

НОВІ НАПРЯМИ ЗАСТОСУВАННЯ ДАНИХ АКУСТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ В СВЕРДЛОВИНАХ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ НЕОДНОРІДНОЇ СЕЙСМОШВИДКІСНОЇ МОДЕЛІ СЕРЕДОВИЩА ТА СЕЙСМОСТРАТИГРАФІЧНОГО РОЗЧЛЕНУВАННЯ РОЗРІЗУ СОЛОТВИНСЬКОЇ ПЛОЩІ

© О.П. Петровський, Т.О. Федченко, 2006

Науково-технічна фірма «БІПЕКС лтд», Івано-Франківськ, Україна

Lack of reliable information concerning the character of formation velocity distribution causes a decrease of using the seismic data effectiveness for depth texture analysis, especially in the regions with complex geological-geophysical conditions. The use of the acoustic well logging in complex with seismic data is proposed with the purpose to reconstruct vertically non-homogeneous cross-section in seismic velocities. Basing on the integral transformation of acoustic logging data the velocity section character variations were identified in the exploration drill holes of the Solotvino field. The adequacy of the obtained seismic-velocity model was confirmed by the results of solving the seismic direct dynamical problem. Complex use of those results jointly with well logging data enabled creation of seismostratigraphic section of the Solotvino field.

Солотвинська площа розташована в зоні розвитку солянокупольних структур Солотвинської западини Закарпатського внутрішнього прогину. Площа, як і западина в цілому, має складну геологічну будову, яка незважаючи на довгий термін досліджень, ще недостатньо вивчена. У геологічній будові площі беруть участь породи складчастого палеогену марамурського типу, базальні терешульські конгломерати неогену, туфи новоселицької світи, а також теригенні відклади бадену. В межах западини виділяються два крупних структурних поверхи: неогеновий чохол (власне прогин) та донеогеновий фундамент — мезозойські та палеогенові відклади. В межах неогенового структурного поверху, в свою чергу, виділяються над- і підсольовий підповерхи. Надсольовий підповерх в більшості випадків пов'язаний з проявами соляної тектоніки. Відомості про будову донеогенового фундаменту досить скупі. Характерною є блокова будова фундаменту та розвиток в ньому крупних насувів. Водночас серед порід, що виповнюють донеогеновий структурний поверх, не відстежуються впевнені геологічні маркуючі горизонти та геофізичні репери. Крім загального неузгодження структурних планів фундаменту і чохла, всередині верхнього поверху спостерігається неузгодження структурних планів в окремих товщах, зумовлених соляною тектонікою, а також фазами осадконакопичення.

В межах площі розробляється Солотвинське газове родовище. Поклад газу міститься в по-

кривельній частині туфогенної новоселицької світи, яка перекривається глинистими і солоносними породами терелянської світи. Крім цього на площі перспективними є відклади палеогену, де за результатами пошукового буріння (св.22-Солотвинська) відкрите нове газове родовище. Очевидно, що для успішного проведення подальшого пошуково-розвідувального буріння важливим є виконання достовірних структурних будов. Проте в умовах наявності геологічного розрізу, ускладненого соляним діапїризмом, тонкошаруватістю й неоднорідністю геологічного середовища виникають певні складнощі з інтерпретацією сейсмічних матеріалів, а саме з сейсмостратиграфічним розчленуванням розрізу, ототожненням осей синфазності та визначенням глибин залягаючих пластів. Традиційно ці проблеми вирішуються за допомогою ВСП. Однак на даній площі роботи ВСП були виконані лише у верхній частині св.22-Солотвино (до глибини 1357 м), тоді як нижня частина, включаючи і потенційно перспективні горизонти, не була висвітлена дослідженнями. Крім того слід зазначити, що ВСП (як і СК) дозволяє впевнено виділяти пласти, потужність яких не менша 50 м. В той час як на даній площі ми маємо справу з тонкошаруватим розрізом, в умовах якого наявні пласти з потужністю $h \leq 10$ м, що характеризуються різкою швидкісною диференціацією порівняно з вм'яшаними породами, що сильно впливає на характер динаміки хвильового поля.

Таким чином, в межах Солотвинської площі актуальною є проблема відновлення сейсмошвидкісного розрізу за відсутності даних ВСП. В даному випадку єдиним джерелом інформації про швидкісні характеристики середовища є дані акустичного каротажу, використання яких доцільне не тільки з огляду на можливість проведення цих робіт в усіх свердловинах, включаючи експлуатаційні, але і з огляду на відповідні переваги застосування методу в умовах тонкошаруватого розрізу.

Способи використання даних АК для опису швидкісного розрізу в масштабі сейсмічного запису наведені в багатьох роботах, наприклад в [1]. В більшості випадків для динамічного моделювання використовують кусочно-постійну апроксимацію функції, одержану за результатами АК, виходячи з товстошаруватої попластової розбивки розрізу за комплексом ГДС. Даний підхід ніяк не враховує

хвильову природу сейсмічної інформації та наявність ефекту інтерференції багатократних хвиль в умовах тонкошаруватого розрізу. Тому для проведення динамічного моделювання за даними АК свердловин Солотвинської площі було використано інший підхід, який базується на неперервній апроксимації геошвидкісного розрізу [2] та дозволяє врахувати тонкошарувату структуру будови геологічного розрізу і коректно узгодити результати акустичного каротажу і сейсмічних досліджень.

Даний підхід зокрема було реалізовано в межах автоматизованої системи кількісної комплексної інтерпретації геолого-геофізичних даних GCIS [3] (рис. 1).

Для апроксимації функції швидкості дані АК по св.21 і св.22-Солотвино були перетворені у швидкісні криві відповідно до співвідношення:

$$n_c^{AK}(z) = \frac{\int_{z-l/2}^{z+l/2} n_{AK}(x) dx}{\frac{\lambda}{2}}, \quad (1)$$

де $n_{AK}(z) = \frac{1}{V_{AK}(z)}$ – функція повільності за даними АК; $V_{AK}(z) : z \in [0, z_{max}]$ – швидкість поширення пружних хвиль; z – глибина; l – інтервал інтегрування.

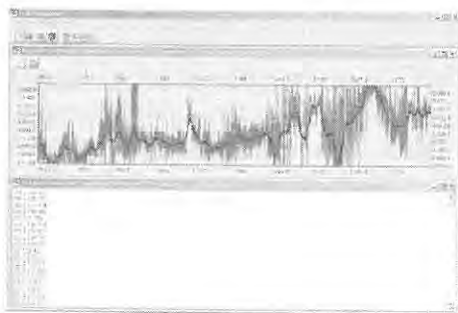
У наведеному перетворенні інтервал інтегрування є основним параметром оптимізації. В даному випадку в якості оптимального було обрано інтервал, рівний 60 м, що відповідає половині довжини хвилі, визначеної за сигнальними трасами часових розрізів, що проходять в безпосередній близькості до свердловин (рис. 2).

Зіставлення даних швидкості пружних хвиль за результатами ВСП та V_{AK} свідчить про їх принципову відповідність як за величиною, так і за фазовою поведінкою (рис. 3, див. кольорову вклейку).

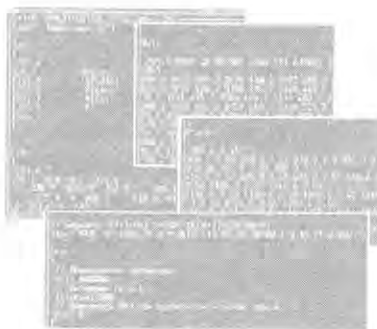
З метою використання результатів відновлення швидкості за даними АК для сеймостратиграфічного розчленування геологічного розрізу для кожної кривої швидкості розв'язувалась пряма динамічна задача сейморозвідки для шаруватої мо-



а



б



в

Рис. 1. Видяг вікон програм перетворення даних АК у сейсмошвидкісну криву та динамічного моделювання: а – вхідні дані та вікно задання параметрів перетворення; б – результат перетворення у текстовому та графічному представленнях; в – вигляд вхідного файла для розрахунку імпульсних трас за схемою Баранова-Клюєнца



Рис. 2. Фрагмент сейсмічного запису часового розрізу

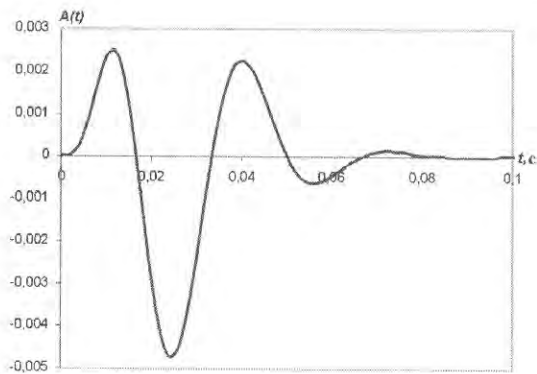


Рис. 4. Графічне зображення форми аналітичного сигналу джерела сейсмічних коливань

делі середовища за алгоритмом Баранова-Кюнеца [4]. При цьому для врахування даних про характер поведінки густини порід розріз було апроксимовано серією плоско-паралельних пластів з постійною густиною, де густинні характеристики порід задавались, виходячи з їх літологічного складу за даними ГДС. В інтервалах між виділеними пластами були прийняті відомі характеристики аргілітів.

Для приведення отриманих імпульсних трас до сигнального вигляду застосовувалась лінійна модель у вигляді згортки з сигналом джерела сейсмічних коливань [1,4]. Виходячи із загальних уявлень про форму сигналу джерела [5], в якості

аналітичного сигналу використовувалась функція, яка описується співвідношенням:

$$A(t) = A_0 t^N e^{(-\alpha t)} \sin(2\pi \omega_0 t),$$

де ω_0 – частота коливань джерела; α – параметр затухання; A_0 – амплітуда сигналу; N – ступінь степеневої функції. Враховуючи специфіку хвильового поля, яке спостерігається на часових розрізах (див. рис. 2), що проходять безпосередньо біля гирла свердловин, були вибрані наступні параметри сигналу: $A_0 = 10\,000$, $N = 3$, $\alpha = 140$, $\omega_0 = 30$ Гц (рис. 4).

Якість отриманих синтетичних трас (рис. 5) оцінювалась шляхом їх зіставлення з фрагментами часових розрізів: по профілю 1нп15982, який проходить безпосередньо через свердловину 21 (рис. 6, а), та по профілю 5нп25982, один з кінців якого знаходиться на відстані 500 м від св.22 (рис. 6, б).

І в першому, і в другому випадках можемо констатувати наявність досить чіткої кореляції синтетичних та сейсмічних сигнальних трас. Зокрема це добре видно на прикладі св. 21. При аналізі результатів моделювання по св. 22-Солотвинська та зіставленні сигнальних трас з часовим розрізом необхідно враховувати, що вона розташована на відстані 500 м від сейсмічного профілю в бік підняття геологічних границь. Кореляція окремих

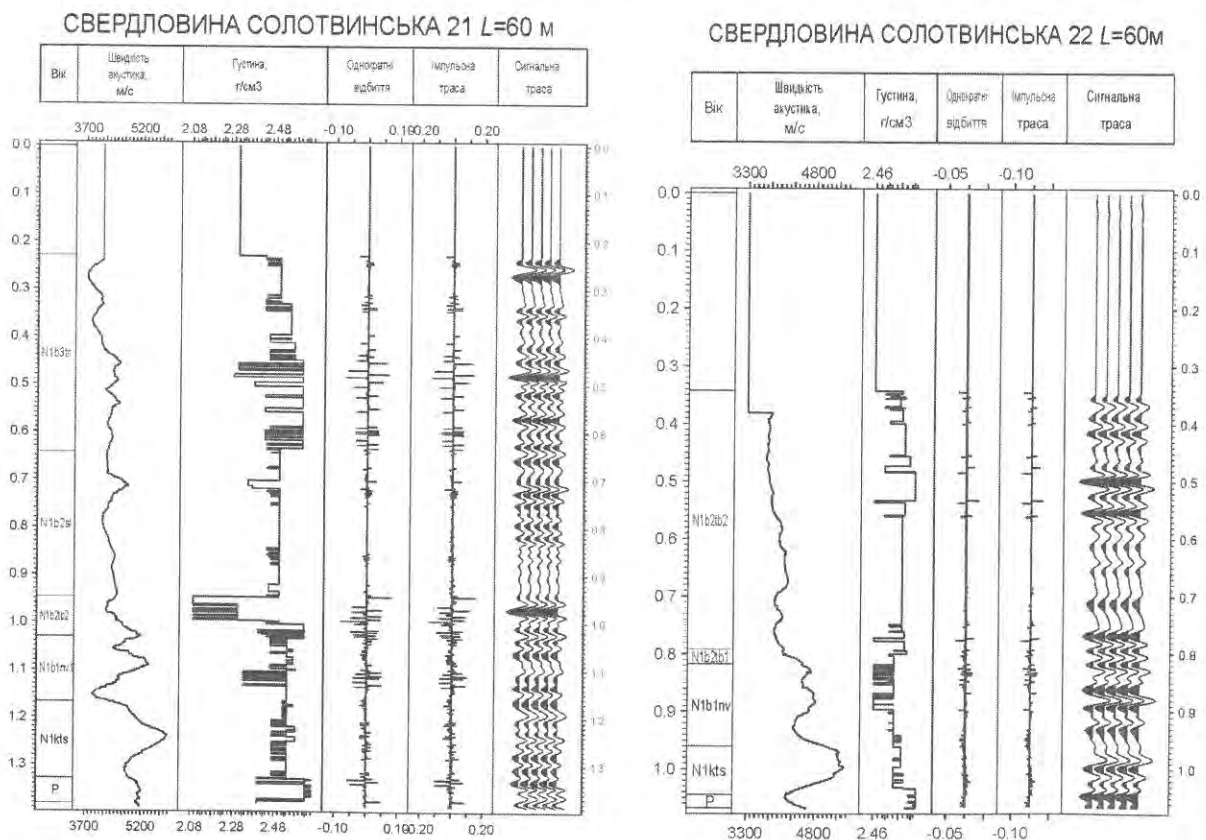


Рис. 5. Результати моделювання динаміки пружних хвиль по св. 21 та св.22-Солотвинська

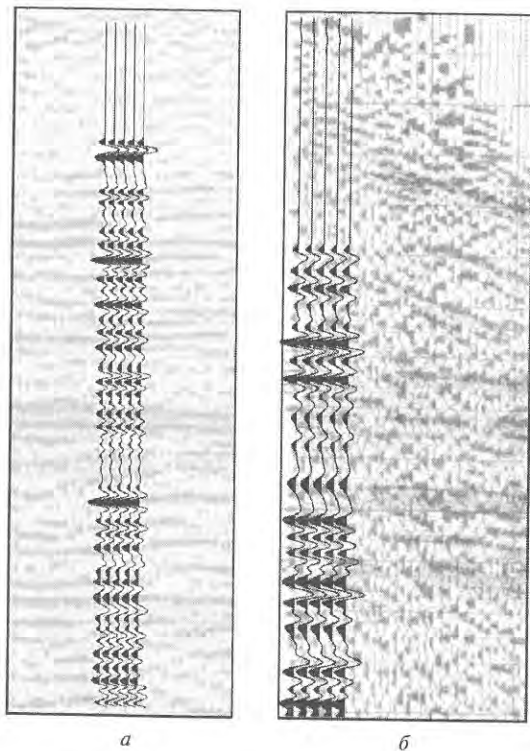


Рис. 6. Зіставлення синтетичних сейсмічних трас з фрагментами часових розрізів: а – по св.21-Солотвинська; б – по св. 22-Солотвинська

фаз виконана з поправкою на наявність падіння порід. В зв'язку з цим коректність проведеного динамічного моделювання по св.22-Солотвинська підтверджується результатами зіставлення синтетичних трас з даними ВСП в інтервалі їх перекриття (рис. 7).

Отримані результати динамічного моделювання по відновленню сейсмошвидкісного розрізу за даними АК дозволили виконати літолого-стратиграфічне розчленування геологічного розрізу Солотвинської площі та ув'язати виділені комплекси порід з окремими фазами або групами фаз, зареєстрованими на часових розрізах t_0 (рис. 8).

Таким чином, використаний спосіб неперервної апроксимації геошвидкісного розрізу в масштабі сейсмічного запису дозволив одержати адекватні за фазовою структурою синтетичні сейсмічні траси вздовж всього стовбура свердловин (включаючи перспективні інтервали в св.22-Солотвино, не досліджені ВСП) та провести сеймостратиграфічне розчленування розрізу на окремі пласти, що стало основою коректної кореляції часових розрізів та подальшої побудови просторової інтегральної геолого-геофізичної моделі Солотвинської площі.

Автори статті висловлюють подяку головному геологу ЗУГРЕ П.М. Бодлаку за люб'язно надані сейсмічні матеріали та дані ВСП, головному геологу ПЕГДС О.В. Булмасову та головному геологу КВГР С.Ф. Кучеру – за надані матеріали геофізичних досліджень в свердловинах 21 та 22-Солотвино.

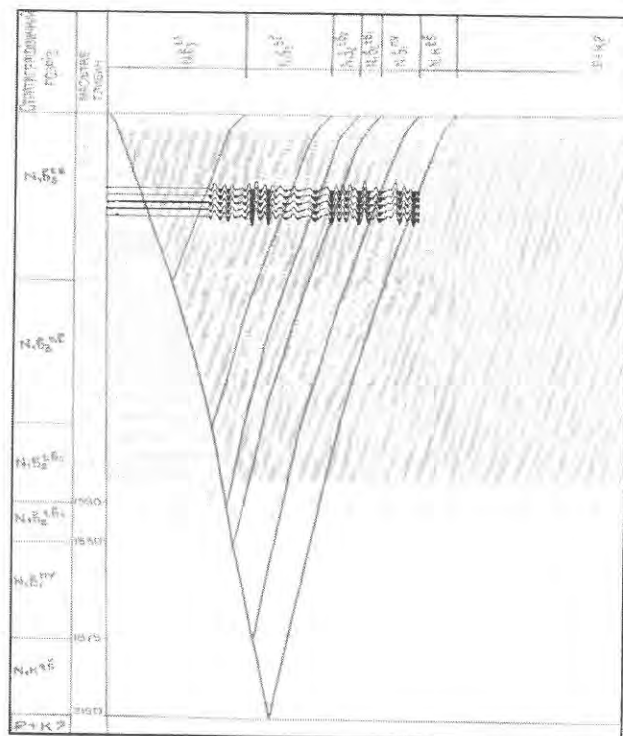


Рис. 7. Зіставлення сигнальних трас по св.22-Солотвинська з даними ВСП

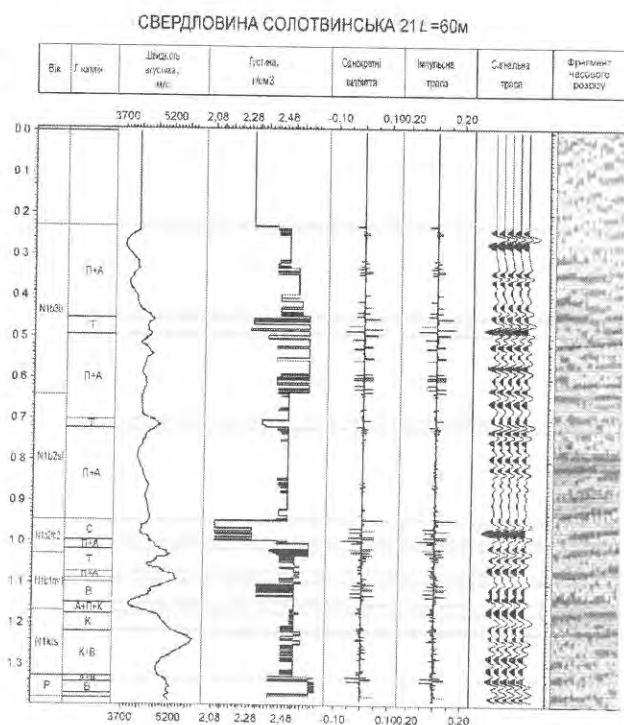


Рис. 8. Отождествлення осей синфазності з відбиваючими горизонтами по св. 21-Солотвинська: П – пісковики; А – алеволіти; Т – туфи, туфопісковики, туфоалеволіти; С – соленосна порода; В – вапняки та інші карбонатні різновиди; К – конгломерати

1. *Ивакин Б.Н., Карус Е.В., Кузнецов О.Л.* Акустический метод исследования скважин. — М.: Недра, 1978. — 320 с.
2. *Петровский А.П.* Об одном подходе к использованию данных акустического каротажа при восстановлении детального скоростного разреза и динамическом моделировании в сейсморазведке // Геофиз. журн. — 2003. — 25, №5. — С. 103–111.
3. *Петровский А.П., Кобрунов А.И., Суятинов В.Н.* Автоматизированная система GSIC-количественной комплексной интерпретации данных сейсмогравиметрии для персональных компьютеров // Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей: Материалы 27-й сессии Междунар. семинара им. Д.Г. Успенского. Москва, 31 января — 4 февраля 2000 г. / Под ред. акад. В.Н. Страхова. — М.: ОИФЗ РАН. — 2000. — С. 133–135.
4. *Аки К., Ричардс П.* Количественная сейсмология. Теория и методы: Пер. с англ. — М.: Мир, 1993. — Т.1,2. — 880 с.
5. *Гальперин Е.И.* Вертикальное сейсмическое профилирование. 2-е изд., доп. и перераб. — М.: Недра, 1982. — 344 с.

Надійшла до редакції 28.02.2006 р.