

Zastosowanie kompleksowego profilowania akustycznego (KPA) do określania parametrów sprężystych skał na przykładzie otworów z synklinorium lubelskiego

Tomasz Mądry*

Celem posteru jest przedstawienie niektórych możliwości kompleksowego profilowania akustycznego oraz kierunków jego zastosowania w poszukiwaniach węglowodorów.

Kompleksowe profilowanie akustyczne (KPA) umożliwia rejestrację fal: podłużnych, poprzecznych, pseudo-Rayleigha, Stoneley'a. Sonda Full Wave Sonic (FWS) będąca na wyposażeniu grup pomiarowych Geofizyki Toruń jest jedyną tego typu sondą w Polsce (stan na dn. 22.05.2003).

Kompleksowe profilowanie akustyczne (KPA) stosowane jest w celu:

*Ośrodek Interpretacji Geofizyki Wiertniczej
Geofizyka Toruń Sp. z o.o., ul. Chrobrego 50,
87-100 Toruń; Tomasz.Madry@GTservices.pl

a) rozeznania budowy geologicznej przewiercanego otworu polegające na:

— rejestracji fal podłużnych (P), poprzecznych (S) i wyznaczeniu ich prędkości,

— określanie litologii na podstawie stosunku prędkości V_P/V_S ,

— generacji sejsmogramów syntetycznych fal podłużnych i poprzecznych,

— korelacja profilu otworowego z profilem sejsmicznym,

b) złożowym w przedziałach niezarurowanych umożliwiając:

— obliczanie porowatości akustycznych: podłużnej i poprzecznej,

— identyfikację litologii na podstawie stosunku prędkości V_P/V_S ,

— lokalizowanie poziomów gazowych nawet w otworach o złym stanie technicznym,

— obserwację zmian przepuszczalności wraz z głębokością na podstawie prędkości i tłumienia fali Stoneley'a (St),

— wykrywanie stref szczelinowatych,

— określanie parametrów sprężystych (np. współczynnik Poissona, moduł Younga),

— obliczanie wytrzymałości skał i naprężeń,

— przewidywanie pionowego biegu szczelin hydraulicznie indukowanych,

c) złożowym w przedziałach zarurowanych pozwalające na wykonywanie tzw. monitoringu otworów eksploatacyjnych (problem niezwykle ważny, choć w Polsce niestosowany).

Dzięki szerokim możliwościom technicznym profilowanie to stało się jedną z najważniejszych metod służących do określania własności sprężystych skał w otworach wiertniczych. Umożliwiają to m.in. następujące czynniki:

a) częstotliwość źródła sondy jest wystarczająco wysoka, aby umożliwić uzyskanie przestrzennego rozkładu fal akustycznych w skali jednej szczeliny,

b) częstotliwość źródła sondy jest wystarczająco niska, aby zasięg poziomy sondy był większy niż strefa zniszczenia pod wpływem wiercenia (np. częstotliwości źródła z przedziału od 10 do 20 kHz odpowiadają długości fali od 10 do 50 cm dla prędkości fali z przedziału 3,0–6,0 km/s).

c) przedział rejestrowanych częstotliwości sygnału jest wystarczająco szeroki aby zarejestrować i wykorzystać odpowiednie komponenty fali akustycznej (Paillet & Cheng, 1991).

Wiele interesujących wniosków na temat własności zbiornikowych (szczelinowatość i przepuszczalność) skał można wyciągnąć z badań nad charakterystyką fali Stoneley'a (Mądry, 2002).

Parametry sprężyste mogą być otrzymywane z dwóch źródeł:

a) pomiarów laboratoryjnych, które pozwalają na kierunkowe pomiary parametrów wytrzymałości i statycznych zachowań elastycznych badanych rdzeni z danej głębokości — metoda kosztowna i czasochłonna,

b) profilowań geofizycznych (KPA), które pozwalają na określenie dynamicznych stałych sprężystych na podstawie ciągłych pomiarów prędkości fal podłużnych, poprzecznych oraz profilowania gęstości — metoda szybsza i tańsza.

Jednakże dość często skały zbiornikowe są warstwiane, zeszcelinowane, zuskokowane. Wskutek tego właściwości mechaniczne otrzymane z laboratoryjnych testów na rdzeniach mogą być diametralnie różne od tych istniejących *in situ* w otworze. Zmiany zachodzące w rdzeniach w czasie i po wierceniu mogą znacznym stopniu wpływać na wyniki. Przewidywanie mechanicznych zachowań skał zbiornikowych jest ważne dla konstruowania programów opróbowania otworu lub prac stymulacyjnych. Kompakcja poziomu zbiornikowego, która może prowadzić do powierzchniowej subsydencji, jest krytycznym czynnikiem w stosunku do zaprojektowanych głębokości zarurowania i do wszystkich charakterystyk zbiornikowych. Produkcja ropy naftowej, gazu ziemnego i/lub wody złożowej z podziemnych formacji wynika z lokalnych zmian pola naprężenia i odkształceń w formacji zależnych np. od spadku ciśnienia porowego. W celu przewidywania zachowania kompaktacji lub ściśliwości w poziomach zbiornikowych znajomość spadku ciśnienia porowego jest konieczna do poznania charakterystyk ściśliwości skał zbiornikowych (Kiełt, 2002).

Wnioski

□ W celu uzyskania dokładniejszej mapy wartości prędkości fali P i S mogącej być przydatnej w planowaniu wierceń kolejnych otworów, pomocne w procesingu pionowego profilowania sejsmicznego i interpretacji danych sejsmiki powierzchniowej, potrzebna jest większa liczba otworów z zarejestrowanym kompleksowym profilowaniem akustycznym.

□ Użyteczność danych uzyskanych z KPA w pracach projektujących zabiegi przygotowujące eksploatację (np. współk. Poissona przy wyznaczaniu ciśnień szczelinowania),

□ Koszty akwizycji danych i interpretacji KPA są znacznie mniejsze niż pobieranie, magazynowanie i badanie rdzeni w laboratorium.

□ Czas potrzebny na wykonanie interpretacji KPA jest nieporównywalnie krótszy niż okres potrzebny na opracowanie wyników badań na rdzeniach.

□ Obecnie polscy geofizycy nie wykorzystują jeszcze pola fal poprzecznych w pracach interpretacyjnych (prace wdrożeniowe dopiero są w początkowym etapie), jednak ta sytuacja może ulec zmianie w ciągu najbliższych kilku lat. Wtedy nie będzie otworów reperowych z zarejestrowanym kompleksowym profilowaniem akustycznym. Aby tego uniknąć w przyszłości, KPA powinno być projektowane w dużych interwałach (rzędu 1500–2000 m) przynajmniej w jednym otworze na strukturze lub złożu.

Literatura

- PAILLET F.L. & CHENG C.H. 1991 — Acoustic waves in boreholes. CRC Press, Boston.
MĄDRY T. 2002 — Wybrane przykłady interwałowej interpretacji kompleksowego profilowania akustycznego. [In:] Zastosowanie geofizyki wiertniczej w górnictwie naftowym, sejsmice i geologii, M. Kiełta (ed.). Wyd. Geofizyka Toruń Sp. z o.o., Toruń.
KIEŁT M. 2002 — Geofizyka wiertnicza w poszukiwaniu węglowod. t. II. Wyd. Adam Marszałek, Toruń.