження впливу параметрів свердловин на покази радіоактивних методів, зокрема: діаметр свердловини, характер насичення, дозволили встановити, що в різних енергетичних каналах гамма-спектрометра покази, в основному, залежать від геометричного чинника розміщення свердловинного приладу, а також вмісту глинистості та поліміктовості матриці породи. Таким чином, основними носіями відомостей про фізичні параметри порід у літолого-стратиграфічних товщах гелльветського ярусу неогенової систем і газових та газоконденсатних родовищ Крукенецької западини, є потоки енергії, які визначаються електромагнітними, пружними та анізотропними параметрами гірських порід. Під час реєстрації конкретного фізичного поля чутливі перетворювачі потоків збуджених енергій в подальшому формуються спеціальними пристроями для їхньої передачі по каротажному кабелю. На виході геофізичного приймача зареєстрований сигнал чутливого елемента буде сумою сигналів, сформованих сферичною поверхнею присвердловинної ділянки пласта, а саме:

$$Q = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} q(x, y, z) dx dy dz, \quad (3)$$

де  $q(x, y, z) = q_0(x, y, z)h(x, y, z)$ , тобто  $q_0(x, y, z) dx dy dz$  – сигнал від деякого елементарного об'єму  $dx dy dz$  віддаленого від чутливого елемента на віддаль  $l = (x^2 + y^2 + z^2)^{1/2}$ , а  $h(x, y, z)$  – передаточна функція сигналу  $q_0(x, y, z)$  до приймача.

Зважаючи на, те що  $h(x,y,z)$  швидко затухають, доцільно розглядати лише сигнал конкретного геофізичного методу вздовж свердловини, а саме:

$$Q = \int_{-\infty}^{\infty} q(z)h(z)dz . \quad (4)$$

Враховуючи вище викладене, точність знаходження границі пласта, полягає в тому, що необхідно перерахувати похибку результатів вимірювання  $\Delta$  в  $\Delta\phi$ , яка характеризує помилку визначення місця знаходження продуктивного пласта в тонкошаруватому літолого-стратиграфічному розрізі за формулою (1). Необхідно відмітити, що оптимальні значення похибки у виділенні границь пласта в стратиграфічних товщах гелльветських відкладів, можна звести до мінімуму також шляхом використання притискної ресори, що практично зведе до нуля вплив на покази геофізичних методів бурового розчину, а також використання коліматора реєстраційного датчика та діаметру зони проникнення.

З метою визначення оптимальної швидкості спуску геофізичних приладів, нами виконано розрахунки впливу тонкошаруватих літолого-стратиграфічних товщ гелльветського ярусу на реєстраційний параметр свердловинних акустичних, радіоактивних приладів. Отримані результати (рис. 3) показали, що збільшення швидкості підймання свердловинних приладів, зокрема радіоактивного каротажу, від 100 до 300 м/год та зміни сталої часу інтегральної коміррки від 1,5 до 6 секунд призводить до втрати роздільної здатності та інформативності електричних та радіоактивних методів.

### Висновки

Отримані результати аналітичних та свердловинних досліджень впливу геологічних та технологічних умов на покази комплексних геофізичних досліджень дозволили оптимізувати технологію проведення комплексних свердловинних вимірювань фізичних параметрів тонкошаруватих порід гелльветського ярусу, а також підвищити достовірність виділення газонасичених пластів, зокрема в умовах підвищеної глинистості та водонасиченості. Використання результатів гамма-спектрометрії дозволяє підвищити достовірність встановлення границь пластів, визначення їх ефективних товщин та ємкісних і фільтраційних параметрів складнобудованих порід-колекторів, зокрема тонкошаруватих літолого-стратиграфічних розрізів у неогенових відкладах у межах Крукенецької

западини Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину.

Завданням подальших досліджень є встановлення домінуючих характеристик геологічних розрізів Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину та розроблення зведених петрофізичних моделей для такого типу порід-колекторів. Впровадження запропонованих петрофізичних моделей для оцінки підрахункових параметрів порід-колекторів складної будови та їх удосконалення.

### Література

1. Грицишин В.І. Петрофізична характеристика колекторів нафтових і газових родовищ Карпатського регіону і Дніпровсько-Донецької западини. Івано-Франківськ, 2012. 272 с.
2. Федоришин Д. Д. Розподіл радіоактивних ізотопів урану, торію і калію в породах міоценових відкладів та їх вклад в загальну радіоактивність. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*. 1998, № 35. С. 124-126.
3. Федоришин Д. Д., Прокопів В. Й. Оцінка геолого-геофізичних неоднорідностей при дослідженні складнобудованих порід-колекторів. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*. 2003, № 2(7). С. 28-34.
4. Карпенко О. М. Науково-методичні засади оцінки ємнісних властивостей гірських порід тонкошаруватих розрізів родовищ вуглеводнів за даними геофізичних досліджень: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра геол. наук: спец. 04.00.22 "Геофізика". Київ. нац. ун-т ім. Тараса Шевченка. Київ, 2005. 36 с.
5. Причини низькоємності порід-колекторів та оцінка характеру їх насичення в умовах нафтогазових родовищ України / Д. Д. Федоришин, С. Д. Федоришин, А. В. Старостін, Я. М. Коваль. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*. 2006. № 3(20). С. 35-40.
6. Федоришин Д. Д., Федоришин С. Д., Коваль Я. М. Підвищення ефективності електричних досліджень свердловин низькоємних порід-колекторів нафтогазових родовищ. *Науковий вісник ІФНТУНГ*. 2006. №2(14). С. 32-36.
7. Федоришин Д. Д. Теоретико-експериментальні основи петрофізичної та геофізичної діагностики тонкошаруватих порід-колекторів нафти і газу (на прикладі Карпатської нафтогазової провінції) : дис. д-ра геол. наук. Львів, 1999. 289 с.

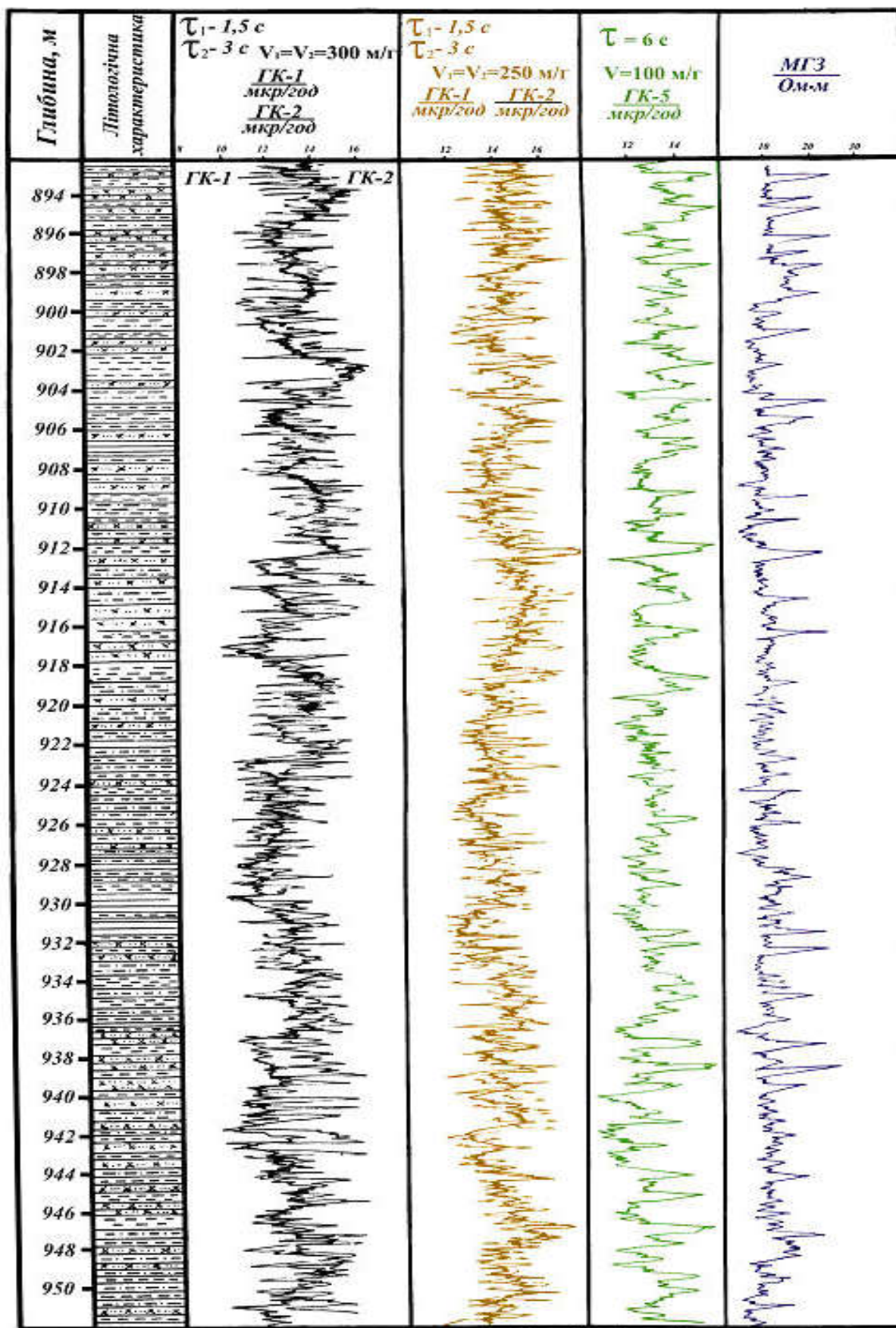


Рисунок 3 – Роздільна здатність гамма-методу при різних технологічних умовах ресстрації [7]



References

1. Grytsyshyn V.I. Petrofizychna harakterystyka kolektoriv naftovyh i gazovyh rodovyshch Karpatskogo regionu i Dniprovsko-Donetskoi zapadyny. Ivano-Frankivsk, 2012. 272 p. [in Ukrainian]
2. Fedoryshyn D. D. Rozpodil radioaktyvnyh izotopiv uranu, toriyu i kaliyu v porodax miotse-novyh vidkladiv ta ih vklad v zagalnu radioaktyvnist. *Rozvidka ta rozrobka naftovykh i hazovykh rodovyshch*. 1998. No 35. P. 124-126. [in Ukrainian]
3. Fedoryshyn D. D., Prokopiv V. J. Otsinka geologo-geofizychnykh neodnorodnostej pry doslidzhennyah skladnopobudovanykh porid-kolektoriv. *Rozvidka ta rozrobka naftovykh i hazovykh rodovyshch*. 2003. No2(7). P. 28-34. [in Ukrainian]
4. Karpenko O. M. Naukovo-metodychni zasady otsinky yemnisnyh vlastyivostej girskykh porid tonkosharuvatyh rozriziv rodovyshch vuglevodniv za danymy geofizychnykh doslidzhen: avtoref. dys. na zdobuttya nauk. stupenya d-ra geol. nauk: specz. 04.00.22 "Geofizka". Kyiv. nats.un-t im. Tarasa Shevchenka. Kyiv. 2005. 36 p. [in Ukrainian]
5. Prychyny nyzkoomnosti porid-kolektoriv ta otsinka harakteru yikh nasychennia v umovakh naftohazovykh rodovyshch Ukrainy / D. D. Fedoryshyn, S. D. Fedoryshyn, A. V. Starostin, Ya. M. Koval. *Rozvidka ta rozrobka naftovykh i hazovykh rodovyshch*. 2006. No 3(20). P. 35-40. [in Ukrainian]
6. Fedoryshyn D. D., Fedoryshyn S. D., Koval Ya. M. Pidvyshchennia efektyvnosti elektrychnykh doslidzhen sverdlodyn nyzkoomnykh porid-kolektoriv naftohazovykh rodovyshch. *Naukovyi visnyk IFNTUNH*. 2006. No 2(14). P. 32-36. [in Ukrainian]
7. Fedoryshyn D. D. Teoretyko-eksperymentalni osnovy petrofizychnoyi ta geofizychnoyi diagnosky tonkoprosarkovykh porid-kolektoriv nafty i gazu (na prykladi Karpatskoyi naftogazonosnoyi provinciyyi): dys. d-ra geol. nauk. Lviv, 1999. 289 p. [in Ukrainian]