

## ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ МОДЕЛІ РОЗПОДІЛУ ШВИДКОСТЕЙ СЕЙСМІЧНИХ ХВИЛЬ У ЦЕНТРАЛЬНІЙ ЧАСТИНІ ДНІПРОВСЬКО-ДОНЕЦЬКОЇ ЗАПАДИНИ

Наводиться методика та результати побудови інтегральної швидкісної моделі у центральній частині Дніпровсько-Донецької западини. Запропоновано алгоритм обробки та інтерпретації результатів вертикального сейсмічного профілювання для отримання кривих середніх, інтервальних та пластових швидкостей. На основі цих даних побудовано інтегральну швидкісну модель для найбільш перспективної ділянки Дніпровсько-Донецької западини. Отримані результати можуть бути використані при побудові об'ємних глибинних моделей родовищ вуглеводнів, для уточнення швидкісних залежностей на вже існуючих моделях.

**Ключові слова:** швидкісна модель; Дніпровсько-Донецька западина; глибинна модель; вертикальне сейсмічне профілювання.

### Вступ

Збільшення мінерально-сировинної бази України вже досить давно перетворилось на нагальну потребу вітчизняної економіки і є ключовим завданням геологорозвідувальної галузі. Розвідка нових та детальне довивчення вже існуючих родовищ вуглеводнів може істотно допомогти в досягненні поставлених цілей.

Сейсмозвідка вже давно посіла провідне місце при вивченні родовищ нафти та газу. Обсяг інформації про геологічне середовище, отриманий за допомогою сейсмічного методу неможливо порівняти з жодним іншим геофізичним методом. Але з іншого боку, проблемою залишається точність визначення відбиваючих границь, оскільки вона значною мірою залежить від знання про швидкісні характеристики середовища. Лабораторні дослідження часто залишаються високозатратними як в фінансовому сенсі, так і в часовому. Виходом з цієї ситуації є залучення дешевого, але водночас інформативного методу, який би в стислі строки міг надати інформацію про швидкісні характеристики середовища з точністю, достатньою для проведення геологорозвідувальних робіт.

Найбільш ефективним способом визначення швидкісних характеристик є вертикальне сейсмічне профілювання (ВСП).

Для побудови моделі було проаналізовано результати досліджень ВСП в 313 свердловинах центральної частини ДДЗ – району, де розташовані одні з найбільших родовищ вуглеводнів України, а також району з найбільшими перспективами для пошуків нових родовищ (рис. 1).

### Методика обробки та інтерпретації даних ВСП

Дослідження ВСП проводились в різний час, з залученням різного обладнання, різних методик обробки та інтерпретації. Тому першим кроком побудови моделі був аналіз наявних даних та їх переобробка і переінтерпретація – з метою приведення результатів інтерпретації до єдиного формату.

Задля приведення даних сейсмокаротажу до єдиного рівня були застосовані наступні методичні прийоми:

- на першому етапі вертикальні годографи приводилися до абсолютної відмітки (рівень моря) і здійснювалося редагування явно неточних значень сейсмокаротажу;

- на другому етапі підготовлений годограф перераховувався в годограф з рівним кроком – в разі якщо вхідний годограф мав крок 20 метрів і більше, крок вихідного приймався – 20 метрів, якщо вхідний годограф мав крок 10-15 метрів і більше, крок вихідного приймався – 10 метрів;

- на третьому етапі отримані дані використовувалися у цифровому та графічному вигляді для подальшої обробки.

Середні та інтервальні швидкості за даними ВСП розраховувалися згідно загальноприйнятих формул. Середня швидкість:

$$V_{p\_av} = \frac{H}{T_p},$$

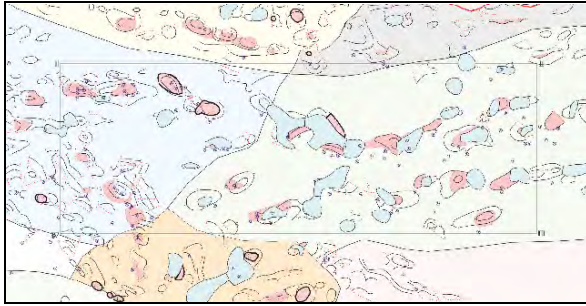
де  $V_{p\_av}$  – середня швидкість для поздовжньої ( $V_p$ ) хвилі,  $H$  – вертикальна глибина від рівня приведення,  $T_p$  – час пробігу по вертикалі поздовжньої хвилі. Інтервальна швидкість:

$$V_{int.} = \frac{\Delta H}{\Delta T_p},$$

де  $V_{int.}$  – інтервальна швидкість для поздовжньої хвилі,  $\Delta H$  – база диференціювання по глибині,  $\Delta T_p$  – час пробігу по вертикалі поздовжньої хвилі.

Розрахунок моделі по пластових швидкостях за традиційними методиками (вибір точок зламу по вертикальному годографу) є найбільш суб'єктивним, оскільки втручання думки виконавця в цей процес є досить суттєвим. Методика, яка використовувалася нами для побудови моделі пластових швидкостей зводить до мінімуму впливу суб'єктивних факторів.

Для побудови пластової швидкісної моделі використовувалися не вертикальні годографи, а інтервальні швидкості, які по алгоритмах, прийнятих в ГДС, розбивалися на пласти (рис. 2, А).

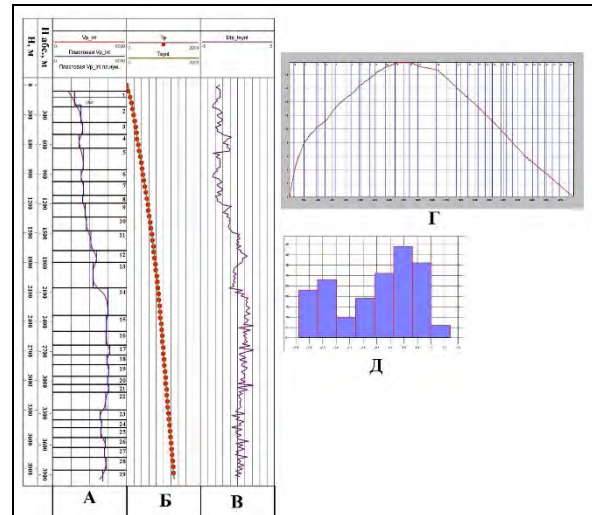


**Рис. 1.** Оглядова карта району робіт

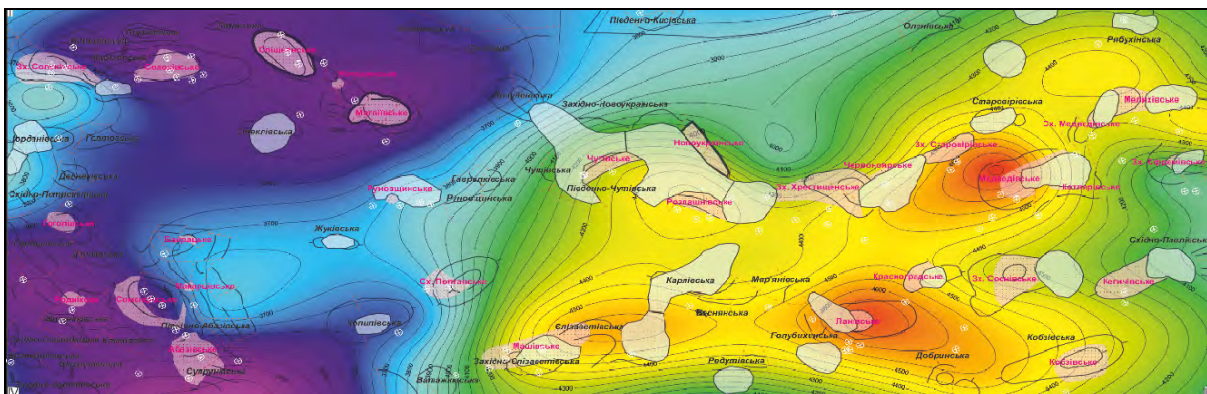
Надалі розраховувалися пластові швидкості за формулою:

$$V_p = \frac{\Delta H}{\Delta T_p},$$

де  $V_p$  – пластові швидкості,  $\Delta H$  – товщина пласта,  $\Delta T_p$  – вертикальний час пробігу хвилі в пласті.



**Рис. 2.** Приклад побудови пластової моделі швидкостей (пояснення у тексті)



**Рис. 3.** Горизонтальний зріз кубу пластових швидкостей на рівні -2000 м (на основі зведеної структурно-тектонічної схеми центральної частини Дніпровсько-Донецької западини)

За даними розрахованих пластових швидкостей вирішувалась пряма задача – отримання вертикального годографа (рис. 2, Б), який порівнювався б з реальним годографом (рис. 2 Б, В). У разі якісного збігу процес закінчувався, в разі неякісного збігу – модель коригувалася за допомогою рішення оберненої задачі методом зредукованого годографа (рис. 2, Г) з повтором контролю як візуального (рис. 2, В) так і статистичного (рис. 2, Д).

**Побудова об’ємної моделі розподілу вертикальних швидкостей**

Побудова швидкісних моделей складалась з 3 етапів: контроль якості вхідних даних, побудова коміркової моделі середовища та власне моделювання швидкостей за допомогою детерміністичних та стохастичних алгоритмів. Моделювання виконувалось в програмному пакеті Petrel компанії Schlumberger.

На першому етапі було створено базу даних проекту з 313 свердловинами, результатами переінтерпретації даних ВСП, що містили інформацію по одинарному часу, пластових, інтервальних та середніх швидкостях, зареєстрованих в сверд-

ловинах. Для більшої достовірності моделі та з метою уникнення “крайових” ефектів при моделюванні (усередненні значень на границях моделі), було залучено значну кількість свердловин, що знаходяться за межами району робіт, що дозволило уточнити властивості середовища.

Наступним кроком побудови моделі було створення коміркової моделі середовища. Розміри комірки були обрані 50x50 м по горизонталі (виходячи з емпіричних рекомендацій [Дюбрул, 2002]). Істотним фактором при виборі розмірів комірки була необхідність уникнути потрапляння двох свердловин в одну комірку, що може спричинити неточності при подальшому моделюванні. Вертикальний масштаб комірки становить 20 м, що відповідає роздільній здатності ВСП.

Таким чином, загальний розмір моделі становить 32 853 600 комірок, з них на район досліджень, обумовлений геологічним завданням, приходить 12 707 800 комірок.

Після створення моделі комірок, в районі свердловин було проведено усереднення значень інтервальних, пластових, середніх швидкостей та одинарного часу на комірки моделі (“апскейлінг”).

Останній крок – аналіз можливих алгоритмів інтерполяції для найбільш точного розповсюдження значень швидкостей в комірках моделі (рис. 3).

#### **Висновки**

В роботі наведено методику обробки та інтерпретації даних ВСП з метою визначення ключових швидкісних характеристик середовища – середніх, інтервальних та пластових швидкостей. Побудовано модель розповсюдження швидкостей для центральної частини Дніпровсько-Донецької западини, що дозволяє оцінити основні швидкісні характеристики середовища з урахуванням свердловинних даних. Основною перевагою даної моделі є простота визначення та можливість калібрування основних швидкісних залежностей для об'ємних моделей як вже існуючих родовищ, так і таких, що знаходяться на стадії геологічної розвідки.

### **ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТЕЙ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ДНЕПРОВСКО-ДОНЕЦКОЙ ВПАДИНЫ**

**Е.В. Устенко, В.Д. Петруняк**

Приводится методика и результаты построения интегральной модели распространения скоростей сейсмических волн в центральной части Днепровско-Донецкой впадины. Предложено алгоритм обработки и интерпретации результатов вертикального сейсмического профилирования для построения кривых средних, вертикальных и пластовых скоростей. На основе этих данных построено интегральную модель распространения скоростей для наиболее перспективной части Днепровско-Донецкой впадины. Полученные результаты могут быть использованы при построении объемных глубинных моделей месторождений нефти и газа, для уточнения скоростных зависимостей в уже существующих моделях.

**Ключевые слова:** скоростная модель; Днепровско-Донецкая впадина; глубинная модель; вертикальное сейсмическое профилирование.

### **SOME ASPECTS OF MODELING THE VELOCITY DISTRIBUTION OF SEISMIC WAVES IN THE CENTRAL PART OF DNIEPER-DONETS BASIN**

**I.V. Ustenko, V.D. Petruniak**

In the paper, a method and results of integral modelling of velocity distribution of seismic waves are presented. A method for processing and interpretation of vertical seismic profiling data to estimate average, vertical and layer velocities is suggested. Based on these data, an integral model of velocity distribution for a most promising part of Dnieper-Donets basin was built. Results of the work can be used to build 3D depth models of oil and gas deposits, to refine time-depth relationships in the existing models.

**Key words:** velocity model; Dnieper-Donets Basin; depth model; vertical seismic profiling.

#### **Література**

- Гальперин Е.И. Вертикальное сейсмическое профилирование. Опыт и результаты // Наука. – Москва, 1994. – 324 с.
- Дюбрул О. Использование геостатики для включения в геологическую модель сейсмических данных // EAGE, 2002. – 297 с.
- Шевченко А.А. Скважинная сейсмозапись // РГУ нефти и газа. – Москва, 2002. – 129 с.
- Iske A., Randen T. Mathematical methods and modeling in hydrocarbon exploration and production // Springer. – Berlin, 2005. – 451 p.
- Pereira A. Fundamentals of borehole seismic technology / Alejandro Pereira, Michael Jones // Schlumberger Oilfield Marketing Communications, 2010. – 255 p.
- Ustenko I. Integral Model of Vertical Velocities Distribution in the Central Part of Dnieper-Donets Basin / I. Ustenko, I. Zvir, G. Lisnyi, V. Petruniak // 75th EAGE Conference & Exhibition. – London, UK, 2013. – We SP4 09.