

## ВИКОРИСТАННЯ АКУСТИЧНОГО КАРОТАЖУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ГУСТИНИ ГІРСЬКИХ ПОРІД

Розглядається спосіб визначення густини гірських порід за даними обробки хвильового поля акустичного каротажу. Наводяться результати обробки свердловинних даних.

**Ключові слова:** акустичний каротаж; амплітуда; коефіцієнт проходження; густина.

Достовірність і результативність прогнозування геологічного розрізу як кінцевого етапу геологорозвідувального процесу визначається кількістю незалежних параметрів, що безпосередньо описують геологічне середовище. Не відкидаючи можливість і необхідність визначення та застосування характеристик пружних хвиль для прогнозування геологічного розрізу, ми пропонуємо також визначати за даними акустичного каротажу (АК) безпосередньо параметри середовища.

Як відомо, за даними акустичного каротажу визначаються швидкості розповсюдження та коефіцієнти затухання хвиль [Карус і др., 1972]. Однак, при залученні коефіцієнта проходження пружних хвиль виникає можливість визначення густини середовища ( $\sigma$ ) – характеристики, необхідної також і для параметричного забезпечення сейсмозвідки. Визначення густини за даними АК дозволяє доповнити набір параметрів, які описують геологічне середовище, наприклад, при відсутності вимірів методом густинного гамма-гамма каротажу (ГГК-Г).

Розглядаючи різні положення вимірювального зонда в свердловині відносно розташування границі, визначаються коефіцієнти затухання та швидкості розповсюдження пружних хвиль в середовищах над та під границею [Ивакин і др., 1978] та коефіцієнт проходження хвилі через границю [Муц, 2009].

Використовуючи класичний вираз для визначення коефіцієнта проходження пружної хвилі через границю двох середовищ [Гурвич і др., 1981], отримаємо рекурентну формулу для обчислення густини наступного шару ( $\sigma_2$ ) за густиною попереднього шару ( $\sigma_1$ ), швидкостями розповсюдження хвиль в обох шарах ( $V_1$  та  $V_2$ ) та коефіцієнтом проходження хвилі через границю ( $k$ )

$$\sigma_2 = \frac{(2-k) \cdot V_1 \sigma_1}{V_2 k}.$$

Значення  $\sigma_1$  можемо використати з досліджень керну або задаючись значенням для опорного (маркуючого) горизонту. Аналогічний підхід використовується у псевдоакустичному каротажі, при якому сейсмічну трасу перетворюють у розподіл коефіцієнтів відбиття з подальшим рекурентним перерахунком акустичних імпедансів від шару до шару [Гогоненков,

1987]. Нами пропонується використати цей підхід для обробки матеріалів АК.

Алгоритм відтворення геогустинного розподілу складається з двох етапів. Перший етап включає обробку хвильових картин АК з метою визначення часів вступу й амплітуд поздовжньої хвилі для різних положень зонда відносно границь середовища. На другому етапі розраховуються коефіцієнти затухання, значення швидкості розповсюдження поздовжньої хвилі в пластах та коефіцієнти проходження Р-хвилі через границі між шарами. Для відтворення густинного розподілу всього розрізу за запропонованою рекурентною формулою в якості початкового значення  $\sigma_1$  задається апріорне значення густини в реперному пласті.

Критерієм достовірності визначення густини за даними акустичного каротажу можуть слугувати значення густини гірських порід, отримані при дослідженні керна матеріалу або результати ГГК-Г.

Тому з метою визначення густини гірських порід нами проводилася обробка матеріалів АК, отриманих у тих свердловинах, де одночасно робилися заміри методом ГГК-Г.

За описаним вище алгоритмом ми визначали за кінематичними параметрами поздовжньої хвилі інтервальні швидкості, за значеннями амплітуд – коефіцієнти затухання хвилі та коефіцієнти проходження хвилі через границі між пластами. Задаючись апріорним значенням густини у верхньому шарі, отриманим за матеріалом ГГК-Г, послідовно визначили густину порід по всьому розрізу.

Приклад відновлення розподілу густини в свердловині Карлавської площі, зображений на рис. 1.

Для наглядності крива густини, визначена за матеріалами АК, накладалася на криву ГГК-Г. У цілому спостерігається ідентичність характеру зміни кривих густини по розрізу свердловини (накладання ліній тренду), отриманих за результатами обробки обох методів. Найбільші відхилення кривої АК від кривої ГГК-Г у верхній частині розрізу (в інтервалі 2595-2620) пояснюються різкою стрибкоподібною зміною коефіцієнтів затухання поздовжньої хвилі, значення яких є вихідними параметрами для відновлення розподілу коефіцієнтів проходження поздовжньої хвилі через границі між пластами.

Детальність визначеної геогустинної моделі розрізу на порядок перевищує детальність отриманих сейсмозвідувальних даних: на кожен крок годографа вертикального сейсмічного профілювання (рівний, наприклад, 10м) приходиться 50-100 точок вимірювання АК. Оскільки для параметричного забезпечення сейсмозвідки така детальність не є необхідною, скористалися

процедурою фільтрації методом згладжування (осереднення) для виділення тренду кривих густини, визначеної за даними ГТК-Г і АК. Як видно з рис. 1 (остання колонка), тренди осереднених даних густини практично накладаються, а максимальне відносне відхилення тренду кривої густини за даними АК від тренду за даними ГТК-Г складає 3,73%.

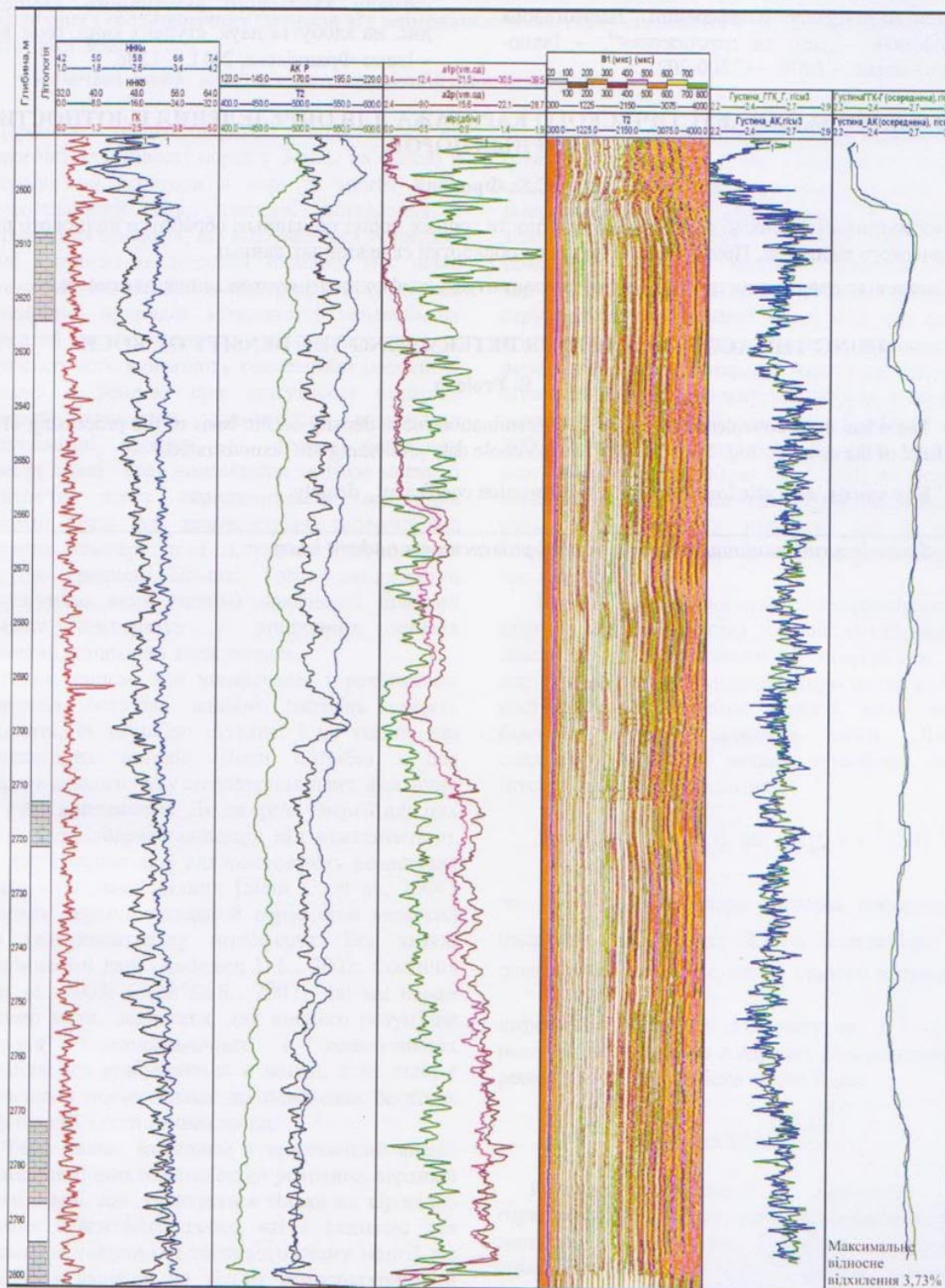


Рис. 1. Зіставлення густини, визначеної за АК і ГТК-Г (Карлавська площа) [Фролова, 2011].

**Література**

- Акустические методы исследования нефтяных и газовых скважин / Е.В. Карус, О.Л. Кузнецов, Б.Н. Ивакин. – М.: ОНТИ ВНИИЯГ, 1972. – 296 с.
- Ивакин Б.Н., Карус Е.В., Кузнецов О.Л. Акустический метод исследования скважин. – М.: Недра, 1978. – 320 с.
- Муц С.Є. Визначення геогустинного розподілу за даними акустичного каротажу // Тези доповідей наук.-практ. Конференції “Нафтогазова геофізика – стан та перспективи”. – Івано-Франківськ. – 2009. – С.200-202.
- Сейморазведка. Справочник геофізика / Под ред. И.И. Гуврича, В.П. Номоконова. – М.: Недра, 1981.
- Гогоненков Г.Н. Изучение детального строения осадочных толщ сейморазведкой. – М.: Недра, 1987, – 221с.
- Фролова С.Є. Методологічні аспекти підвищення ефективності використання інформативного сигналу хвильового акустичного каротажу: дис. на здобуття наук. ступеня канд. геол. наук – Івано-Франківськ, 2011. – 120с.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКОГО КАРОТАЖА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД**

**С.Е. Фролова**

Рассматривается способ определения плотности горных пород по данным обработки волнового поля акустического каротажа. Приводятся результаты обработки скважинных данных.

**Ключевые слова:** акустический каротаж; амплитуда; коэффициент прохождения; плотность.

**USING THE ACOUSTIC LOG FOR DETERMINING THE DENSITY OF ROCK**

**S. Frolova**

There has been considered a method of determination rocks density on the basis of the processing of the wave field of the acoustic log. The results of the borehole data processing are demonstrated.

**Key words:** acoustic log, amplitude, transmission coefficient, density.

---

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*