

Andrzej PEPEL

Granice odbijające w świetle wyników pionowych profilowań sejsmicznych w północnej i środkowej części rowu lubelskiego*

WSTĘP

Szczególne zadania w rozpoznaniu złożonego obrazu falowego rejestrowanego w metodzie refleksyjnej przypadają pionowym profilowaniom sejsmicznym. Pionowe profilowania umożliwiają poznanie fal odbitych i fal wielokrotnych oraz poznanie roli poszczególnych granic geologicznych i powierzchni ziemi w powstawaniu obrazu falowego. Końcowym wynikiem profilowań jest zwykle ocena możliwości śledzenia metodą fal odbitych różnych serii geologicznych, zwiększenie dokładności stratygraficznego dowiązania refleksów oraz informacje dla doboru metodyki prac powierzchniowych.

Pionowe profilowanie wykonuje się w głębokich otworach z zastosowaniem specjalnej metodyki i techniki badań. Zagadnienie pomiarów i opracowania oraz wyniki pionowych profilowań sejsmicznych zostały omówione w wielu publikacjach (m.in. E. I. Galpierin, 1971; B. M. Gejman i in., 1971, 1972).

W przedstawionej pracy podkreślone zostaną sprawy związane z interpretacją i analizą rezultatów profilowań na obszarze północnej i środkowej części rowu lubelskiego dla poznania granic geologicznych odpowiedzialnych za powstawanie refleksów. Materiałem wyjściowym do przeprowadzonej analizy były dokumentacje pionowych profilowań sejsmicznych (wykonane przez PGGN Kraków, PGGN Toruń i przez geofizyków radzieckich dla ZGN), dokumentacje wierceń oraz dodatkowe sekcje czasowe opracowane przez PGGN w Krakowie.

ZASADY OPRACOWANIA I INTERPRETACJI

Podczas interpretacji wyników pionowych profilowań rozpatruje się poszczególne etapy procesu falowego, zachodzącego w ośrodku geologicznym otaczającym głęboki otwór. Rejestrowany na powierzchni zie-

* Przedstawioną pracę zreferowano na posiedzeniu naukowym IG w dniu 7 maja 1974 r.

mi w badaniach refleksyjnych złożony, sumaryczny obraz falowy zostaje rozdzielony na poszczególne składowe, które utworzone są głównie przez fale padające i fale odbite. Równocześnie wydziela się odcinki przekroju geologicznego, mające decydujący wpływ na powstanie fal odbitych.

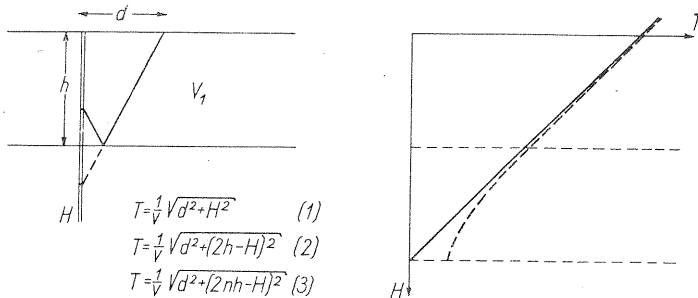


Fig. 1. Hodograpy fal padających i fal odbitych
Hodographs of incident and reflected waves

Podstawowym rezultatem pionowych profilowań są sekcje czasowe z zarejestrowanymi falami padającymi i odbitymi. Fale te różnią się przeciwnym znakiem kąta nachylenia osi zgodności fazowych i dla danej granicy refleksyjnej mają wspólny punkt, odpowiadający miejscu zmiany fali padającej przez falę odbitą (fig. 1). Równania hodografów obydwu fal, przy poziomej granicy, dla fali prostej i dla fali odbitej jednokrotnie ujmują wzory 1 i 2, a dla ogólnego przypadku przy n -krotnym odbiciu — wzór 3. Wymienione równania pokazują, że hodograpy fali prostej i fali odbitej można przedstawić jako różne odcinki tej samej hiperboli. Hodograf fali odbitej jest odcinkiem hiperboli od granicy do powierzchni ziemi $h > H > 0$, natomiast hodograf fali padającej jest zwierciadlanym odbiciem względem granicy odcinka hiperboli od jej wierzchołka do granicy odbijającej $2h > H > h$. Różniczkując równanie 2 otrzymujemy zależność: prędkość pozorna obliczona według fali odbitej jest bliska wartości prędkości rzeczywistej w danym ośrodku. W ten sposób dla celów praktycznych hodograf fali odbitej można uważać odcinkami za prostoliniowy i dla jego znalezienia wykorzystać zwierciadlane odbicie hodografu pionowego. Przedstawione własności pozwalają na określenie poszczególnych odcinków hodografu fali odbitej na podstawie hodografu pionowego w tych przypadkach, gdy nie jest zabezpieczone śledzenie na sekcji czasowej na całej drodze od granicy aż do powierzchni ziemi danej fali odbitej.

Dodatkowym materiałem do interpretacji pionowych profilowań są sekcje otrzymane drogą aparaturowej analizy pola falowego: kierunkowe sumowanie i optyczna filtracja. Zawarte w nich informacje umożliwiają czytelne prześledzenie poszczególnych fal odbitych lub padających, co ułatwia interpretację podstawowych sekcji czasowych.

Z przedstawionego dotychczas opisu wynika, że różnice w kinematycznych własnościach fal padających i fal odbitych są przy pionowych profilowaniach szczególnie wyraźne. W związku z tym identyfikacja fal

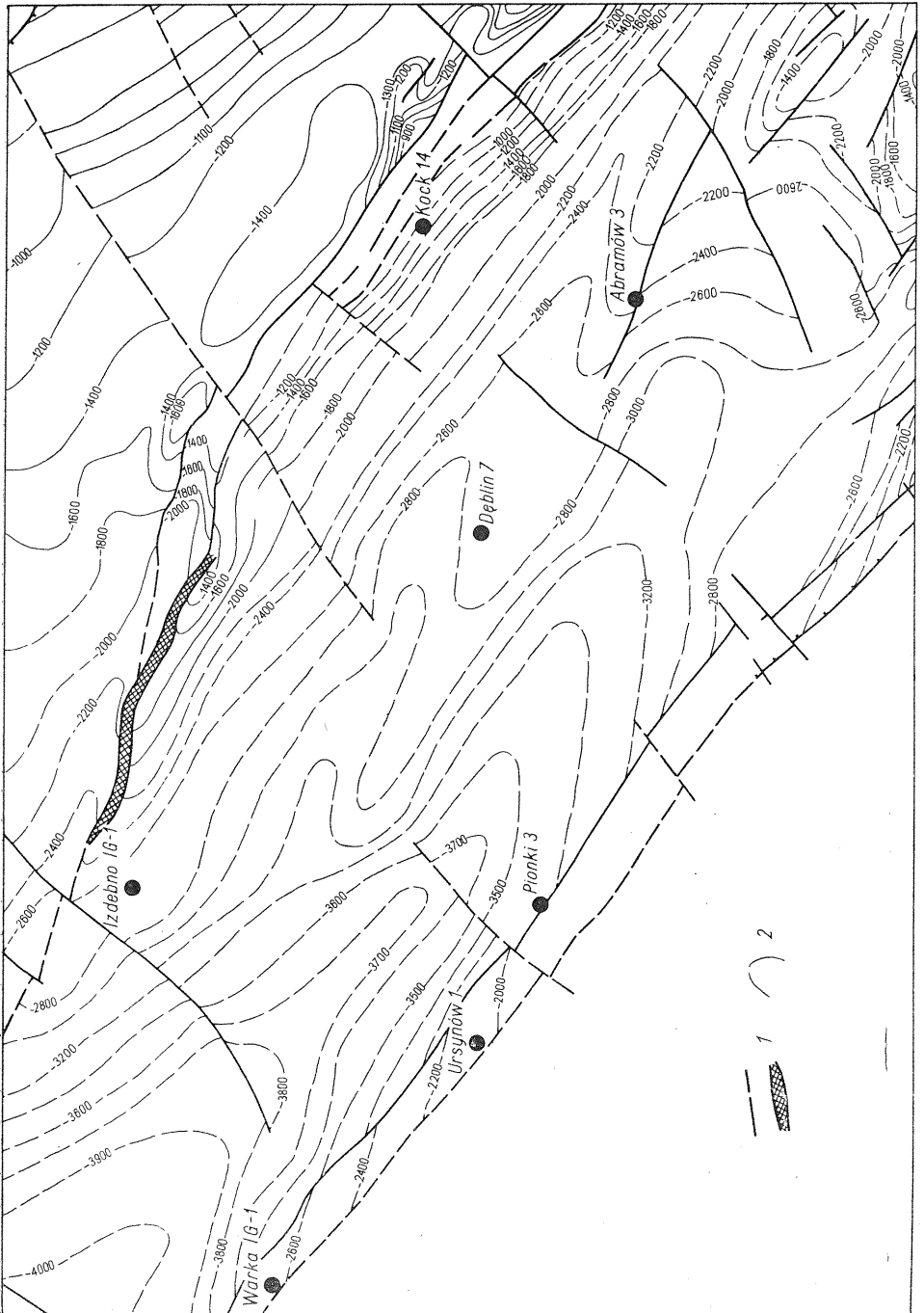


Fig. 2.

odbitych jednokrotnych i fal wielokrotnych jest tutaj znacznie pewniej przeprowadzona niż przy pracach powierzchniowych.

Dla bardziej dokładnego dowiązania stratygraficznego refleksów w pionowych profilowaniach wykorzystuje się punkt przecięcia fali prostej i fali odbitej. Zagadnienie to — łatwe dla fal odbitych o wyróżniającej się dynamice i pewnie śledzących się od granicy aż do powierzchni ziemi — staje się trudne w przypadkach często występujących stref interferencji w pobliżu pierwszych impulsów oraz dużych amplitud tych impulsów. W tych wszystkich przypadkach korzystanie tylko z samych pionowych profilowań sejsmicznych pozwala na wyznaczenie przedziału przekroju geologicznego, w którym występuje granica odpowiedzialna za powstawanie fali odbitej.

ZAKRES POMIARÓW I UZYSKANE WYNIKI

W północnej i środkowej części rowu lubelskiego w latach 1969—72 wykonano 7 pionowych profilowań sejsmicznych o zbliżonej metodyce i technice pomiarów. Wzbudzenie drgań przeprowadzano najczęściej z dwóch punktów strzałowych, położonych w odległości 125—1300 m od wylotu głębokich otworów. Do rejestracji drgań używano aparatur z zapisem magnetycznym typu Poisk oraz dwu- pięcio- lub sześciogeofonowych sond z odległościami między geofonami = 15 lub 25 m. Maksymalne głębokości pomiarów mieściły się w granicach od 2100 do 3100 m. W dwóch otworach, niezależnie od profilowań sejsmicznych, wykonane zostały pomiary prędkości średnich. Otrzymane wyniki badań zostały przedstawione w postaci sekcji czasowych, sekcji czasowych opracowanych sposobem kierunkowego sumowania oraz w dwóch przypadkach — sekcji sporządzonych systemem optycznej filtracji. Wszystkie ważniejsze parametry metodyki i techniki wykonanych pionowych profilowań zostały ujęte w tabeli 1.

Otrzymane sekcje czasowe przedstawiają niejednorodne, często nieporównywalne materiały zarówno pod względem możliwości śledzenia interesujących fal, jak i wykorzystania ich do analizy warunków powstawania refleksów. Zasadniczymi przyczynami niezadowolającej jakości wyników jest położenie niektórych wierceń w złożonych warunkach strukturalnych (fig 2) oraz stan zarurowania i zacementowania otworów. W omawianym rejonie utwory dewonu i karbonu charakteryzują się silnym zdyslokowaniem i podzieleniem na bloki; kompleks ten zalega pokrywa zbudowana z jury i kredy, a w części północno-zachodniej także z osadów triasu i permu. Jakość sekcji czasowych związana jest również z poprawnością stosowanej metodyki prac pomiarowych oraz opracowania.

Fig. 2. Rozmieszczenie wierceń z wykonanymi pionowymi profilowaniami sejsmicznymi na tle mapy strukturalnej spągu karbonu (mapa strukturalna według A. M. Żelichowskiego)

Distribution of boreholes with vertical seismic profiling on the structural map of the Carboniferous base (structural map after A. M. Żelichowski)

1 — uskoki; 2 — izolinia spągu karbonu
1 — faults; 2 — isoline of the Carboniferous base

Otwory Warka IG-1, Ursynów 1 i Pionki 3 położone są na obszarze lub w bezpośrednim sąsiedztwie strefy dyslokacyjnej o kierunku NW-SE (Grójec — Kazimierz), stanowiącej południowo-zachodnią granicę rowu lubelskiego. Wzdłuż wymienionego uskoku (strefy uskokowej) o zrzućcie około 2 km na powierzchni podpermomezozoicznej graniczą ze sobą różne utwory dewonu i różne ogniwa karbonu. Wymieniona strefa utworzona jest co najmniej z dwóch zasadniczych uskoków oddalonych od siebie o około 2 km, poprzecinanych uskokami poprzecznymi (L. Miłaczewski, A. M. Żelichowski, 1970; A. M. Żelichowski, 1972). Obok skomplikowanych warunków strukturalnych we wszystkich trzech otworach w pomiarach pionowych profilowań zaznaczyły się wyraźnie również inne zakłócenia. W wierceniu Warka IG-1, pomimo dwukrotnego pomiaru z powodu złego stanu technicznego otworu (zacementowanie), sekcje czasowe od powierzchni ziemi do głębokości 1950 m są nieczytelne. Odstrzelanie w strefie małych prędkości jednego punktu strzałowego dla otworu Ursynów 1 spowodowało występowanie intensywnych fal szkodliwych. Sekcje czasowe z tego punktu praktycznie uniemożliwiają prześledzenie fal odbitych i fal padających. W otworze Pionki 3 uzyskano stosunkowo czytelne rejestracje zarówno fal odbitych, jak i padających z obydwóch punktów strzałowych. Jednak wykorzystanie tych materiałów do interpretacji napotyka na istotne trudności, wynikające ze znacznie wyższych wartości czasów hodografu pionowego w stosunku do pierwszych impulsów na sekcji czasowej — do 170 msek, oraz istnienia wybitnych różnic w bezwzględnych wartościach współczynników kątowych, liczonych dla osi zgodności fazowych fali prostej i fal odbitych.

Przedział głębokościowy pomiarów w wymienionych trzech wierceniach obejmuje utwory permomezozoiczne o miąższości od 1546 m do 2260 m oraz utwory karbonu górnego. Jedynie w otworze Warka IG-1 badaniami objęto pełny kompleks karbonu oraz utwory dewonu (?) i syluru. Z powodu przedstawionych dotychczas trudności dla potrzeb interpretacji pomiary mogą zostać wykorzystane w znacznie węższym zakresie. Dotyczy to albo wyników wybranych punktów strzałowych, albo tylko czytelnych odcinków sekcji. W otworze Warka IG-1 istnieje możliwość opracowania odcinków sekcji z obydwóch punktów strzałowych, obejmujących przedział głębokości 1950—2850 m. Dla wiercenia Ursynów 1 czytelne są sekcje z punktu strzałowego położonego w odległości blisko 500 m od wylotu głębokiego otworu. Natomiast wyniki pomiaru Pionki 3 można wykorzystać dla ogólnej informacji o charakterze fal i występowaniu granic w piętrach geologicznych bez szczególnej ich analizy.

Na sekcjach czasowych otworów Warka IG-1 i Ursynów 1 dominującymi falami są impulsy fal padających. Występują one w szerokim przedziale czasowym (około 1,4 sek), położonym bezpośrednio za wejściem fali prostej. Na tle intensywnych fal padających fale odbite słabiej, przeważnie w obszarze położonym w pobliżu granic odbijających, znajdujących się w utworach starszych od permu. Dużą pomocą w ich korelacji są sekcje kierunkowego sumowania oraz hodografy pionowe. Inny obraz przedstawiają sekcje czasowe otworu Pionki 3. Fale padające i fale odbite mają tu porównywalną intensywność.

ność, dzięki czemu osie refleksów można śledzić na dość długich odcinkach. Zarejestrowane na sekcjach fale odbite związane są z utworami od jury do karbonu.

Otwory Dęblin 7, Abramów 3 usytuowane są na ciągu antyklinalnych struktur karbońskich Żyrzyn — Świdnik, znajdującym się w centralnej części rowu lubelskiego (fig. 2). Otrzymane sekcje czasowe pozwalają na przesłedzenie (obok fal padających) również na dość długich odcinkach fal odbitych, mało jednak wyróżniających się dynamicznym zapisem (fig. 3). Nawet na sekcjach kierunkowego sumowania obserwuje się wielofazowe strefy o uporządkowanym zapisie, które umożliwiają wydzielenie refleksów, jednak bez pewnego określenia ich pierwszej lub drugiej fazy. Obydwa pomiary obejmują obok jury i kredy osady westfalu i namuru. Miąższość utworów karbonu objęta badaniami — z uwagi na ich mały zasięg głębokości — nie przekracza 1000 m.

Ostatnie dwa pomiary w otworach Izdebno IG-1 i Kock 14 znajdują się w skrajnej części rowu lubelskiego (fig. 2), w sąsiedztwie zrębu karbońsko-dewońskiego Żelechów — Lubartów, który wiązany jest ze strefą dyslokacyjną ograniczającą omawiany obszar od strony północno-wschodniej (L. Miłaczewski, A. M. Żelichowski, 1970; A. M. Żelichowski, 1972). Otrzymane tutaj wyniki pomiarów są stosunkowo dobrej jakości. Wyższy poziom fal zakłócających, uniemożliwiających śledzenie fal padających i odbitych, występuje w obydwu wierceniach w obszarze od powierzchni ziemi do głębokości około 800 m oraz w otworze Izdebno IG-1 także na odcinku 1300—1600 m. Strefy te o niezadowalającej jakości pomiarów wiązane są ze stanem technicznym otworów. Na otrzymanych sekcjach czasowych, z bliższych jak i dalszych od wylotu otworów punktów strzałowych, widoczne są te same fale; z bliższych punktów są one jednak łatwiejsze do wyznaczenia. Zakres pomiarów obejmuje utwory permomezozoiczne w Izdebnie IG-1, kredy i jury w Kocku 14, oraz karbonu i dewonu w obydwóch otworach. Ze względu na przedstawione wyżej zakłócenia do interpretacji mogą zostać wykorzystane sekcje czasowe w przedziale głębokościowym od 1000 do 3000 m. Przedział czasowy, w którym śledzą się fale odbite i padające, w obydwóch otworach nie przekracza 2,0 sek. Charakterystyczną własnością sekcji jest występowanie czytelnych fal odbitych w strefie położonej w bliskim sąsiedztwie pierwszych impulsów. Pomocą w wydzieleniu i korelacji fal są sekcje otrzymane sposobem kierunkowego sumowania.

ANALIZA SEKCJI CZASOWYCH

Podstawowa interpretacja wyników pionowych profilowań sejsmicznych wykonana została na sekcjach czasowych otrzymanych z punktów strzałowych, które są położone w odległości 125—500 m od wylotu głębokich otworów (fig. 3—5). Wyznaczone fale odbite i padające kontrolowano rezultatami interpretacji sekcji kierunkowego sumowania, sekcji z dalszych punktów strzałowych oraz wykresami pionowych hodografów. Na przekroju stratygraficznym zostały następnie określone dla poszczególnych fal przedziały głębokościowe, z którymi wiązano powstawanie refleksów. Długość tych przedziałów przyjęto umownie jako

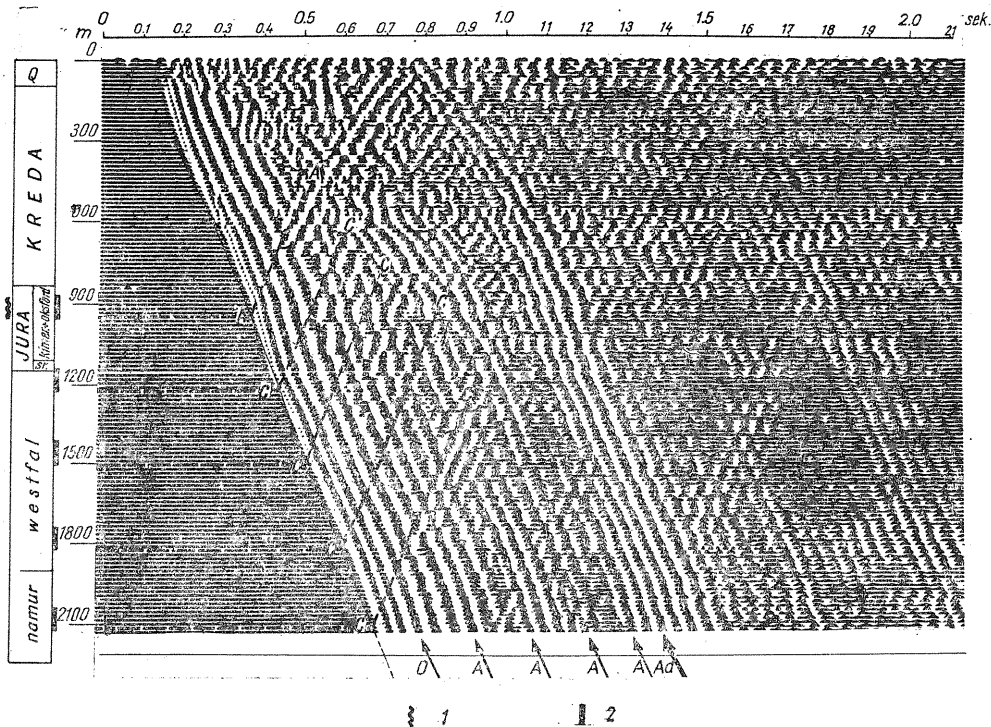


Fig. 3. Interpretacja fal padających i fal odbitych na sekcji czasowej dla otworu Dęblin 7 (sekcja czasowa — materiały ZGN)

Interpretation of incident and reflected waves on time-section for the Dęblin 7 borehole (time-section provided by ZGN)

1 — granice odbijające wyznaczone według fal padających; 2 — granice odbijające wyznaczone według fal odbitych

1 — reflectors identified by incident waves; 2 — reflectors identified by reflected waves

75-metrowe odcinki odpowiadające przeciętnej różnicy czasów między dwiema sąsiednimi fazami na sekcjach. Równocześnie założono, że wyznaczone fale odpowiadają drugim fazom poszczególnych impulsów. Ponieważ powyższe uproszczenia nie zawsze będą spełnione z powodu różnej jakości sekcji czasowych oraz niekiedy wielofazowych rejestracji fal, w wielu przypadkach wyznaczone przedziały mogą ulec rozszerzeniu.

Otrzymane na podstawie przeprowadzonej analizy wyniki o stratygraficznej przynależności granic odbijających zostały zestawione w tabelach 2—4 dla wyróżnionych trzech stref rozmieszczenia pomiarów. W tabelach ujęto dane głębokościowe i stratygraficzne opisujące granice oraz krótką charakterystykę fal będących podstawą do wyznaczenia przedziału powstawania refleksów. W oparciu o wybrane własności geologiczne i sejsmiczne poszczególne granice i odpowiadające im fale oznaczono literami O, A, B, C, D. Przedstawiona charakterystyka odbić związanych z najbardziej górną strefą pomiędzy powierzchnią ziemi

a jurą jest podana w sposób mało szczegółowy, ponieważ opracowano ją niemal wyłącznie według fal padających. Natomiast dla osadów głębszych, gdzie do identyfikacji wykorzystano głównie fale odbite, opis został podany oddzielnie dla poszczególnych granic.

Ze względu na różną jakość materiałów wyjściowych wykorzystanych do przeprowadzonej analizy, ustalone zostały trzy następujące kryteria charakteryzujące stopień pewności wyznaczonych granic (przebiegów) odbijających:

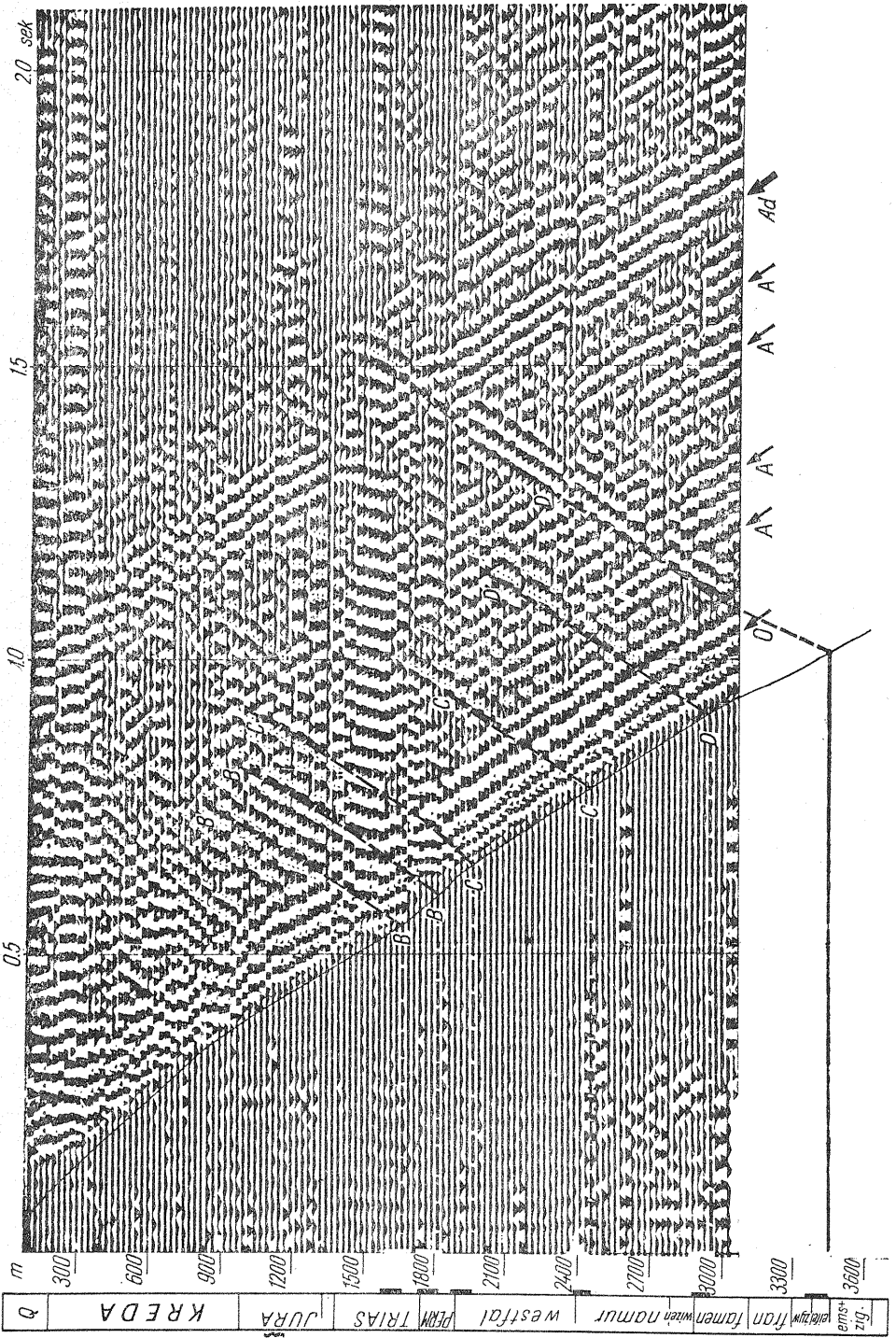
— granice refleksyjne pewne, oparte na falach odbitych, korelujące się na sekcjach czasowych, potwierdzone sekcjami kierunkowego sumowania;

— granice refleksyjne mniej pewne, wyznaczone poniżej głębokości pomiaru na podstawie pomierzonego lub przyjętego według prędkości kompleksowych hodografu pionowego oraz ekstrapolowanych kierunków osi fazowych fal odbitych, śledzonych na sekcjach czasowych;

— przypuszczalne granice refleksyjne, od których nie zarejestrowano fal odbitych; wyznaczone zostały na podstawie fal padających przy założeniu, że drugi punkt odbicia położony jest na powierzchni ziemi lub w spąg strefy małych szybkości.

Z przedstawionych materiałów (tab. 2—4) najbardziej dyskusyjną wartość mają wyniki otrzymane dla otworów Warka IG-1, Ursynów 1 i Pionki 3. Spowodowały to usterki w pomiarach związane ze stanem technicznym otworów oraz usytuowaniem wierceń w strefie uskokowej. Interpretacja sekcji czasowych we wszystkich trzech otworach określa występowanie w utworach przypowierzchniowych oraz w kredzie i jurze kilku granic odbijających O—A. Wymienione granice i powierzchnia ziemi (lub spąg strefy małych szybkości) powodują, iż obok fal odbitych występują fale padające, które dobrze korelują się z bliskich i dalszych punktów strzałowych oraz mogą być śledzone w całym przedziale głębokościowym sekcji czasowych.

Wśród fal padających wyróżnia się intensywnością zapisu i długimi odcinkami korelacji fala, która pierwszy raz uległa odbiciu od osadów kimerydu lub oksfordu — granica A_d. Czas występowania tej fali na sekcjach czasowych stanowi dla większości przypadków górną granicę śledzenia fal odbitych, które najlepiej korelują się w pobliżu granic refleksyjnych. Z kompleksem permotriasu, który występuje w omawianym rejonie wiązana jest tylko jedna granica odbijająca w trasie. Ciekawym zagadnieniem jest brak zidentyfikowanych odbić, które mogą odpowiadać granicom w osadach cechsztynu. W porównaniu z obrazem falowym dla permomezozoiku utwory karbońskie przedstawiają zróżnicowany obraz granic odbijających w zależności od sytuacji otworów. W Ursynowie 1 i Pionkach 3, gdzie występuje karbon górny, określono kilka granic odbijających, z których najpłytsza znajduje się w strefie kontaktu permu i karbonu. Natomiast w otworze Warka IG-1, gdzie karbon reprezentowany jest przez namur i wizen o miąższości ponad 300 m, na sekcjach czasowych nie zaobserwowano fal, które mogą odpowiadać granicom odbijającym położonym w tych utworach. W tym samym wierceniu z dewonu? lub syluru zarejestrowano dostatecznie wyraźną falę odbitą, dla której granica znajduje się na głębokości 3065—3140 m.



Wyniki opracowania sekcji czasowych dla otworów Dęblin 7 i Abramów 3 dostarczają stosunkowo skromnych materiałów o granicach odbijających w centralnej części rowu lubelskiego (fig. 3, tab. 3). Wiąże się to przede wszystkim z małym zasięgiem głębokościowym pomiarów oraz brakiem w obrębie karbonu fal o wyróżniającej się dynamice. Charakter granic odbijających w utworach obejmujących przedział od powierzchni ziemi do spągu jury ma bardzo zbliżony obraz do omówionego już dla SW części rowu lubelskiego. W omawianych wierceniach granicę odbijającą w kimerydzie lub oksfordzie i związaną z nią falą padającą o dużej intensywności zarejestrowano nieomal na całym przedziale głębokościowym sekcji. Z utworami karbonu, które reprezentowane są przez osady westfalu i namuru, wiążą się w każdym otworze przynajmniej cztery granice odbijające, wyznaczone według fal odbitych. Najpłytsza z nich znajduje się w pobliżu kontaktu karbonu i jury. Wszystkie fale odbite w karbonie są bardzo trudne do wyznaczenia na sekcjach czasowych. Dopiero sekcje kierunkowego sumowania pozwalają na określenie śladów fal. Jednak brak większego zróżnicowania w dynamice rejestracji oraz często pojawiające się wielofazowe strefy poważnie utrudniają zidentyfikowanie pierwszych faz również w tym przypadku.

Ze wszystkich omawianych dotychczas wyników najbardziej wiarogodne i najpełniejsze rezultaty przedstawiają sekcje czasowe z otworów Izdebno IG-1 i Kock 14, które charakteryzują granice odbijające w NE części rowu lubelskiego (fig. 4 i 5, tab. 4). Podobnie jak w poprzednich rejonach i tutaj wyróżniono kilka granic odbijających w utworach czwartorzędu oraz kredy i jury. Granice te zostały określone na podstawie interpretacji fal padających. W obydwu wierceniach oznaczono również granicę odbijającą w kimerydzie lub oksfordzie, z którą związane jest powstanie fali o dużej dynamice. Utwory permotriasu, występujące tylko w północnej części, reprezentowane są przez dwie granice odbijające, wydzielone według fal odbitych. Nie określono jednoznacznie pierwszych lub drugich impulsów tych fal z powodu szerokiej wielofazowej strefy, o zbliżonej intensywności, w której nawet fala odbita od granicy w cechszynie nie wyróżnia się dynamiką zapisu. W kompleksie utworów karbońskich w omawianych wierceniach ustalona została na podstawie fal odbitych granica w utworach namuru. W strefie obejmującej kontakt karbonu i nadkładu wyznaczono falę odbitą i granicę refleksyjną, która może być wiązana z osadami westfalu lub permu oraz namuru lub jury. Zagadnienie występowania granic odbijających w spągu karbonu, tj. wizenie, nie zostało jednoznacznie wyjaśnione. W obydwu otworach stwierdzono granice w przystropowej części famenu (warstwy niedrzwickie lub hulczańskie), nie można jednak całkowicie wykluczyć istnienia tej granicy w dolnej części wizenu. W warstwach

Fig. 4. Interpretacja fal padających i fal odbitych na sekcji czasowej dla otworu Izdebno IG-1 (sekcja czasowa wykonana w PGGN-Kraków)

Interpretation of incident and reflected waves on time-section for the Izdebno IG-1 borehole (time-section completed at PGGN, Cracow)

Objaśnienia jak na fig. 3

Explanations see Fig. 3

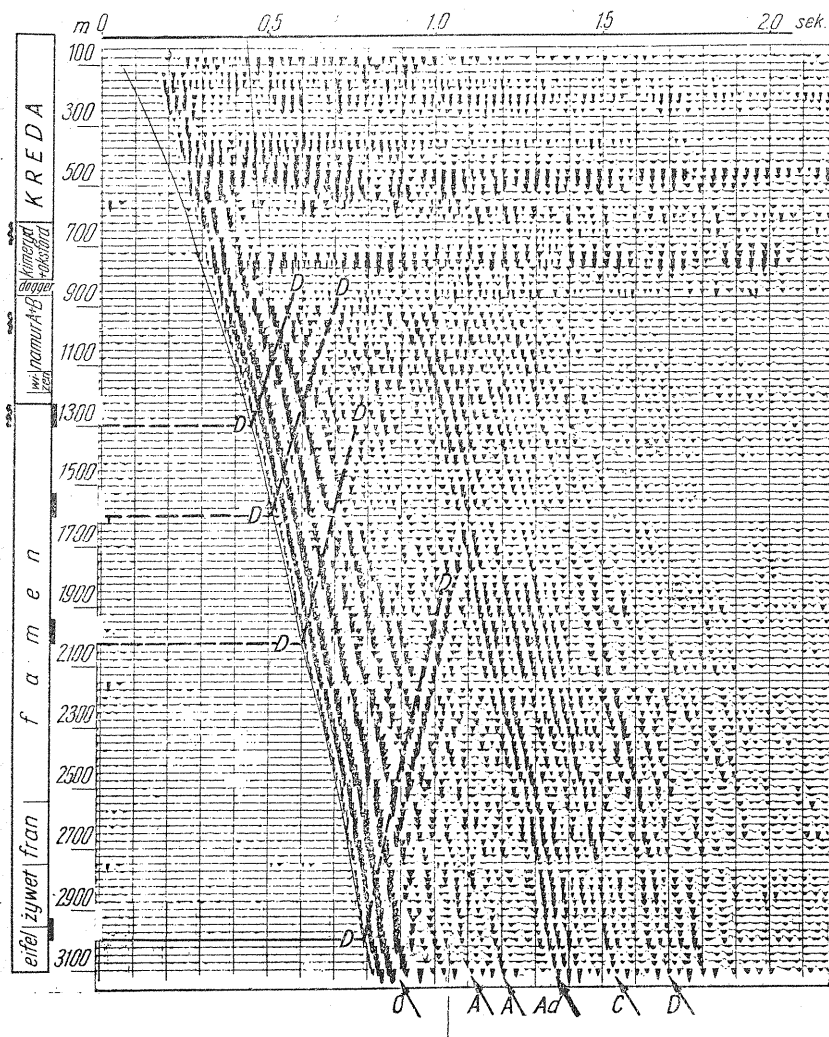


Fig. 5. Interpretacja fal padających i fal odbitych na sekcji czasowej dla otworu Kock 14 (sekcja czasowa — materiały PGGN-Kraków)

Interpretation of incident and reflected waves on time-section for the Kock 14 borehole (time-section provided by PGGN, Cracow)

Objaśnienia jak na fig. 3

Explanations see Fig. 3

hulczańskich oraz w wapieniach gruzłowych znajdują się dalsze dwie granice, które zostały wyznaczone według fal odbitych o nieznacznie zwiększonych amplitudach w stosunku do tła sekcji czasowych. Poniżej wapieni gruzłowych, w dewonie górnym, granic odbijających nie stwierdzono. W obydwóch otworach została zarejestrowana fala odbita zwią-

Zestawienie parametrów pomiaru i opracowania pionowych profilowań sejsmicznych

Nazwa otworu rok pomiaru	Wys. n.p.m. głęb. pomiaru	Odległości punktów strzałowych od głębokiego otworu w m	Aparatura — typ ilość geofonów i odległość między geofonami	Forma przed- stawienia wyników	Dodatkowe opracowanie	Uwagi
Pionki 3 1969	150 m 2430 m	P.S.1 d=125 P.S.2 d=900	Poisk I-24 MOW 5 15	sekcje czasowe dla P.S. 1 i P.S. 2	sekcje optycznej filtracji dla P.S.1 i. P.S.2	w 1967 r. wykona- ny został ponadto pomiar prędkości
Dęblin 7 1969	124 m 2100 m	P.S.1 d=260 P.S.2 d=275 P.S.3 d=815	Poisk I-24 MOW 5 15	sekcje czasowe dla P.S.1 i P.S.3	sekcje optycznej filtracji dla P.S.1 i P.S.2 sekcje kierunkowe- go sumowania dla P.S.1	
Abramów 3 1970	155 m 2100 m	P.S.1 d=200 P.S.2 d=505	Poisk — SK 2 25	sekcje czasowe dla P.S.1 i P.S.2	sekcje czasowe dla różnych parame- trów filtracji dla P.S.1 i P.S.2 sekcje kierunkowe- go sumowania dla P.S.1	
Ursynów 1 1970	147 m 2125 m	P.S.1 d=185 P.S.2 d=494	Poisk — SK 2 25	sekcje czasowe dla P.S.1 i P.S. 2	sekcje czasowe dla różnych parame- trów filtracji dla P.S.2; sekcje kie- runkowego sumo- wania dla P.S.2	w 1968 r. wykonany został ponadto pomiar prędkości
Izdebno IG-1 1971	137 m 3050 m	P.S.1 d=223 P.S.2 d=534	Poisk — SK 2 25	sekcje czasowe dla P.S.1 i P.S.2	sekcje kierunko- wego sumowania dla P.S.1 i P.S.2	
Kock 14 1972	155 m 3100 m	P.S.1 d=250 P.S.2 d=550	Poisk — SK 2 25	sekcje czasowe dla P.S.1 i P.S.2	sekcje kierunko- wego sumowania dla P.S.1 i P.S.2	
Warka IG-1 1972	112 m 2850 m	P.S.1 d=200 P.S.2 d=1300	Poisk MOW-SK 6 15	sekcje czasowe dla P.S.1 i P.S.2	sekcje kierunko- wego sumowania dla P.S.1 i P.S.2	Pomiar wykonano dwukrotnie z po- wodu złego stanu technicznego ot- woru

Granice odbijające wyznaczone w pobliżu strefy dyslokacyjnej
Grójec — Kazimierz

Kompleks geologiczny	Oznaczenie granic i fal	Warka IG-1		Ursynów 1		Pionki 3	
		Miąższość kompleksu		Miąższość kompleksu		Miąższość kompleksu	
		Położenie granic odbijających	Charakterystyka fal	Położenie granic odbijających	Charakterystyka fal	Położenie granic odbijających	Charakterystyka fal
Q+T	O	0 — 165 m granica odbijająca w utworach przypowierzchniowych	intensywna fala padająca w bezpośrednim sąsiedztwie pierwszych impulsów	0 — 54 m granica odbijająca w utworach przypowierzchniowych	intensywna fala padająca w bezpośrednim sąsiedztwie pierwszych impulsów	0 — 60 m	fale padające trudne do zidentyfikowania
Kreda Jura	A	165 — 1789 m kilka granic odbijających w przedziale głębokościowym 240 — 1380 m	około 6 fal padających w różnej intensywności	54 — 1389 m kilka granic odbijających w przedziale głębokościowym 150 — 1170 m	około 5 fal padających o różnej intensywności	60 — 1480 m	
Kimeryd Oksford	A _d	1187 — 1639 m granica odbijająca w przedziale głębokościowym 1305 — 1380 m	dynamiczna fala padająca	925 — 1356 m granica odbijająca w strefie kontaktu kredy i jury 875 — 950 m granica odbijająca 1095 — 1170 m	dynamiczne fale padające trudne do rozdzielenia		dynamiczna fala odbita i padająca
Trias Perm	B	1789 — 2425 m granica odbijająca na granicy jury i triasu 1755 — 1830 m	fala padająca	1389 — 1757 m granica odbijająca w triasie 1425 — 1500 m	fala padająca	1480 — 1606 m	granice odbijające trudne do zidentyfikowania
Karbon	C	2425 — 2740 m brak granic odbijających w namurze i wizenie		1757 — 2218 m granica odbijająca w strefie kontaktu permu i karbonu 1750 — 1825 m granica odbijająca w karbonie górnym 1900 — 1975 m	fala padająca i fala odbita fala odbita	1606 — 2700 m	3-4 granice odbijające w karbonie górnym wg fal odbitych
Utwory karbonu nie objęte wynikami		—		—		2700 — 3025 m (nie przeбитo)	
Dewon ? Sylur	D	2740 — 3145 m (nie przebito) granica odbijająca 3065 — 3140 m	dynamiczna fala odbita	brak wyników profilowania sejsmicznego		—	

Granice odbijające wyznaczone w centralnej części rowu lubelskiego
(Dęblin — Abramów)

Kompleks geologiczny	Oznaczenie granic	Dęblin 7		Abramów 3	
		Miąższość kompleksu		Miąższość kompleksu	
		Położenie granic odbijających	Charakterystyka fal	Położenie granic odbijających	Charakterystyka fal
Q+T	O	0 — 91 m granica odbijająca w utworach przypowierzchniowych	fala padająca w sąsiedztwie pierwszych impulsów	0 — 77 m granice odbijające w utworach przypowierzchniowych	fala padająca w sąsiedztwie impulsów
Kreda Jura	A	91 — 1156 m kilka granic odbijających w przedziale głębokościowym 200—945 m	około 5 fal padających o różnej intensywności	77 — 1034 m kilka granic odbijających w przedziale głębokościowym 150 — 975 m	około 4 fale padające o różnej intensywności
Kimeryd Oksford	*A _d	842 — 1120 m granica odbijająca 870 — 945 m	fala padająca i odbita o dużej intensywności	918 — 926 m granica odbijająca 900 — 975 m	fala padająca
Westfal	C	1156 — 1902 m granica odbijająca w strefie kontaktu jury i karbonu 1155 — 1230 m dwie granice odbijające w westfalu 1435 — 1510 m i 1750 — 1825 m	fala odbita fale odbite	1034 — 1615 m dwie granice odbijające w westfalu: 1075 — 1150 m i 1375 — 1450 m płytsza z nich w przystropowej części	fale odbite śledzące się na krótkich odcinkach
Namur	C	1902 — 2150 m granica odbijająca w namurze 2040 — 2115 m	fala odbita	1615 — 2200 m dwie granice odbijające w namurze 1835 — 1910 m i 2060 — 2135 m	fale odbite śledzące się na krótkich odcinkach
Utwory namuru nie objęte wynikami pionowych profilowań		2150 — 2650 m		2200 — 2440 m	

Granice odbijające wyznaczone w NE części rowu lubelskiego
(Izdebno — Kock)

Kompleks geologiczny	Oznaczenie granic	Izdebno IG-1		Kock — 14	
		Miąższość kompleksu		Miąższość kompleksu	
		Położenie granic odbijających	Charakterystyka fal	Położenie granic odbijających	Charakterystyka fal
Q+T	O	0 — 195 m granica odbijająca w utworach przypowierzchniowych	intensywna fala padająca w sąsiedztwie pierwszych impulsów	0 — 32 m granica odbijająca w utworach przypowierzchniowych	fala padająca w sąsiedztwie pierwszych impulsów
Kreda Jura	A	195 — 1370 m kilka granic odbijających w przedziale głębokościowym 280 m do 1175 m	około 5 fal padających o różnej intensywności	32 — 866 m kilka granic odbijających w przedziale głębokościowym 300 — 690 m	około 4-ch fal padających o różnej intensywności
Kimeryd Oksford	A _d	985 — 1340 m granica odbijająca 1100 — 1175 m	dynamiczna fala padająca	640 — 817 m granica odbijająca w strefie kontaktu kredy i jury 615 — 690 m	fala padająca o dużej dynamice
Trias Perm	B	1370 — 1897 m granica odbijająca w pstrym piaskowcu 1575 — 1650 m granica odbijająca w strefie kontaktu triasu z cechsztynem 1750 — 1825 m	fale odbite, trudne do wyznaczenia w szerokiej wielofazowej strefie	—	—
Westfal	C	1897 — 2400 m granica odbijająca w strefie kontaktu permu i karbonu 1875 — 1950 m	fala odbita, trudna do wyznaczenia w szerokiej wielofazowej strefie	—	—
Namur	C	2400 — 2796 m granica odbijająca w strefie kontaktu westfalu i namuru 2375 — 2450 m	fala odbita śledzona na krótkim odcinku, trudna do wyznaczenia	866 — 1119 m granica odbijająca w namurze 925 — 1000 m	fala padająca
Wizen		2796 — 2895 m patrz warstwy niedrzwickie		1119 — 1229 m patrz warstwy hulczańskie	
FAMEN	Warstwy niedrzwickie (hulczańskie) D	2895 — 2985 m granica odbijająca w strefie kontaktu wizenu i famenu 2875 — 2950 m	fala odbita, wyróżnia się zapisem na sekcji czasosowej	1229 — 1811 m granica odbijająca w strefie kontaktu wizenu i famenu 1225 — 1300 m granica odbijająca w warstwach hulczańskich 1525 — 1600 m (famen)	fala padająca i odbita fala odbita
	wapienie gruzłowe D	—	—	1811 — 2287 m granica odbijająca w wapieniach gruzłowych 1950 — 2025 m (famen)	fala odbita
	wapienie pasiaste	2985 — 3123 m brak granic odbijających		2287 — 2537 m brak granic odbijających	
Fran		3123 — 3313 m brak granic odbijających		2537 — 2740 m brak granic odbijających	
Żywet		3313 — 3375 m patrz eifel		2740 — 2950 m patrz eifel	
Eifel	D	3375 — 3465 m granica odbijająca w strefie kontaktu żywetu i eifelu 3375 — 3450 m	fala odbita o dużej dynamice	2950 — 3130 m granica odbijająca w strefie kontaktu żywetu i eiflu 2925 — 3000 m	fala odbita o dużej dynamice

zana z granicą w dewonie środkowym. Wyróżnia się ona ze wszystkich dotychczas omówionych fal odbitych dużą dynamiką zapisu oraz długością śledzenia na sekcjach czasowych. Przedział głębokościowy, w którym granica ta jest położona, znajduje się w przystropowej części eiflu lub w strefie kontaktu żywetu i eiflu. Na wymienionej granicy kończy się zasięg głębokościowy wyników pionowych profilowań.

GRANICE REFLEKSYJNE

Przeprowadzona analiza wyników pionowych profilowań sejsmicznych umożliwiła wyznaczenie w północnej i centralnej części rowu lubelskiego charakterystycznych regionalnych granic odbijających. Równocześnie określiła ona granice o lokalnym rozmieszczeniu, typowe dla obszarów położonych w sąsiedztwie wykonanych pomiarów. Należy zaznaczyć jednak, że pojedyncze informacje o granicach odbijających wymagają krytycznej oceny lub potwierdzenia w wynikach najbliższej położonych otworów. Wiąże się to z usytuowaniem niektórych wierceń w sąsiedztwie stref tektonicznych oraz nie zawsze zadowalającej jakości sekcji czasowych. Otrzymano dane o granicach odbijających określone są jako przedziały głębokościowe o umownej wielkości 75 m, w których następuje formowanie się impulsu fali odbitej. Wyznaczenie bardziej szczegółowego położenia granic — tak w zakresie głębokości, jak i do wiązania litostratygraficznego — wymaga przeprowadzenia analiz karotażu akustycznego oraz obliczeń sejsmografów syntetycznych, co wykracza poza ramy niniejszej pracy. Dla przedstawienia opracowanych materiałów o granicach odbijających i odpowiadającym im kompleksach stratygraficznych zestawiono wynikowe diagramy (fig. 6). Charakterystykę sejsmogeologiczną północnej i centralnej części rowu lubelskiego można zaś przedstawić w nawiązaniu do wyróżnionych kompleksów sejsmogeologicznych O—A, B, C, D.

Pierwszy kompleks obejmuje przedział głębokościowy, w którym położone są granice odbijające O i A, a więc utwory trzeciorzędu i czwartorzędu oraz kredy i jury, występujące w najwyższej części profilu geologicznego. Rozmieszczony on jest w całym obszarze badań w postaci pokrywy o miąższości od 800 do 1800 m i scharakteryzowany przez kilka granic, z którymi związane są fale o różnej intensywności. Obraz falowy związany z tym kompleksem na sekcjach czasowych utworzony jest głównie przez fale padające, które zostały drugi raz odbite od powierzchni ziemi lub spągu strefy małych szybkości. Wymienione fale padające, dające się śledzić wzdłuż całego przedziału głębokościowego sekcji czasowych, stanowią zasadnicze tło zakłóceń dla fal odbitych, pochodzących z większych głębokości. Wśród fal padających wyróżnia się dynamicznym zapisem fala A_d , odpowiadająca granicy odbijającej w utworach kimerydu lub oksfordu. Fala ta została zarejestrowana ze wszystkich punktów strzałowych i w znakomitej większości przypadków stanowi górny zakres przedziału, w którym widoczne są na sekcjach fale odbite związane z utworami karbonu i dewonu (fig. 3, 4 i 5). Falę padającą A_d , której intensywność jest porównywalna z impulsami fali bezpośrednio, należy rozpatrywać nie tylko jako podstawowy refleks wielokrotny, lecz także jako potencjalne źródło fal zała-

manych. Rejestracje tych fal będą występowały na sejsmogramach otrzymywanych przy pracach refrakcyjnych w dalszych impulsach, z odpowiednim opóźnieniem w stosunku do fal czołowych lub przenikających

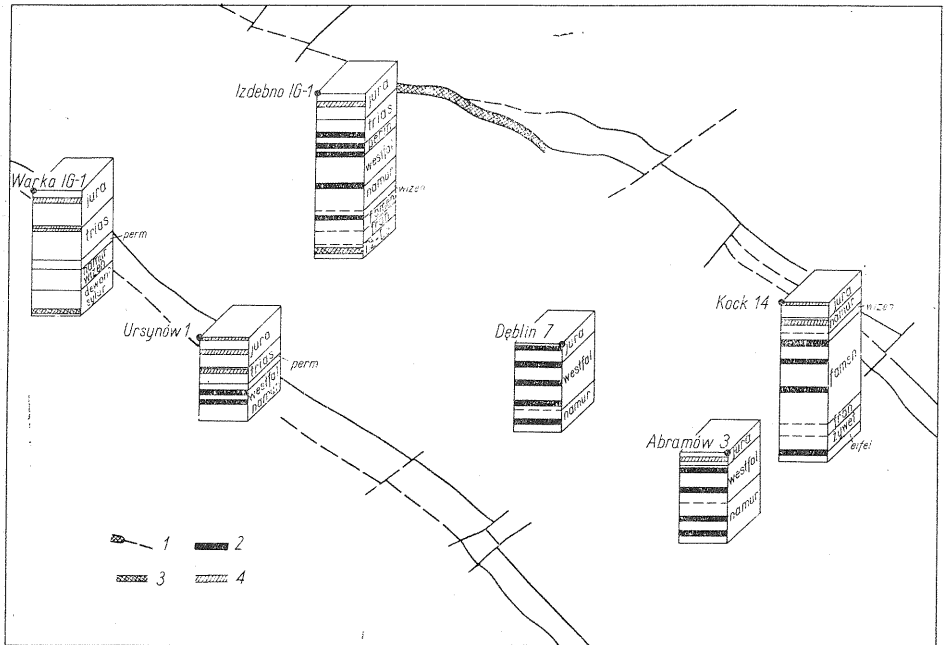


Fig. 6. Zestawienie diagramów granic odbijających w utworach jury, permotriasu, karbonu i dewonu na tle tektonicznych granic rowu lubelskiego

Composite diagram of reflectors within the Jurassic, Permian-Triassic, Carboniferous, and Devonian rocks against the tectonic boundaries of the Lublin graben

1 — ramy tektoniczne rowu lubelskiego; 2 — granice odbijające pewne; 3 — mniej pewne granice odbijające; 4 — granice odbijające wyznaczone według fal padających

1 — tectonic framework of the Lublin graben; 2 — distinct reflectors, 3 — less distinct reflectors; 4 — reflectors identified by incident waves

cych, związanych ze starszym paleozoikiem lub podłożem krystalicznym (J. Skorupa, 1974). Przedstawiony kompleks z granicami O — A oraz odpowiadający mu obraz falowy, a w szczególności granicę i fale A_d należy traktować jako podstawowy, regionalny element sejsmogeologicznych własności rowu lubelskiego.

Z utworami permotriasu, występującymi tylko w północno-zachodniej części rowu lubelskiego, związane są nieliczne granice oznaczone na sekcjach literą B i fale odbite o nie wyróżniającej się dynamicie. Z czterech otworów, gdzie zostały nawiercone osady permu i wykonane pionowe profilowania, tylko w Izdebnie IG-1 (fig. 4) określona została granica odbijająca w utworach cechsztynu. Nawet w wierceniu Warka IG-1, w którym perm ma największą miąższość, nie udało się wyznaczyć fal odpowiadających granicom w tych utworach.

Występujący w całym obszarze rowu lubelskiego kompleks utworów karbońskich zawiera szereg granic odbijających — C — wyznaczonych na podstawie fal odbitych. Identyfikacja tych fal w wielu przypadkach napotyka na trudności spowodowane małym wyróżnieniem się pierwszych faz w dynamice zapisu oraz wielofazowymi rejestracjami na sekcjach kierunkowego sumowania (fig. 3). Wśród granic karbońskich istnieją dwie granice, których występowanie pozwala wnioskować o ich regionalnym charakterze. Pierwszą z nich jest granica w namurze, wyznaczona niemal we wszystkich otworach na podstawie fali o dobrej korelacji fazowej, często wyróżniającej się niedużą intensywnością zapisu. W ramach niniejszego opracowania nie przeprowadzono jednak analizy, czy odpowiada ona w całym rejonie jednej serii litologiczno-stratygraficznej. Druga granica o regionalnym charakterze występuje w przystropowej części karbonu, niezależnie od budującego go piętra: westfalu lub namuru. Zagadnienie istnienia regionalnych granic w wizenie nie zostało jednoznacznie wyjaśnione, głównie z powodu małej ilości pomiarów obejmujących te utwory. W wykonanej interpretacji sekcji czasowych w trzech wierceniach przebijających utwory wizeny nie stwierdzono fal, które można bezpośrednio wiązać z granicami w tym piętrze. Ponieważ jednak w Izdebnie IG-1 i Kocku 14, w bezpośrednim sąsiedztwie wizeny — w przystropowej części dewonu określona została granica odbijająca, nie można wykluczyć, że wiąże się ona z utworami dolnego karbonu. Umożliwia taką interpretację wielofazowa strefa o małym zróżnicowaniu dynamicznym, w której została wyznaczona fala odbita. Oddzielnym zagadnieniem jest całkowity brak granic refleksyjnych w karbonie, w otworze Warka IG-1. Wynik ten można tłumaczyć jako lokalną anomalię w regionalnym rozmieszczeniu granic spowodowaną strefą uskokową, w której usytuowany jest otwór.

Szczególnie ubogie materiały wyjściowe, lecz interesujące wyniki dotyczą opracowania materiałów dla utworów dewonu. Interpretowane rezultaty otrzymano tylko z najbardziej północno-wschodniej części rowu lubelskiego, gdzie położone są otwory Izdebno IG-1 i Kock 14. Z przystropowymi osadami famenu (warstwy niedrzwickie lub hulczańskie) związana jest fala odbita, możliwa do śledzenia na sekcjach czasowych w bliskim sąsiedztwie granicy odbijającej. Dalszego wyjaśnienia wymaga jednak możliwość wiązania jej z utworami wizeny. W utworach hulczańskich i wapieniach gruzłowych famenu — w obszarze, gdzie osiągają one dużą miąższość — istnieją dalsze dwie granice refleksyjne, z którymi związane są fale odbite mało wyróżniające się dynamiką zapisu (fig. 5). W dewonie środkowym stwierdzono natomiast występowanie szczególnie dynamicznej fali odbitej, której odpowiada granica w utworach eiflu, w pobliżu kontaktu ich z osadami żywetu. Z uwagi na objęcie pionowymi profilowaniami dewonu środkowego tylko w dwóch otworach, trudno jest mówić o regionalnym charakterze rozmieszczenia tej granicy na obszarze rowu lubelskiego. Ponieważ omawiana fala nawet na sekcjach kierunkowego sumowania jest trudna do śledzenia, w obszarze między falą padającą A_d a powierzchnią ziemi, wydaje się celowe opracowanie dla niej specjalnej metody badań. W pierwszym okresie można wykorzystać wiercone obecnie głębokie otwory i specjalnie dobrane warianty pionowego profilowania z punk-

tami wzbudzania rozmieszczonymi na powierzchni ziemi wzdłuż profili. Wyniki tych prac oprócz rozwiązania zagadnień strukturalno-poszukiwawczych umożliwią dalsze poznanie parametrów kinematycznych i dynamicznych obrazu falowego i opracowanie metodyki badań powierzchniowych.

*

Przedstawiona analiza wyników pionowych profilowań sejsmicznych wyraźnie wskazuje, że informacje odnośnie do warunków powstania fal odbitych w utworach dolnego karbonu oraz dewonu są w rowie lubelskim niewystarczające. Równocześnie niektóre informacje co do młodszych pięter wymagają uzupełnień. Wymienione zagadnienia wiążą się z niską jakością niektórych sekcji czasowych oraz małym zasięgiem głębokościowym pomiarów. Z dalszych pomiarów należy eliminować otwory o niedostatecznym stanie technicznym oraz otwory położone w strefach uskokowych, z uwagi na wysokie koszty badań przy małej efektywności uzyskiwanych wyników.

Zakład Geofizyki
Instytutu Geologicznego
Warszawa, ul. Rakowiecka 4
Nadesłano dnia 27 lutego 1974 r.

PIŚMIENNICTWO

- GEJMAN B. M. i in. (1971) — Niektóre problemy metodyczne i interpretacyjne pionowego profilowania sejsmicznego (PPS). Tech. Poszuk., **10**, p. 1—16, nr 38. Warszawa.
- GEJMAN B. M. i in. (1972) — Niektóre problemy metodyczne i interpretacyjne pionowego profilowania sejsmicznego (cz. II). Tech. Poszuk., **11**, p. 1—10, nr 39. Warszawa.
- MILACZEWSKI L., ŻELICHOWSKI A. M. (1970) — Wgłębna budowa geologiczna obszaru radomsko-lubelskiego. Przewod. XLII Zjazdu PTG, p. 7—32. Warszawa.
- SKORUPA J. (1974) — Możliwości występowania fali odbito-załamanej i próba wydzielenia jej z materiałów refrakcyjnych z badań skonsolidowanego podłoża. Prz. geol., **22**, p. 102—105, nr 2—3. Warszawa.
- ŻELICHOWSKI A. M. (1972) — Rozwój budowy geologicznej obszaru między Górami Świętokrzyskimi i Bugiem. Biul. Inst. Geol., **263**. Warszawa.
- ГАЛЬПЕРИН Е. И. (1971) — Вертикальные сейсмические профилирования. Москва.

Анджей ПЭПЭЛЬ

ОТРАЖАЮЩИЕ ГРАНИЦЫ В СВЕТЕ РЕЗУЛЬТАТОВ СКВАЖИННОГО ВЕРТИКАЛЬНОГО СЕЙСМОКАРОТАЖА В СЕВЕРНОЙ И ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЛЮБЛИНСКОГО ГРАБЕНА

Резюме

В статье представлено изучение результатов вертикального сейсмокаротажа в северной и центральной части Люблинского грабена с целью установления отражающих геологических границ. Определены региональные и локальные отражающие границы. Особую роль в волновой картине играют границы в пермо-мезозойском комплексе, являющиеся также источником интенсивных многократных волн. В палеозойских отложениях, наряду с границами в пределах отложений карбона, установлено наличие интенсивных отраженных волн, связанных со средним девоном. Представлено современное состояние изученности волновой картины в Люблинском грабене в связи с применением вертикального сейсмокаротажа.

Andrzej PEPEL

REFLECTORS AS ESTABLISHED BY VERTICAL SEISMIC PROFILING IN THE NORTHERN AND CENTRAL PART OF THE LUBLIN GRABEN

Summary

The paper presents a review of results of vertical seismic profiling completed in the northern and central part of the Lublin graben to establish geological boundaries responsible for the origination of reflexes. Both regional and local reflectors have been traced out. Boundaries within the Permian-Mesozoic complex, also responsible for the intense multiple waves, play a particular role in the wave pattern. In addition to a number of reflectors within the Carboniferous sediments intensive reflected waves related to the Middle Devonian have been identified. The present knowledge of the wave pattern based on vertical seismic profiling in the Lublin graben has been discussed.