

## PROJEKTOWANIE METODYKI PRAC SEJSMICZNYCH W LUBELSKIM ZAGŁĘBIU WĘGLOWYM NA PODSTAWIE MODELOWANIA TEORETYCZNEGO POŁA FALOWEGO

UKD 550.834.015.041.013.4:534.614/.615/.001.13:551.735.2:553.94.042(438 – 11LZW)

Pełne rozpoznanie budowy geologicznej i warunków surowcowych Lubelszczyzny jest niezbędne dla właściwej dokumentacji zasobów karbonu produktywnego, lokalizacji przyszłych zakładów wydobywczych i przerobczych oraz projektowania i prowadzenia górniczych prac udostępniających. Wśród badań geofizycznych, które obok badań geologicznych są podstawą rozpoznania warunków zalegania złoża i jego wewnętrznej budowy zasadniczą rolę odgrywają badania sejsmiczne. Zastosowanie na obszarze LZW różnych wariantów metody sejsmicznej miało na celu:

- kartowanie układu strukturalnego karbonu produktywnego (miąższość nadkładu i karbonu oraz jego zasięg, główne elementy strukturalne),
- rozpoznanie budowy warstw węglonośnych (ciągłość warstw, zmienność miąższości itp.).

Rozwiązanie wymienionych zadań geologicznych wymaga doboru optymalnych metod badawczych zarówno w pracach terenowych, przetwarzania materiałów, jak i interpretacyjnych.

Podstawowym celem przy realizacji pierwszego zadania jest uzyskanie ciągłości korelacyjnej granic sejsmicznych wiązanych z określonymi strukturami (sejsmika strukturalna), a przy drugim uwypuklenie zmienności granic sejsmicznych wiązanych z pokładami węgla (sejsmika węglowa).

W niniejszym artykule przedstawiono możliwości wykorzystania modelowania teoretycznego obrazu falowego do doboru niektórych parametrów metodyki badań sejsmicznych, szczególnie istotnych dla cienkowarstwowego ośrodka geologicznego

### MODELOWANIE TEORETYCZNEGO POŁA FALOWEGO

#### Obliczanie sejsmogramów syntetycznych

Obszar Lubelszczyzny charakteryzuje się skomplikowanymi warunkami sejsmogeologicznymi. Związane jest

to przede wszystkim z występowaniem w obrębie karbonu dużej ilości cienkich warstw o kontrastowych prędkościach i gęstościach.

Zgodnie z teorią rozprzestrzeniania się fal w ośrodkach cienkowarstwowych (1, 2, 8) zarówno współczynniki odbicia, jak i współczynniki przechodzenia są funkcjami częstotliwości dominujących fal sprężystych. Wychodząc z ogólnych zależności dla ruchu falowego współczynniki odbicia  $k$  oraz współczynniki przechodzenia  $d$  można przedstawić w formie rekurencyjnej:

$$k_z = \frac{Z_w^{(n)} - Z_{n+1}}{Z_w^{(n)} + Z_{n+1}}$$

$$d_z = \prod_{n=1}^p \frac{Z_{n+1} + Z_w^{(n)}}{Z_n + Z_w^{(n)}} e^{-i\beta_n}$$

gdzie:

$$Z_w^{(n)} = \frac{Z_w^{(n-1)} - iZ_n \operatorname{tg} \beta_n}{Z_{n-1} - iZ_w^{(n-1)} \operatorname{tg} \beta_n} Z_n$$

$$Z_n = \rho_n V_n$$

$$\beta_n = 2\pi f \frac{h_n}{V_n}$$

$V_n, \rho_n, h_n$  – parametry  $n$ -tej warstwy (prędkość propagacji, gęstość, miąższość),

$Z_n$  – twardość akustyczna  $n$ -tej warstwy,

$f$  – częstotliwość.

Zakładając jako kryterium warstwy cienkiej fakt występowania interferencji sygnałów odbitych od części stropowej i spągowej można przyjąć różne wielkości  $\frac{h}{\lambda} = \frac{hf}{V}$  jako charakterystyczne dla cienkiej warstwy ( $\lambda$  – długość fali). Generalnie stosunek ten zawiera się w przedziale od 2 do 0.15. Z powyższego wynika jednoznacznie, że dla danej charakterystyki litologicznej (określonej przez rozkład prędkości sejsmicznych) możliwość uzyskania odbić od cienkich warstw uwarunkowana będzie częstotliwością fali padającej i będzie wzrastała wraz ze wzrostem częstotliwości. W praktyce wzrost ten ograniczony jest możliwościami technicznymi metody, własnościami filtrującymi ośrodka itp.

Zakres częstotliwości wzbudzanych i śledzonych na zapisie fal sejsmicznych jest więc podstawowym parametrem metodycznym, który warunkuje stopień rozdzielczości zapisu sejsmicznego. Zwiększenie rozdzielczości prowadzi w konsekwencji do zwiększenia dokładności odtworzenia szczegółów budowy wewnętrznej złoża. Ma to szczególnie istotne znaczenie przy badaniu złóż węgla kamiennego, gdy podstawowym zadaniem sejsmiki węglowej jest kartowanie pokładów bilansowych, lokalizacja stref nieciągłości itp.

Wpływ częstotliwości na rozdzielczość zapisu sejsmicznego można prześledzić poprzez modelowanie teoretycznego obrazu falowego, np. metodą sejsmogramów syntetycznych. Stosując zmienne częstotliwości dominujące do obliczania sejsmogramów syntetycznych dla konkretnego modelu sejsmogeologicznego można określić zakres częstotliwości niezbędny do rozwiązania postawionego zadania geologicznego.

W poniższym artykule przedstawiono przykład wykorzystania sejsmogramów syntetycznych do doboru zakresu częstotliwości niezbędnego dla śledzenia pokładów węgla na Lubelszczyźnie. Nie omówiono natomiast połowych prac doświadczalnych, wykonywanych między innymi w celu zabezpieczenia właściwego pasma częstotliwości dominujących śledzonych fal sejsmicznych. Zagadnienie to będące zupełnie odrębnym problemem metodycznym zo-

stało już częściowo omówione przez autorów w innych artykułach (5, 6, 7).

Budowa basenów węglowych, w których przekrój geologiczny charakteryzuje się dużymi kontrastami prędkościowymi i gęstościowymi warstw węgla w stosunku do skał płonnych oraz małymi miąższościami warstw w stosunku do dominującej długości fali powoduje, że rejestrowany obraz falowy jest wynikiem interferencji odbić prostych z bardzo intensywnym polem odbić wielokrotnych.

Odpowiedź na pytanie, które granice litologiczne i w jakim stopniu decydują o rejestrowanym obrazie falowym możliwa jest poprzez konstrukcję teoretycznego pola falowego za pomocą sejsmogramów syntetycznych.

Program wykorzystany do obliczania sejsmogramów syntetycznych opracowany został w Międzyresortowym Instytucie Geofizyki AGH (9, 10).

Proces obliczeń wykonywany jest w dwóch etapach:

– Pierwszy etap, to obliczanie charakterystyk spektralnych ośrodka dla fal odbitych i przechodzących. Obliczane są wartości współczynników odbicia, głębokości oraz czasy wystąpienia fali odbitej od  $i$ -tej granicy. Następnie określone są pełne charakterystyki spektralne. Obliczenia te wykonuje się w przedziale częstotliwościowym  $0 - f_N$  Hz, z takim krokiem próbkowania widma  $\Delta f$ , aby spełnione zostały wymagania, co do kroku próbkowania trasy  $\Delta t$  i jej długości oraz zasada nieoznaczoności.

– W drugim etapie oblicza się iloczyn widma zadane go sygnału z wyznaczoną charakterystyką ośrodka. Iloczyn ten, będący odpowiednikiem splotu w domenie czasu, po odwrotnej transformacji Fouriera, daje trasę sejsmogramu syntetycznego, którą normalizuje się względem maksymalnej amplitudy.

Algorytm pozwala na obliczanie odbić wielokrotnych powstających w warstwach, umożliwia uwzględnienie zmian gęstości w budowie ośrodka oraz pochłanianie i dyspersję prędkości. Obliczając charakterystykę spektralną ośrodka, określoną jako wartości zespolone współczynników odbicia w funkcji częstotliwości, można uwzględnić jego własności filtracyjne oraz straty energetyczne spowodowane kolejnymi odbiciami rozprzestrzeniającej się fali.

Obliczenia wykonuje się przy następujących założeniach:

1. Ośrodek geologiczny aproksymowany jest systemem warstw płasko-równoległych, jednorodnych, idealnie sprężystych lub charakteryzujących się określonym tłumieniem fal. Każda warstwa określona jest poprzez prędkość rozchodzenia się fali sprężystej, miąższość, gęstość i parametry tłumienia.

2. Płaska fala sprężysta pada prostopadle do uwarstwienia.

3. Wewnątrz każdej warstwy następują odbicia wielokrotne.

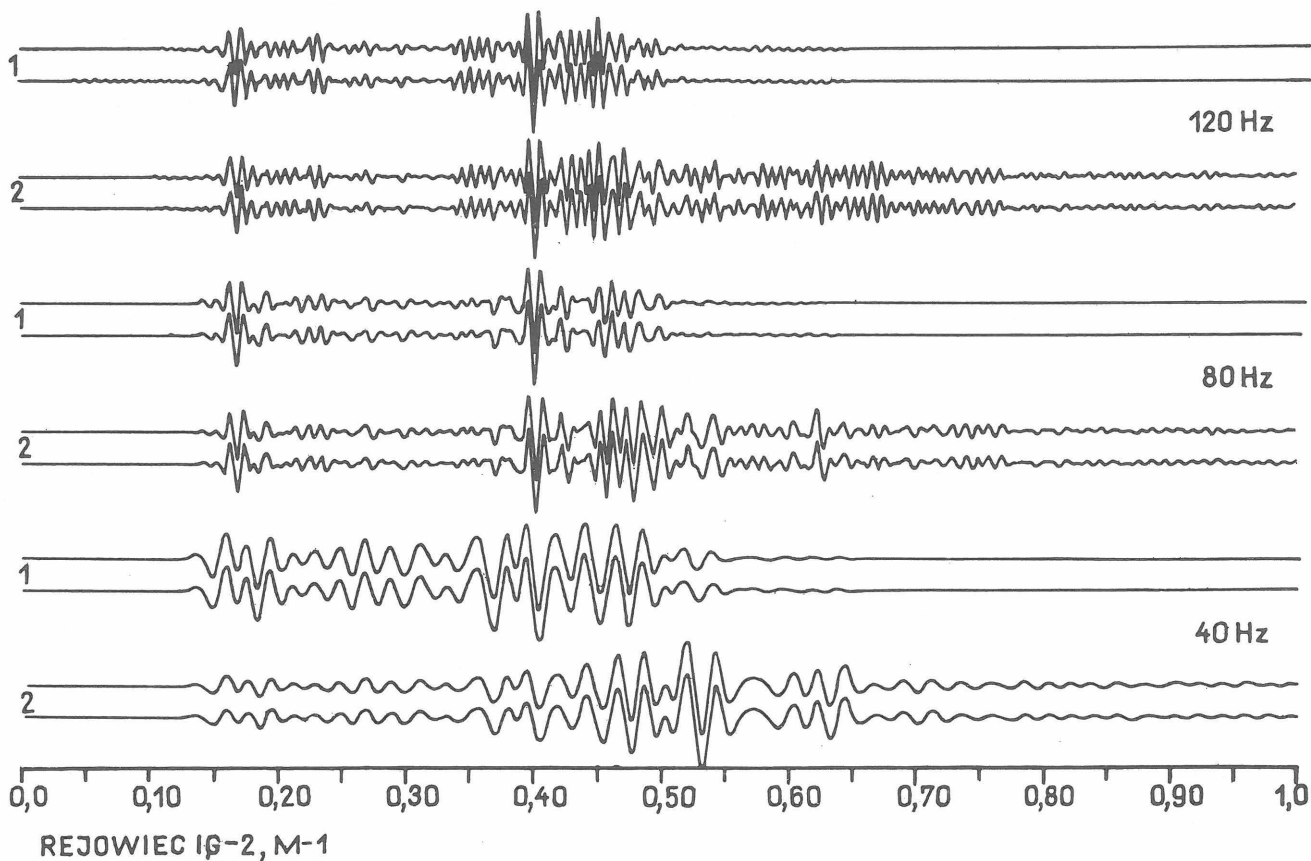
4. Źródło i odbiornik znajdują się w jednym punkcie górnej półprzestrzeni (dla fal odbitych) lub źródło znajduje się w górnej półprzestrzeni, a odbiornik w dolnej (oblicza się wtedy charakterystyki dla fal przechodzących).

Danymi wejściowymi są parametry ośrodka (miąższość, prędkość warstwowa, gęstość) oraz parametry zadania (krok próbkowania,  $N$  – wykładnik potęgowy przy FFT\*).

#### Geologiczna identyfikacja sejsmicznego obrazu złoża

Analizę tworzenia się pola falowego na obszarze Lubelszczyzny wykonano obliczając sejsmogramy syntetyczne dla zróżnicowanych modeli sejsmogeologicznych ośrodka,

\* FFT – Fast Fourier Transform – szybka transformacja Fouriera.



Ryc. 1. Sejsmogramy syntetyczne dla otworu Rejowiec IG-2, model M-1.

1 – pole fal jednokrotnych, 2 – pole całkowite.

przy założeniu różnych częstotliwości dominujących. Modele te opracowano w oparciu o wyniki profilowań akustycznych, pomiary ciężarów objętościowych oraz wyniki badań geologicznych w głębokich odwiertach (12, 13).

W niniejszym artykule przedstawiono przykładowo sejsmogramy syntetyczne dla odwiertu Rejowiec IG-2. Sejsmogramy teoretyczne obliczono dla fal jednokrotnych, fal wielokrotnych oraz dla całkowitego pola falowego. Jako impuls wyjściowy zastosowano impuls Puzyreva

$$f(t) = a_0 \exp(-\beta^2 t^2) \sin(\omega_0 t + \varphi_0)$$

dla  $t$  w przedziale  $(-\frac{T}{2}, \frac{T}{2})$

gdzie:

$$T = \frac{1}{f_0}$$

$$\omega_0 = 2\pi f_0$$

$t$  – czas  
 $a_0$  – maksymalna amplituda sygnału,  
 $f_0$  – częstotliwość dominująca,  
 $\beta$  – parametr tłumienia,  
 $\varphi$  – przesunięcie fazowe.

Przyjęte do modelowania częstotliwości dominujące 120, 80 i 40 Hz odpowiadają kolejno maksymalnej częstotliwości rejestrowanej na obszarze Lubelszczyzny sejsmiki węglowej, częstotliwości średniej rejestrowanej także sejsmiki węglowej oraz częstotliwości rejestrowanej sejsmiki strukturalną.

Model sejsmogeologiczny M-1 dla odwiertu Rejowiec IG-2 skonstruowano w przedziale głębokości 150–1060 m,

Fig. 1. Synthetic seismograms for the borehole column Rejowiec IG-2, model M-1.

1 – field of single waves, 2 – total field.

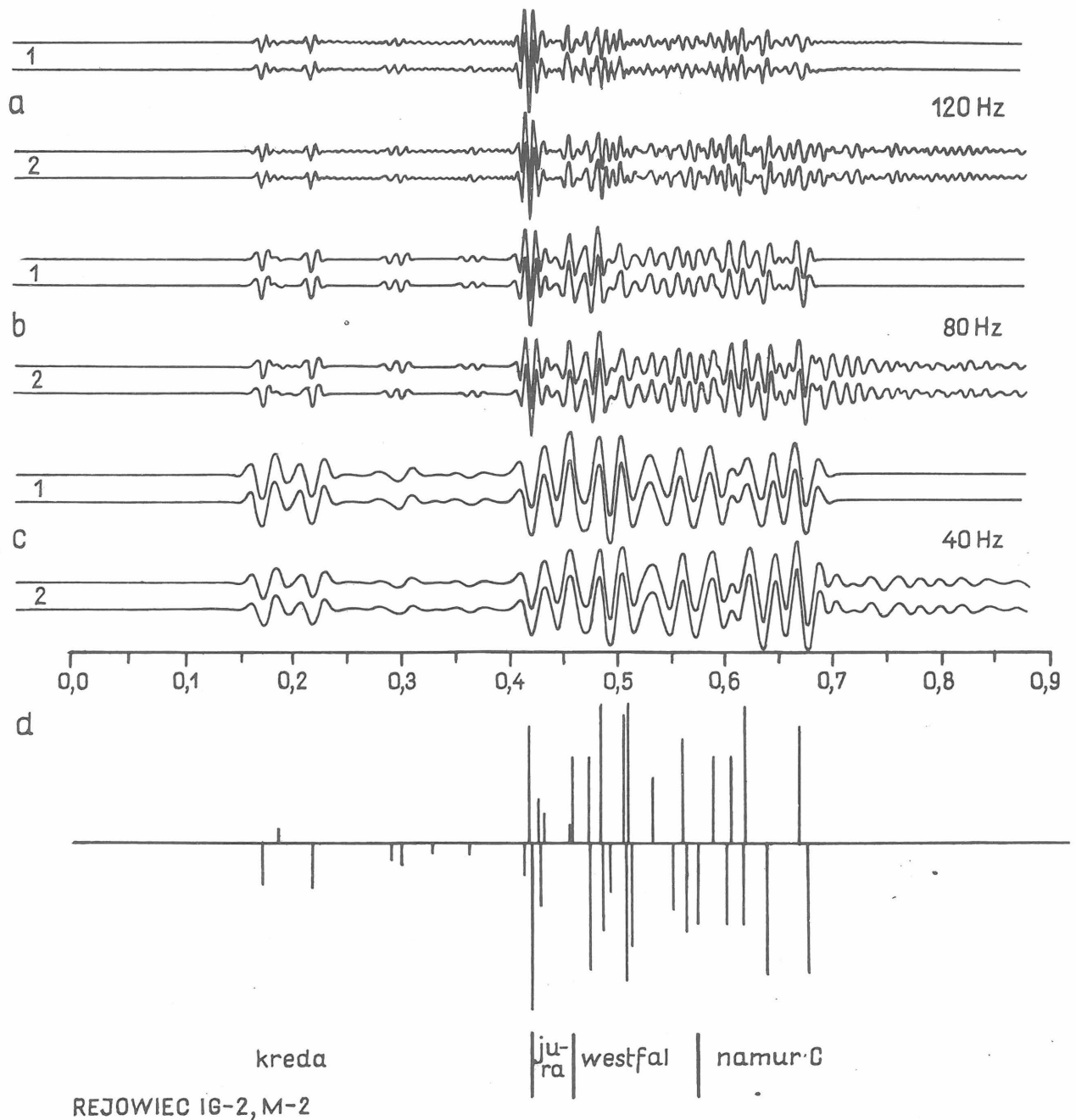
co odpowiada utworom kredy, jury oraz karbonu (westfal i namur C). Model ten obejmuje 222 warstwy, których miąższości zmieniają się od 0,5 do ok. 30 m, a prędkości od 2100 m/s do 5500 m/s. Maksymalne wartości współczynników odbicia występują na kontakcie piasków albu z wapieniami jury ( $k = -0,358$ ) oraz na kontaktach warstw węgla z otoczeniem ( $k = \pm 0,300$ ).

Obliczone dla pełnego, wyżej omówionego modelu M-1 (Rejowiec IG-2) sejsmogramy syntetyczne (dla dominujących częstotliwości 120, 80 i 40 Hz) przedstawiono na ryc. 1 w wersji odbić jednokrotnych (zapisy 1) oraz w wersji całkowitego pola falowego (zapisy 2).

Widoczne, zasadnicze różnice pomiędzy sejsmogramami obliczonymi dla różnych częstotliwości wskazują na wyraźnie interferencyjny charakter zapisu, a porównanie teoretycznego pola falowego z pełnym modelem sejsmogeologicznym ośrodka nie umożliwia geologicznej identyfikacji tego zapisu sejsmicznego. Wynika to głównie z małej rozdzielczości fal sejsmicznych (nawet o częstotliwości 120 Hz) w stosunku do rzeczywistego modelu ośrodka charakteryzującego się dużą ilością warstw cienkich o znacznych kontrastach twardości akustycznych.

Nie uzyskano więc w ten sposób odpowiedzi na pytanie, które granice i w jakim stopniu wpływają na sejsmiczny obraz falowy.

Dla wyjaśnienia roli poszczególnych granic geologicznych w tworzeniu się sejsmicznego obrazu złoża należy dopasować charakter modelu do rozdzielczości fal sejsmicznych. Przeprowadzono więc stopniowe upraszczanie modelu zachowując zasadę ekwiwalentności oraz uwzględniając własności litologiczne ośrodka.



Ryc. 2. Sejsmogramy syntetyczne (a, b, c) i sejsmogram impulsowy (d) dla otworu Rejowiec IG-2, model M-2.

Fig. 2. Synthetic (a, b, c) and impuls (d) seismograms for the borehole column Rejowiec IG-2, model M-2.

Objaśnienia jak przy ryc. 1.

Explanations as given in Fig. 1.

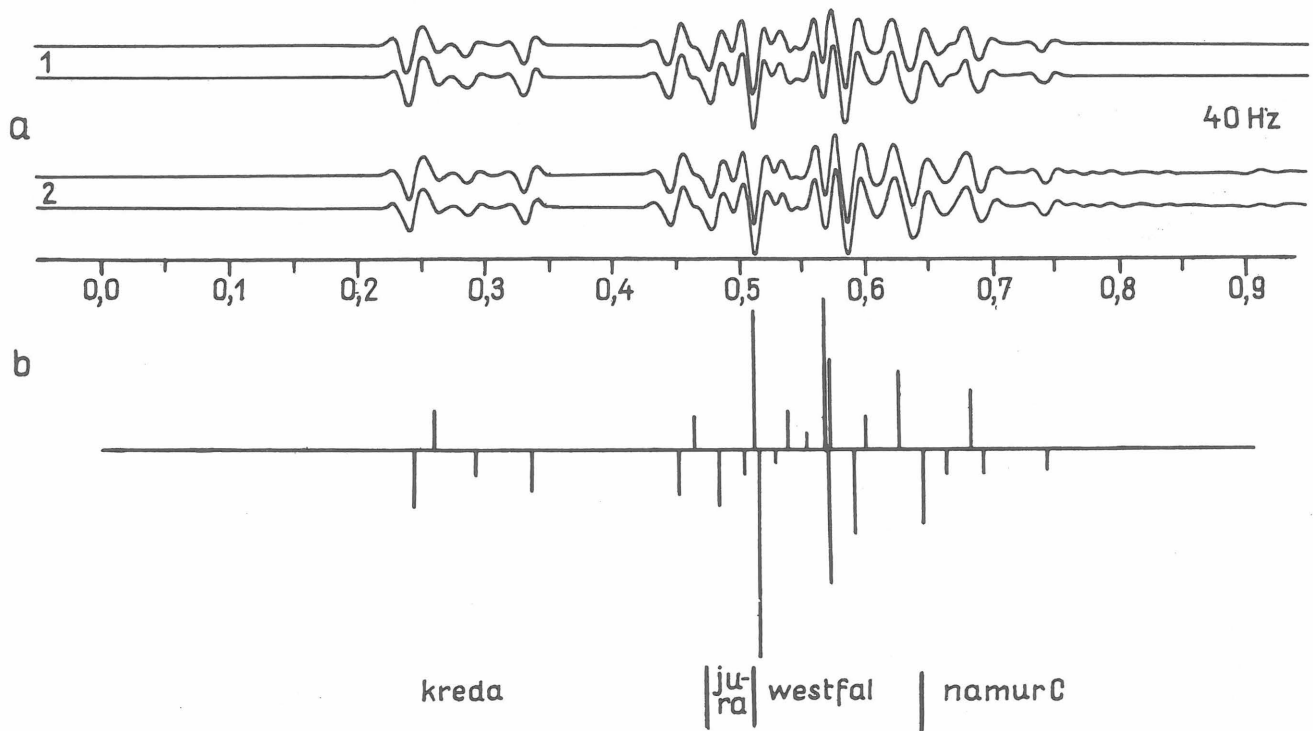
Kolejny uproszczony model ośrodka (M-2) dla odwiertu Rejowiec IG-2 obejmował przedział 150–1060 m i zbudowany był z 41 warstw, których miąższości zawierały się od 1,5 do 100 i więcej metrów, a prędkości podobnie jak dla modelu M-1 od 2100 m/s do 5500 m/s.

W marglisto-wapiennych utworach kredy, które charakteryzują się wzrostem prędkości z głębokością wydzielono 10 granic sejsmicznych o niewielkich współczynnikach odbicia. Wyjątek stanowi granica ostatnia, o współczynniku odbicia  $k = +0,256$ , oddzielająca wapienie od zalegających w spągu kredy piasków albu.

Granica rozdzielająca kredę górną i jurę górną, czyli granica kontaktu piasków albu i wapieni jurajskich jest drugą silną granicą sejsmiczną o współczynniku odbicia  $k = -0,316$ .

Wapienno-dolomityczne utwory jury środkowej i górnej charakteryzują się występowaniem naprzemianległych warstw o niedużych miąższościach i prędkościach, których różnice dochodzą do 1000 m/s oraz niewielkich współczynnikach odbicia nie przekraczających 0,100. Dopiero na granicy wapienno-dolomitycznych osadów jury z mułowcowo-piaskowcowymi osadami westfału współczynnik odbicia jest większy i osiąga wartość  $k = +0,161$ .

Kompleks warstw karbonu produktywnego jest monotoniczną serią złożoną z przewarstwiających się ilowców, mułowców i węgla z podrzędnymi ławicami piaskowców. Małe miąższości warstw oraz duże kontrasty prędkości i gęstości, jakie występują na kontakcie węgla i skał płonnych powodują, że pod względem sejsmicznym osady westfału charakteryzują się występowaniem dużej ilości



### REJOWIEC IG-2, M-3

Ryc. 3. Sejsmogramy syntetyczne (a) i sejsmogram impulsowy (b) dla otworu Rejowiec IG-2, model M-3.

Objaśnienia jak przy ryc. 1.

współczynników odbicia o wysokich wartościach (ok.  $\pm 0,250$ ).

Biorąc pod uwagę fakt, że przy możliwych do osiągnięcia w praktyce częstotliwościach dominujących fal sejsmicznych zawartych pomiędzy 90 i 120 Hz, jedynie pokłady węgla o miąższościach powyżej 1,2 m wpływają w sposób znaczący na zapis sejsmiczny (7, 10), w modelu M-2 uwzględniono tylko 5 pokładów węgla o miąższościach od 1,4 do 2,2 m (w przekroju rzeczywistym kilkanaście warstw węgla o miąższościach od 0,05 m do 2,2 m).

Zmiana charakteru osadów następująca na granicy westfalu i namuru C, czyli przejście do utworów piaszczysto-iłowcowych z podrzędными, pojedynczymi, bardzo cienkimi pokładami węgla (nie uwzględnionymi w modelu M-2), zaznacza się zmniejszeniem współczynników odbicia. Największe wartości odpowiadają miąższom ławic piaszczystych i dochodzą do  $k = \pm 0,200$ .

Sejsmogramy syntetyczne, obliczone dla tego modelu, dla częstotliwości dominujących 120, 80 i 40 Hz przedstawiono na ryc. 2a, 2b i 2c. Sejsmogramy te zestawiono z sejsmogramem impulsowym (ryc. 2d) zawierającym zbiór współczynników odbicia obliczonych na kontaktach kolejnych warstw modelu M-2.

Zestawienie sejsmogramów syntetycznych, będących teoretycznym odpowiednikiem sejsmicznego obrazu złoża, z sejsmogramem impulsowym, stanowiącym teoretyczny model sejsmogeologiczny złoża, pozwala na powiązanie rejestrowanych impulsów ze współczynnikami odbicia, co jest równoznaczne z geologicznym dowiązaniem rejestrowanych odbić.

Sejsmogram syntetyczny obliczony dla częstotliwości dominującej  $f_0 = 120$  Hz umożliwia, jak wynika z ryc. 2a i 2d, powiązanie części rejestrowanych impulsów z prawie wszystkimi współczynnikami odbicia. Możliwe jest rozdzielenie impulsów korelujących się z pokładami węgla

Fig. 3. Synthetic (a) and impuls (b) seismograms for the borehole column Rejowiec IG-2, model M-3.

Explanations as given in Fig. 1.

nawet wtedy, gdy odległości między nimi są rzędu 5 m. Pozostałe nie korelujące się impulsy są wynikiem interferencyjnego charakteru zapisu sejsmicznego.

Sejsmogram syntetyczny obliczony dla częstotliwości  $f_0 = 80$  Hz (ryc. 2b) w porównaniu z sejsmogramem impulsowym (ryc. 2d) pozwala na korelację impulsów z pokładami węgla oddalonymi od siebie o przeszło 10 m. Korelacja pozostałych granic jest podobna jak dla sejsmogramu obliczonego dla 120 Hz.

Nie obserwuje się natomiast korelacji sejsmogramu syntetycznego obliczonego dla  $f_0 = 40$  Hz ze zbiorem współczynników odbicia sejsmogramu impulsowego (ryc. 2c i 2d). Wyjątek stanowią pierwsze odbicia związane z kredą oraz odbicia od stropu jury. Korelacja dalszych impulsów z niektórymi współczynnikami odbicia jest zupełnie przypadkowa.

Jak wynika z przeprowadzonych prac modelowych rejestracja fal o częstotliwości powyżej 80 Hz umożliwia prześledzenie istotnych na Lubelszczyźnie granic geologicznych, w tym stropu jury, stropu i spągu westfalu oraz pokładów węgla o miąższości powyżej 1,4 m. Częstotliwości tego rzędu uzyskiwane są w sejsmice węglowej na rozpoznanie budowy pokładów węgla.

Dla geologicznej identyfikacji obrazu falowego uzyskiwanego przy częstotliwościach rzędu 40 Hz przeprowadzono dalsze modelowania teoretyczne przyjmując za podstawę następną, schematyczny model ośrodka M-3.

Model ten zawiera 21 warstw w przedziale głębokości 150–1060 m dla zakresu prędkości od 2100 do 5500 m/s. Wysokie współczynniki odbicia występują w stropie i spągu piaszczystego albu, w pierwszym pokładzie węgla oraz w spągu westfalu. Uzyskany dla tego modelu sejsmogram teoretyczny (dla częstotliwości  $f_0 = 40$  Hz) przedstawiono na ryc. 3a, natomiast ryc. 3b zawiera odpowiadający mu sejsmogram impulsowy (model M-3).



Pierwsze refleksy na sejsmogramie można korelować z granicami wewnątrzkręgowymi, występującymi na kontaktach margli, wapieni marglistych i wapieni. Najbardziej dynamiczne odbicia z utworów mezozoicznych związane są z kontaktem wapieni jurajskich z piaskami albu, a z karbonu z pierwszym pokładem węgla.

Wykonane dla odwiertu Rejowiec IG-2 modelowanie teoretycznego pola falowego wskazuje jednoznacznie, że stosowanie fal sejsmicznych o częstotliwościach rzędu 40 Hz prowadzi do tworzenia uproszczonego obrazu sejsmicznego karbonu oraz jego nadkładu, obrazu, w którym giną charakterystyczne dla cienkowarstwowego ośrodka karbońskiego LZW odbicia od pokładów węgla.

#### WYKORZYSTANIE WYNIKÓW MODELOWAŃ W METODYCE PRAC TERENOWYCH I INTERPRETACYJNYCH

Stopień szczegółowości rozpoznania górotworu, jak to wynika z przeprowadzonych modelowań teoretycznych obrazu falowego, jest funkcją zastosowanych częstotliwości. Dla skartowania układu strukturalnego Lubelskiego Zagłębia Węglowego oraz wydzielenia głównych granic geologicznych (strop i spąg jury, spąg karbonu) wystarczą częstotliwości stosowane w sejsmice strukturalnej (naftowej), tzn. rzędu 30–50 Hz.

Zwiększenie szczegółowości rozpoznania górotworu, a zwłaszcza uzyskanie informacji o budowie warstw karbonu produktywnego, w tym o budowie pokładów węgla, wymaga stosowania wyższego zakresu częstotliwości. Z wykonanych modelowań wynika, że dla rozwiązania takiego zadania geologicznego konieczne jest rejestrowanie fal sejsmicznych w zakresie 80–120 Hz. Wiąże się to z zasadniczą zmianą metodyki prac.

Wnioski wynikające z przeprowadzonych modelowań wykorzystano przy projektowaniu metodyki badań sejsmicznych na obszarze Lubelskiego Zagłębia Węglowego.

W celu skartowania układu strukturalnego niecki Bogdanka, na tle regionalnej budowy geologicznej Lubelszczyzny, wykonano badania sejsmiczne stosując metodykę typową dla strukturalnego rozpoznania złoża. Efektem tych prac są mapy strukturalne stropu jury, powierzchni niezgodności podjurajskiej, spągu westfalu i spągu karbonu (3, 4, 6).

Dla rozpoznania budowy warstw wewnątrzkarbońskich zaprojektowano i wykonano szeroki zakres prac sejsmicznych o zwiększonej rozdzielczości, z zastosowaniem wyższego pasma częstotliwości. Wymagało to rozwiązania zagadnienia wzbudzenia i rejestracji fal sejsmicznych o częstotliwościach rzędu 80–120 Hz, weryfikacji cyklu przetwarzania, opracowania nowych procedur uwzględniających specyficzne własności cienkowarstwowego ośrodka karbońskiego oraz metod interpretacji geologicznej wysokoczęstotliwościowego zapisu sejsmicznego. Dla całości tych badań przyjęto nazwę sejsmiki węglowej (10, 11, 12, 13).

W wyniku tych prac prześledzono przebieg najważniejszych pokładów węgla wzdłuż profilów sejsmicznych, co pozwoliło na konstrukcję szkicu strukturalnego pokładu 382 – przewidzianego do pierwszej eksploatacji (6, 7). Ze względu na pionierski charakter tych prac w Polsce, a stąd brak jednoznacznych kryteriów identyfikacyjnych, wyznaczone na przekrojach i na szkicu strukturalnym tzw. strefy nieciągłości zapisu nie posiadają jednoznacznej geologiczno-górnicznej interpretacji. Strefy te mogą być związane zarówno ze strefami zaburzonymi tektonicznie (uskoki zrzutowe, uskoki przesuwcze), strefami rozluźnionymi, wodonośnymi, jak i ze zmianami litologiczno-facjalnymi. Wyjaśnienie natury tych nieciągłości jest przedmiotem

przewodzonych nadal badań modelowych, uwzględniających wyniki prac górniczych w kopalni pilotująco-wydobywczej Bogdanka.

#### L I T E R A T U R A

1. Berzon I. S. — Sejsmorazwiedka tonkosłostych sried. Izd. Nauka, Moskwa 1976.
2. Brechowskich M. — Wołny w słoistych sriedach. Ibidem, 1973.
3. Bugno T., Czuma B., Madej M., Małoszewski S., Pietsch K., Sojka K., Ślusarczyk R., Trygar H. — Rozpoznanie budowy geologicznej karbonu produktywnego Lubelskiego Zagłębia Węglowego metodami sejsmiki powierzchniowej. Proj. Probl. 1978 nr 2.
4. Grabowska T., Pietsch K., Ślusarczyk R. — Cechy strukturalne Lubelskiego Zagłębia Węglowego w świetle badań geofizycznych. Zesz. Nauk. AGH Geologia, 1979 z. 3.
5. Pietsch K., Ślusarczyk R. — Zagadnienie doboru środków metodycznych w celu zwiększenia rozdzielczości metody sejsmicznej w warunkach Lubelskiego Zagłębia Węglowego. XXXVIII Sesja Nauk. AGH, Kraków 1978.
6. Pietsch K., Ślusarczyk R. — Rozpoznanie budowy warstw węglonośnych Lubelskiego Zagłębia Węglowego metodą sejsmiki węglowej. II Konf. Zagadnienia surowców energetycznych w gospodarce krajowej, Kraków 1981.
7. Pietsch K., Ślusarczyk R. — High Resolution Seismic for Coal Mine Planning. Joint Symp. AMM and ISM, Dhanbad, Indie 1981.
8. Ratnikowa Ł. J. — Metody raszczeta siejsmicheskich wołn w tonkosłostych sriedach. Izd. Nauka, Moskwa 1973.
9. Opracowanie MIGSiGN AGH — Kompleksowe badania utworów karbonu oraz jego podłoża w obszarze LZW — badania sejsmiczne. Problem węglowy 01.6. Zadanie 01.03. Maszynopis MIG AGH, Kraków 1978.
10. Opracowanie MIG AGH — Kompleksowe badania utworów karbonu oraz jego podłoża w obszarze LZW — badania sejsmiczne. Problem węglowy 01.6. Zadanie 01.03. Ibidem 1980.
11. Opracowanie MIG AGH — Geofizyczne rozpoznanie struktury geologicznej Lubelskiego Zagłębia Węglowego — badania sejsmiczne. Problem resortowy 120. Ibidem 1981.
12. Opracowanie SiTPNaft. — Opracowanie modelu geofizycznego budowy geologicznej dla obszaru pól górniczych K-1 i K-2. Ibidem 1979.
13. Opracowanie SiTPNaft. — Opracowanie szkicu strukturalnego pokładu 382 na obszarze kopalni pilotująco-wydobywczej w Bogdance. Ibidem 1981.

#### S U M M A R Y

The Lublin region is characterized by complex seismogeological conditions. This is mainly due to occurrence of numerous thin layers highly differing in velocities and density in the Carboniferous-section.

In accordance with the theory of propagation of waves in thin-layered media, coefficients of reflection and penetration are the function of frequency of predominating

elastic waves. This makes the range of frequency the basic methodical parameter, determining resolution power of seismic record. This is of special importance for surveys on black coal deposits, the major tasks of which include mapping of economic coal seams, location of discontinuity zones, ect.

The influence of frequency on resolution power of seismic record may be traced by modelling theoretical wave image by e.g. synthetic seismogram method. This makes possible definition of the frequency range, necessary for solving the above geological problems.

The model studies presented here (see the enclosed synthetic seismograms calculated for the drilling Rejowiec IG-2), aimed at mapping structural pattern in the Lublin Coal Basin, showed that frequencies used in structural seismics (of the order of 30–50 Hz) are sufficient for that purpose. In order to increase accuracy of recognition of the rock massif, especially for obtaining data on structure of coal seams, it appears necessary to use higher frequencies (of the order of 80–120 Hz). This involves essential changes in methods of surveys in the case of field works, processing of the obtained material as well as interpretation, i.e. introduction of so called coal seismics.

## РЕЗЮМЕ

Любельский район характеризуется сложными сейсмогеологическими условиями. Это связано прежде всего с нахождением в карбонских осадках много-

численных тонких слоев с контрастными скоростями и плотностями. Согласно теории распространения волн в тонкослоистых средах коэффициенты отражения и коэффициенты перехода волн являются функциями частоты преобладающих упругих волн. Частотный диапазон является основным методическим параметром, обуславливающим степень разрешения сейсмической записи. Этот факт имеет основное значение в исследовании месторождений каменного угля, так как основным заданием угольной сейсмоки является картирование балансовых пластов, размещения зон прерывности итп.

Влияние частоты на степень разрешения сейсмической записи можно наблюдать путём моделирования теоретического волнового изображения, методом синтетических сейсмограмм, что делает возможным определение диапазона частоты необходимого для решения геологического задания.

Из проведенных модельных работ видно (примерно представлены синтетические сейсмограммы вычисленные для скважины Рейовец ИГ-2), что для скартирования структурной системы Любельского угольного бассейна достаточными являются частоты применяемые в структурной сейсмике (порядка 30–50 герцов). Увеличение детальности разведки, а особенно получение информации касающихся угольных пластов, требует применения высшего диапазона частоты (порядка 80–120 герцов). Это связано с необходимостью изменения методики исследований, как в области полевых работ, обработки материалов, так и интерпретационных работ с применением так называемой угольной сейсмоки.