

Kaja PIETSCH  
Ryszard ŚLUSARCZYK

WYKORZYSTANIE METOD SEJSMICZNYCH W PROBLEMATYCE  
GÓRNICZEGO ZAGOSPODAROWANIA ZŁOŻA WĘGLA KAMIENNEGO  
LUBELSKIEGO ZAGŁĘBIA WĘGLOWEGO

Streszczenie. W artykule przedstawiono wyniki badań sejsmicznych prowadzonych w latach 1976-1985 poprzedzających projektowanie kopalń w rejonie LZW. Różne warianty metody sejsmicznych badań karbonu produktywnego pozwoliły poznać nie tylko jego strukturę wglębną, ale także strukturę podłoża i nadkładu.

## 1. WSTĘP

Pełne rozpoznanie budowy geologicznej i warunków surowcowych Lubelszczyzny jest niezbędne dla właściwej oceny zasobów karbonu produktywnego, lokalizacji zakładów wydobywczych i przerobczych oraz dla celów projektowania i prowadzenia górniczych prac udostępniających i wydobywczych. W zespole badań geofizycznych, które dokumentują warunki zalegania złoża i jego wewnętrzną budowę, zasadniczą rolę odgrywają badania sejsmiczne.

Badania sejsmiczne, które w różnych wariantach metodycznych wykonano w latach 1976-1985 na obszarze Lubelskiego Zagłębia Węglowego, miały na celu:

- rozpoznanie struktury wglębnej (budowy tektoniczno-strukturalnej utworów podkarbońskich oraz stropu skonsolidowanego podłoża),
- rozpoznanie układu strukturalnego karbonu produktywnego (powiązanie zasadniczych elementów strukturalnych węglonośnej niecki Bogdanki; dewońskiej struktury Kocka oraz karbońskiej niecki Piasków),
- rozpoznanie budowy warstw węglonośnych (ciągłość warstw, zmienność parametrów fizycznych górotworu),
- rozpoznanie budowy nadkładu w rejonach projektowanych szybów.

W artykule niniejszym podkreślono przede wszystkim wyniki geologiczno-górnictwej interpretacji materiałów sejsmicznych. Metodę badań przedstawiono natomiast w formie skróconej.

## 2. ROZPOZNIANIE WGŁĘBNEJ STRUKTURY LZW METODĄ SEJSMIKI REFRAKCYJNEJ

Wykorzystanie: przy rozwiązywaniu problemu wstrząsów i tąpnięć, które w wielu przypadkach mają swoje przyczyny w budowie głębokiej skorupy ziemskiej.

Podstawową metodą rozpoznawania głębokiej struktury LZW, obok badań grawimetrycznych, były sejsmiczne badania refrakcyjne.

Zadaniem badań refrakcyjnych wykonanych wzdłuż profilu Janów Lubelski - Włodawa (1978) było śledzenie granicy załamującej o prędkości granicznej  $V_g \approx 6\ 000$  m/s, związanej ze stropem skonsolidowanego podłoża oraz otrzymanie informacji o budowie całego kompleksu paleozoicznego, do karbonu włącznie.

Uzyskany obraz sejsmiczny wskazuje, że skonsolidowane podłoże zalega w rejonie Włodawy na głębokości ok. 2 500 m, w rejonie Trawników na głębokości ok. 5 500 m, w okolicach miejscowości Żółkiewka na głębokości ok. 8 000 m (skrzydło wiszące), a na końcu profilu na głębokości ok. 11 000 m (skrzydło zrzucone).

Odcinkowo wyznaczone granice załamujące z płytszej części przekroju charakteryzują w sposób przybliżony budowę kompleksu osadowego. Szczególnie ciekawy jest kształt granicy dewońskiej, która zalega niezgodnie z granicami leżącymi zarówno płycej, jak i głębiej.

## 3. ROZPOZNIANIE UKŁADU STRUKTURALNEGO KARBONU PRODUKTYWNEGO METODĄ SEJSMIKI REFLEKSYJNEJ (BADANIA STRUKTURALNE)

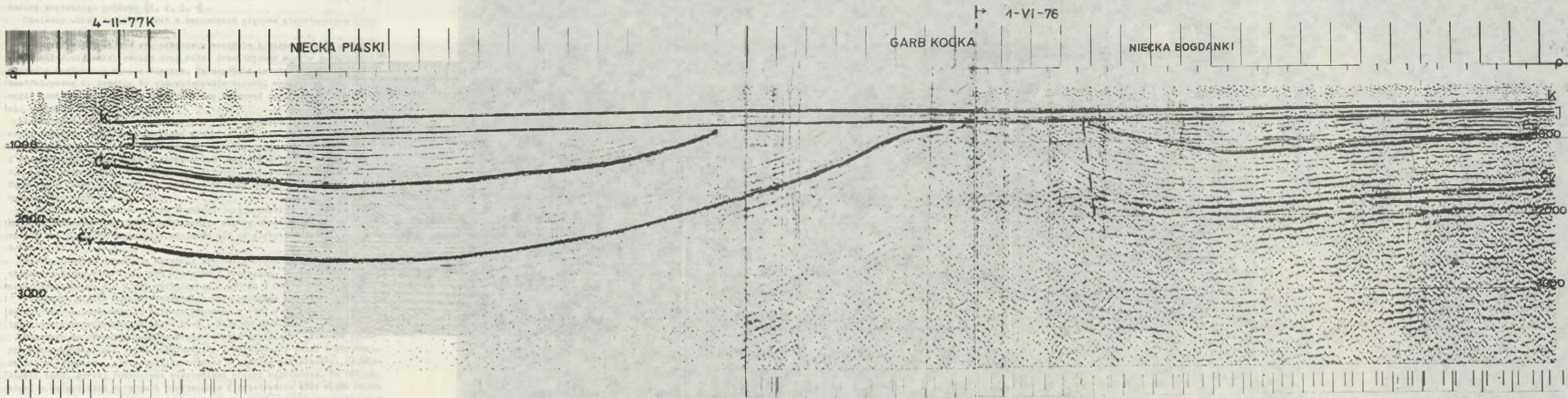
Wykorzystanie: dokumentacja zasobów, lokalizacja zakładów wydobywczych i przerobczych, projektowanie górnicze.

Dla pełnego udokumentowania warunków występowania złoża węgla kamiennego na Lubelszczyźnie obok rozpoznania wiertniczego, z którego otrzymywane są informacje typu punktowego, niezbędne jest również rozpoznanie sejsmiczne pozwalające na ciągłe śledzenie układu przestrzennego w karbonie.

Szczególne zdjęcia sejsmiczne, metodą typową dla zdjęć strukturalnych (sejsmika strukturalna), wykonano na obszarze niecki Bogdanki i niecki Piaski w latach 1976-1977.

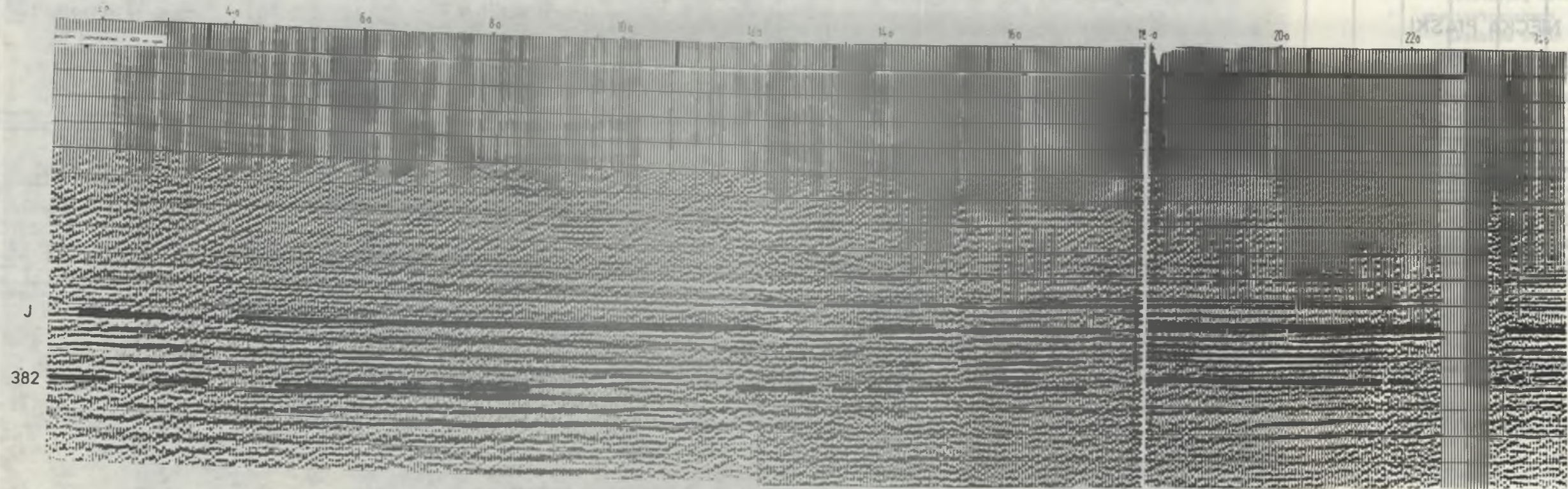
Wydzielono na obszarze LZW podstawowe serie granic odbijających pokrywających się z dwoma piętrami strukturalnymi regionu, piętrzem mezozoicznym i piętrzem hercyńskim (rys. 1).

Utworom mezozoicznego piętra strukturalnego (utwory górnej kredy i górnej jury) odpowiadają stosunkowo spokojnie i równolegle ułożone zespoły granic sejsmicznych. Najbardziej dynamiczne refleksy związane są z wapienno-dolomitycznymi osadami jury (szczególnie ze stropem i spągłem).



Rys. 1. Profil sejsmiczny 4-II-77K. Rozpoznanie obrazu strukturalnego złoza węgla kamiennego  
 K - spąg kredy, J - spąg jury, C<sub>w</sub> - spąg westfalu, C<sub>v</sub> - spąg wizenu

Fig. 1. Seismic section 4-II-77K. Recognition of the structural pattern of the coal basin  
 K - cretaceous floor, J - jurassic floor, C<sub>w</sub> - westphalien floor, C<sub>v</sub> vizean floor



Rys. 2. Profil sejsmiczny 50-II-81K. Rozpoznanie budowy wewnętrznej karbonu  
 J - spąg jury, 382 - nr pokładu

Fig. 2. Seismic section 50-II-81K. Recognition of the carbon cross section  
 J - jurassic floor, 382 - number of coal seam

Wykonane badania pozwalają na stwierdzenie, że piętro mezozoiczne zapadające nieznacznie w kierunku południowo-zachodnim, ku wnętrzu synklinorium lubelskiego, spoczywa niezgodnie na różnych ogniwach karbonu (w nieckach Bogdanki i Piasków) oraz dewonie (struktura Kocka).

Ma ono charakter regionalnej ciągłej pokrywy, która nie odzwierciedla budowy głębokiego podłoża [1, 2, 3, 4].

Odmienne obraz związany jest z hercyńskim piętrzem strukturalnym (rys. 1).

Regularnie układające się odbicia z westfalu i wizenu dobrze oddają synkinalne ułożenie, zasięg oraz układ przestrzenny warstw karbońskich w niecce Bogdanki i niecce Piasków. Szczególnie istotna jest granica westfal-namur C. Granica ta charakteryzuje warunki występowania złoża węgla kamiennego, określa bowiem budowę spągowej partii podstawowej serii węglonośnej LZW.

Znacznie bardziej skomplikowany niż w obu nieckach jest obraz falowy rejestrowany w obrębie dewońskiego wyniesienia Kocka. Charakteryzuje się on występowaniem silnie nachylonych oraz wyklinowujących się granic jak i występowaniem wysokoprędkościowych fal zakłócających. Ich identyfikacja i interpretacja jest szczególnie istotna, dostarczając one bowiem informacji o lokalizacji źródeł zakłóceń (strefy uskokowe, miejsca wyklinowania się warstw).

W obrazie sejsmicznym niecka Bogdanki jest asymetryczną synkliną z kilkoma deniwelacjami, która wyklinowuje się na wyniesieniu Kocka. Spąg wzdłuż osi Bogdanka-Mogielnica znajduje się na głębokości od 1 350 do 1 600 m.

Nieckę Piasków określają wyraźnie wychodnie spągu westfalu wzdłuż struktury Kocka oraz struktury Świdnika i Trawników. Powierzchnia spąga karbonu obniża się w osi synkliny od 2 200 do 3 000 m [1, 2, 3, 4].

Istnienie niecki Piasków zasygnalizowało wykonane w 1976 roku zdjęcie sejsmiczne, a potwierdziło zdjęcie wykonane w 1977 r. oraz zakończone w tym samym roku wiercenia Milejów IG-3 i Milejów IG-4.

Wykonane na obszarze Lubelszczyzny badania sejsmiczne (zlecone przez przemysł węglowy) nie tylko potwierdziły i udokładniły obraz strukturalny niecki Bogdanki, ale pozwoliły również z podobną dokładnością przedstawić inne, gorzej rozpoznane wierceniami niecki węglonośne. Do takich stref o korzystnych warunkach powstawania i przetrwania złóż węgla można zaliczyć nie tylko południowo-wschodnią kontynuację niecki Bogdanki, ale także znacznie od niej głębszą nieckę Piasków.

Uzyskane wyniki wskazują na celowość wykonywania zdjęć sejsmicznych w fazie dokumentowania złóż węgla, co powinno umożliwić ograniczenie ilości wierceń dokumentacyjnych w tej fazie badań.

#### 4. ROZPOZNANIE BUDOWY WARSTW WĘGLONÓSNYCH METODĄ SEJSMIKI WĘGLOWEJ

Wykorzystanie: projektowanie i prowadzenie górniczych prac udostępniających i wydobywczych.

Uzyskany w wyniku strukturalnych badań sejsmicznych model geologiczno-geofizycznej budowy LZW jest niewystarczający dla celów projektowania i prowadzenia górniczych prac udostępniających i wydobywczych.

Interesujących z górniczego punktu widzenia danych o budowie warstw węglonośnych może dostarczyć jedynie wysokoczęstotliwościowa odmiana metody sejsmicznej [5], metoda, która pozwala na zwiększenie rozdzielczości zapisu sejsmicznego (zwiększenie dokładności odtworzenia szczegółów budowy wewnętrznej złoża).

Zastosowanie sejsmiki wysokoczęstotliwościowej do kartowania bilansowych pokładów węgla w LZW wymagało opracowania dostosowanej do wyjątkowych własności fizycznych węgla (mała gęstość i prędkość rozchodzenia się fal sprężystych) specyficznej metodyki prac terenowych oraz obróbki, przetwarzania i interpretacji materiałów sejsmicznych [4].

Badania sejsmika węglową wykonano w północno-zachodniej części pola górniczego K-1 w latach 1980-1981. Na uzyskanych wysokoczęstotliwościowych przekrojach czasowych widoczne są długie odcinki korelujących się granic sejsmicznych (rys. 2).

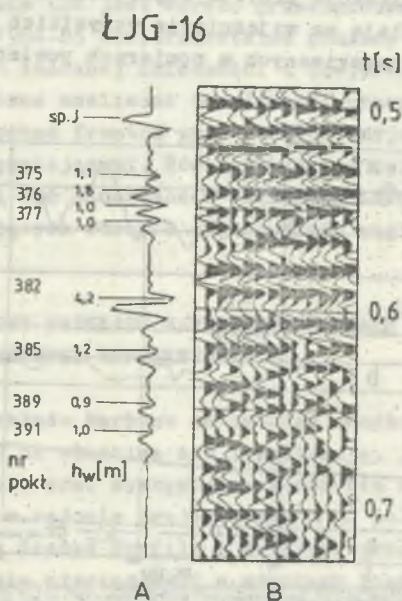
Geologiczną identyfikację zarejestrowanego zapisu sejsmicznego (rys. 3), który dla cienkowarstwowych ośrodków węglowych jest zapisem zinterferowanym, wykonano przez porównanie z zapisami teoretycznymi skonstruowanymi dla znanych modeli sejsmogeologicznych odwiertów zlokalizowanych na profilach sejsmicznych [6]. Duża zgodność zapisów polowych (rys. 3B) z zapisem teoretycznym (rys. 3A) umożliwia dowiązanie większości intensywnych sygnałów do bilansowych pokładów węgla (o miąższości  $> 0,8$  m).

Dzięki dowiązaniu granic sejsmicznych do bilansowych pokładów węgla (np. dla profilu 50-II-81K pokłady 369, 372, 375, 376, 382, 385, 391, 394 i 397 - rys. 2) można opracować mapy pokładowe najgrubszych pokładów (np. pokład 382) z zaznaczonymi strefami nieciągłości zapisu sejsmicznego.

Niewielkie na razie rozpoznanie górotworu pracami górniczymi (co związane jest z małym rozprzestrzenieniem i prowadzeniem robót górniczych zasadniczo w jednym pokładzie) nie pozwala na jednoznaczną geologiczno-górniczą identyfikację śledzonych nieciągłości. Ich obiektywny charakter potwierdzają jednak następujące fakty:

- strefy nieciągłości zapisu sejsmicznego korelują się ze zdecydowanie niejednorodnymi strefami określonymi z geofizycznych pomiarów podziemnych [7, 8],
- strefy nieciągłości zapisu sejsmicznego są zgodne ze stwierdzonymi w pracach górniczych strefami największej niestabilności górotworu i strefami zawodnionymi,

- powiązane przestrzennie strefy nieciągłości zapisu sejsmicznego (strefy o charakterze bardziej regionalnym, obejmujące cały karbon, a miejscami i nadkład) mają kierunki zgodne zarówno z przebiegami głównych dyslokacji na Lubelszczyźnie [9, 10], jak i z kierunkami spękań, które zarejestrowano w pracach tektonicznych prowadzonych w kopalni K-1 w pokładzie 382 [11, 12].



Rys. 3. Geologiczna identyfikacja sejsmicznego obrazu złoża

A - sejsmogram syntetyczny, B - fragment czasowego przekroju sejsmicznego, 382 - nr pokładu, sp.j. - spąg jury, 1,8 - miąższość pokładu

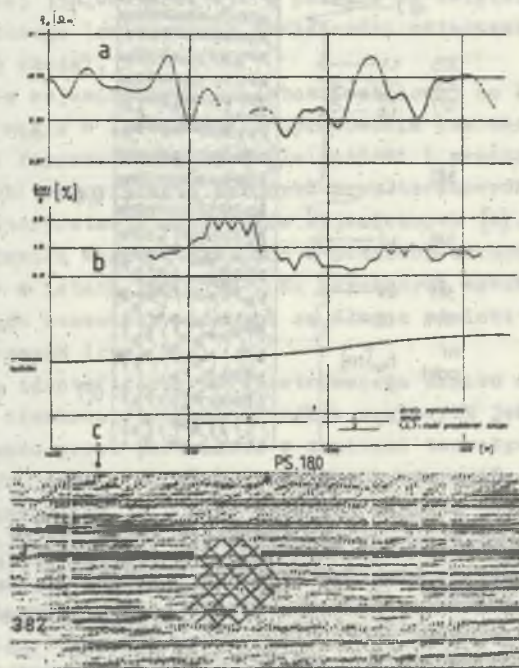
Rys. 3. Geological identification of the seismic section of the coal seams  
A - synthetic seismogram, B - seismic time section, 382 - number of coal seam, sp.j. - jurassic floor, 1,8 - thickness of coal seam

## 5. ROZPOZNANIE BUDOWY OŚRODKA WĘGLOWEGO METODAMI SEJSMIKI PODZIEMNEJ

Wykorzystanie: opracowanie kryteriów identyfikacji stref nieciągłości wyznaczonych powierzchniową sejsmiką węglową oraz rozpoznanie budowy ośrodka węglowego między wyrobiskami i przed frontem prac eksploatacyjnych.

Geofizyczne pomiary podziemne (badania sejsmiczne, elektrooporowe) wykonywane w latach 1983-84 wykazały, że istnieje ścisły związek między strefami nieciągłości wyznaczonymi w trakcie powierzchniowych badań sejsmiki węglowej a strefami anomalnych zmian parametrów fizycznych występują-

cych w obrębie stref niestabilności górotworu (wzmoczone wypiętrzanie spągu, wpływ wody itp.). Jest to bardzo istotna informacja, którą należy brać pod uwagę w rejonach planowanej eksploatacji, gdyż strefy takie mogą zwiększać zagrożenie w trakcie prac górniczych. Znajomość położenia takiej strefy pozwoli na zmniejszenie zagrożenia i bezpieczniejszą eksploatację. Niepełne rozpoznanie złoża w LZW, jak również niezadawalające powiązanie między lokalizacją profili sejsmicznych a lokalizacją wyrobisk górniczych nie pozwalają na wyjaśnienie wszystkich przyczyn nieciągłości zapisu sejsmicznego uzyskiwanych w pomiarach powierzchniowych (rys. 4).



Rys. 4. Zestawienie wyników powierzchniowych badań sejsmicznych z geofizycznymi pomiarami w chodniku wentylacyjnym, strefa 1

a) przefiltrowana krzywa oporności pozornej; wykres błędu  $\frac{\sigma_K}{K}$ , b) ilość wybierek spągu, c) fragment profilu sejsmicznego 50-II-81K: 1) granica sejsmiczna odpowiadająca pokładowi, 2) strefa nieciągłości, 3) numer pokładu

Fig. 4. The correlation between the surface seismic measurement and the underground geophysical observations in the ventilation heading

a) the filtrated curve of apparent resistivity and the curve of relative error  $\frac{\sigma_K}{K}$ , b) multiplication factor of squeezed bottom extraction, c) fragment of seismic section 50-II-81K: 1 - seismic interface related to coal seam, 2 - zone of discontinuity, 3 - number of coal seam



Specyfika geologiczno-górnicza złoża węgla LZW (duża głębokość, nieodprężony górotwór, niejednorodności pokładów, zmienność geometrii wyrobisk, prowadzenie wyrobisk tylko w obrębie pokładu) podkreślona brakiem (jak dotychczas) dyslokacji pionowych powoduje, że interpretacja pomiarów podziemnych musi być wzbogacona o nowe aspekty wyjaśniające przyczyny anomalii parametrów fizycznych w obrębie stref niestabilności górotworu. Jednym z takich aspektów może być występowanie uskoków przesuwczych, których istnienie w obrębie LZW jest bardzo prawdopodobne [11].

Wykonane w latach 1984-85 eksperymentalne pomiary metodą fal pokładowych wykazały, że mimo znacznej zmienności i niejednorodności pokładów węgla istnieje praktyczna możliwość lokalizacji płaszczyzn uskokowych do odległości ok. 100 m przed frontem prac eksploatacyjnych i do 200 m między wyrobiskami udostępniającymi. Również badania sejsmiczne wykorzystujące fale P i S mogą być stosowane w warunkach LZW do oceny parametrów sprężystych skał budujących strop i spąd pokładu węgla [13].

## 6. ROZPOZNANIE BUDOWY NAKŁADU KARBONU W REJONACH PROJEKTOWANYCH SZYBÓW METODĄ SEJSMIKI REFLEKSYJNEJ

Znajomość budowy nakładu karbonu ma istotne znaczenie dla celów budowy szybów, tak ze względu na właściwą ich lokalizację, jak i ewentualne zagrożenie wodne w trakcie prac występujące w obrębie warstw albu.

Badania sejsmiczne w rejonie projektowanych na polach K-2 i K-3 szybów wykonano w 1980 r. Siatka profili i metodyka prac zostały specjalnie dostosowane do śledzenia nieciągłości w utworach kredy oraz morfologii stropu jury. Analiza przestrzenna wyznaczonych na profilach nieciągłości wskazuje na dużą zmienność ich rodzajów, wielkości i zasięgu. Metody sejsmiczne nie umożliwiły uzyskania obrazu zalegania utworów albu, co związane jest z ich małą miąższością i bardzo dużą zmiennością w poziomie.

## 7. WNIOSKI

Metody sejsmiczne mogą być wykorzystane w każdej fazie udostępniania złoża węgla. Począwszy od rozpoznania obrazu strukturalnego (dla celów projektowania rozcinki złoża), poprzez rozpoznanie budowy wewnętrznej z powierzchni i z wyrobisk dla celów budowy wyrobisk udostępniających i eksploatacji. Wyniki badań sejsmicznych mogą być również wykorzystane w ocenie prognozowania zagrożeń związanych z budową podłoża (w oparciu o pomiary refrakcyjne), jak i w trakcie budowy pionowych wyrobisk udostępniających w oparciu o szczegółowe pomiary powierzchniowe.

## LITERATURA

- [1] Bugno T., Czuma B., Madej M., Małoszewski S., Pietsch K., Sojka K., Ślusarczyk R., Trygar H.: Rozpoznanie budowy geologicznej karbonu produktywnego Lubeskiego Zagłębia Węglowego metodami sejsmiki powierzchniowej. "Projekty-Problemy-Budownictwo Węglowe", 1978, nr 2, s. 13-18.
- [2] Grabowska T., Jucha S., Małoszewski S., Ney R.: Wstępne wyniki badań nowych karbońskich struktur regionalnych na Lubelszczyźnie. "Nafta" 1977, nr 10.
- [3] Grabowska T., Pietsch K., Ślusarczyk R.: Cechy strukturalne Lubelskiego Zagłębia Węglowego w świetle badań geofizycznych. "Zesz. Nauk. AGH Geologia" 1979, z. 3, s. 5-11.
- [4] Pietsch K., Ślusarczyk R.: Rozpoznawanie budowy warstw węglonośnych Lubelskiego Zagłębia Węglowego metodą sejsmiki węglowej. "II konf. Zagadnienia Surowców energetycznych w gospodarce krajowej" 1981, Kraków.
- [5] Ziolkowski A., Lerwill W.E.: A simple Approach to High Resolution Seismic Profiling For Coal. "39 Meeting EAEG" 1977. Zagreb.
- [6] Pietsch K.: Korelacja granic sejsmicznych z pokładami węgla (w języku rosyjskim). "30 Międzynarodowe Sympozjum Geofizyczne" 1985, Moskwa.
- [7] Ślusarczyk R.: Nieciągłości granic w sejsmice węglowej w świetle podziemnych badań geofizycznych (w języku rosyjskim). "30 Międzynarodowe Sympozjum Geofizyczne" 1985, Moskwa.
- [8] Pietsch K., Ślusarczyk R.: Zastosowanie sejsmiki o zwiększonej rozdzielczości do badania ciągłości pokładów węgla. "Konf. Zastosowanie metod geofizycznych w górnictwie kopalin stałych" 1985, Jaworze.
- [9] Żelichowski A.M.: Rozwój budowy geologicznej obszaru między Górami Świętokrzyskimi i Bugiem. "Biul. Inst. Geol". 1972, 263.
- [10] Żelichowski A.M.: Tektonika Lubelskiego Zagłębia Węglowego. "Przewodnik LVI Zjazdu PTG" 1984, Lublin.
- [11] Bogacz W., Pietsch K., Ślusarczyk R.: Korelacja strukturalna wyników badań sejsmicznych i mezotektonicznych w OG Bogdanka. "VII Sympozjum Geologia Formacji Węglonośnych w Polsce" 1980, Kraków.
- [12] Gurba A.: Zarys tektoniki złoża węgla kamiennego Łęczna w świetle robót górniczych przeprowadzonych w pokładzie węgla 382. "Przewodnik LVI Zjazdu PTG" 1984, Lublin.
- [13] Opracowanie MIG AGH: Szczegółowe rozpoznanie górotworu karbońskiego i jego podłoża metodami geofizycznymi dla potrzeb projektowania górniczego w LZW. Problem resortowy 120. "Maszynopis MIG AGH" 1984, Kraków.

Recenzent: Doc. dr hab. inż. Wacław Zuberek

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ВОПРОСА  
ОБ ОСВОЕНИИ КАМЕННОУГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ  
В ЛЮБЕЛЬСКОМ УГОЛЬНОМ БАСЕЙНЕ

Р е з ю м е

В статье представлены результаты сейсмических исследований, которые были проведены в 1976-1985 гг. для проектирования шахт в районе Любеляского угольного бассейна.

Разные варианты метода сейсмических исследований угольного карбона создали возможность разведать не только структуру угольного карбона и внутреннее строение залежи (для проектирования подготовительных работ и ведения вскрышных и добывающих горных работ), но и разведать структуру подошвы (для оценки угрозы от сотрясений и горных ударов) и вскрыши (для оценки угрозы во время прокладывания вертикальных выработок).

APPLICATION OF SEISMIC METHODS TO MINING PROBLEMS  
OF COAL DEPOSITS IN THE LUBLIN COAL BASIN

S u m m a r y

In the paper are presented the results of seismic investigations accomplished in the years from 1976 to 1985 in Lublin Coal Basin for the purposes of mining planning.

Different versions of seismic methods for carboniferous investigation facilitate the knowledge of the structural form and the internal shape of the deposits (for the purposes of dissection of the deposits and mining) as well as the structure of the basement (for evaluation of rock burst hazard and tremor) and overburden rocks (for evaluation of danger during digging of vertical mining shafts).