

AFRYKAN KISŁOW<sup>1</sup>

## WARUNKI PETROFIZYCZNE I STOSOWANIE METODY SEJSMICZNEJ NA OBSZARZE ZACHODNIEGO PRZEDGÓRZA KARPAT

(9 fig.)

Obszar zachodniego Przedgórze Karpat znacznie później niż jego wschodnia część stał się obiektem prac sejsmicznych, gdyż pomijając pierwszą niepomyślną próbę stosowania sejsmiki przez Przedsiębiorstwo Poszukiwań Geofizycznych w 1954 r. na obszarze Kęt, dopiero od 1960 r. rozpoczęto systematyczne badania sejsmiczne metodą refleksyjną. Pierwsze wyniki stwierdziły, że warunki sejsmogeologiczne obszaru przedstawiają się inaczej aniżeli we wschodniej części Przedgórze, co należy tłumaczyć przede wszystkim występowaniem innych warunków i układów litologiczno-stratygraficznych.

W ogólnych zarysach stosunki geologiczne zachodniego Przedgórze przedstawiają się następująco:

W odróżnieniu od obszaru wschodniego Przedgórze, gdzie zasadniczym kompleksem w przekroju warstw osadowych są utwory tortońskie lub kredowe i jurajskie, w zachodniej części dominującą rolę odgrywa kompleks paleozoiczny — karbońsko-dewoński, stanowiący wschodnie obrzeżenie Zagłębia Górnośląskiego. W zasadniczym dla zachodniego Przedgórze pionowym obrazie: utwory fliszowe — neogen-paleozoik, dwa pierwsze ogniwa nie odgrywają większej roli ze względu na stosunkowo małą miąższość. Należy jednak zwrócić uwagę na charakterystyczny poziom helweckich (?) zlepieńców dębowieckich, odgrywający przewodnią rolę w stratygrafii neogenu tego obszaru, jak również w sejsmice ze względu na tworzenie wybitnej granicy odbijającej. Kompleks paleozoiczny, który w naszych rozważaniach stanowi obiekt badań, wykazuje duże zróżnicowanie litologiczne: mułowce syluru zostają przykryte piaskowcami i mułowcami dolnego dewonu, przechodzącymi w wapienie i dolomity w środkowym dewonie, przy czym dolomity dość nagle zanikają u schyłku tego piętra. Utwory węglanowe w dalszym ciągu dominują jeszcze w górnym dewonie i w dolnym karbonie, wśród których pojawia się coraz więcej mułowców i piaskowców. Sądząc z ilości utworzonych osadów, w górnym karbonie wystąpił gwałtowny wzrost denudacji na pobliskich łądach i znoszenie materiału piaszczysto-

<sup>1</sup> Kraków, Instytut Naftowy, ul. Lubicz 25 a

-ilastego na obszar niecki górnośląskiej, gdzie powstały osady o miąższości kilku kilometrów.

Nie są jeszcze szczegółowo wyjaśnione stosunki tektoniczne obszaru. Na podstawie wyników wierceń i sejsmicznych prac refleksyjnych, jak również interpretacji materiałów zdjęć grawimetrycznych, można przypuścić istnienie bardzo skomplikowanej tektoniki dysjunktywnej. Na fig. 1 przedstawiono fragment jednego z typowych przekrojów wzdłuż linii A—B na fig. 6, na którym można było przeprowadzić geologiczną interpretację ma-

W

E

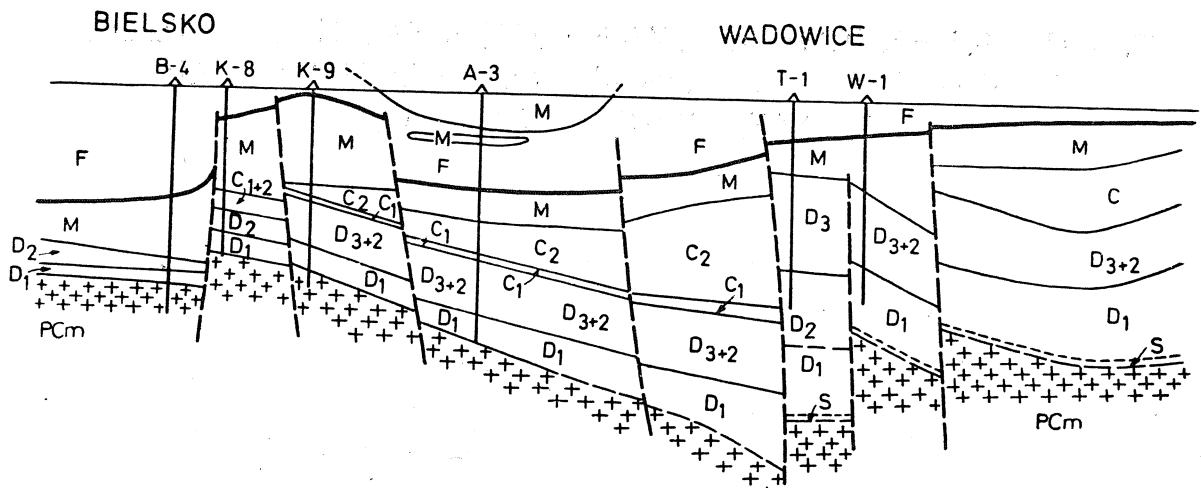


Fig. 1. Przekrój Biesko-Wadowice. M — utwory miocenu; F — utwory fliszowe; C — utwory karbonu nie rozdzielonego; C<sub>1</sub> — utwory karbonu dolnego; C<sub>2</sub> — utwory karbonu górnego; D<sub>1</sub> — utwory dewonu dolnego; D<sub>2</sub> — utwory dewonu środkowego; D<sub>3</sub> — utwory dewonu górnego; S — utwory syluru; Pcm — utwory prekambru

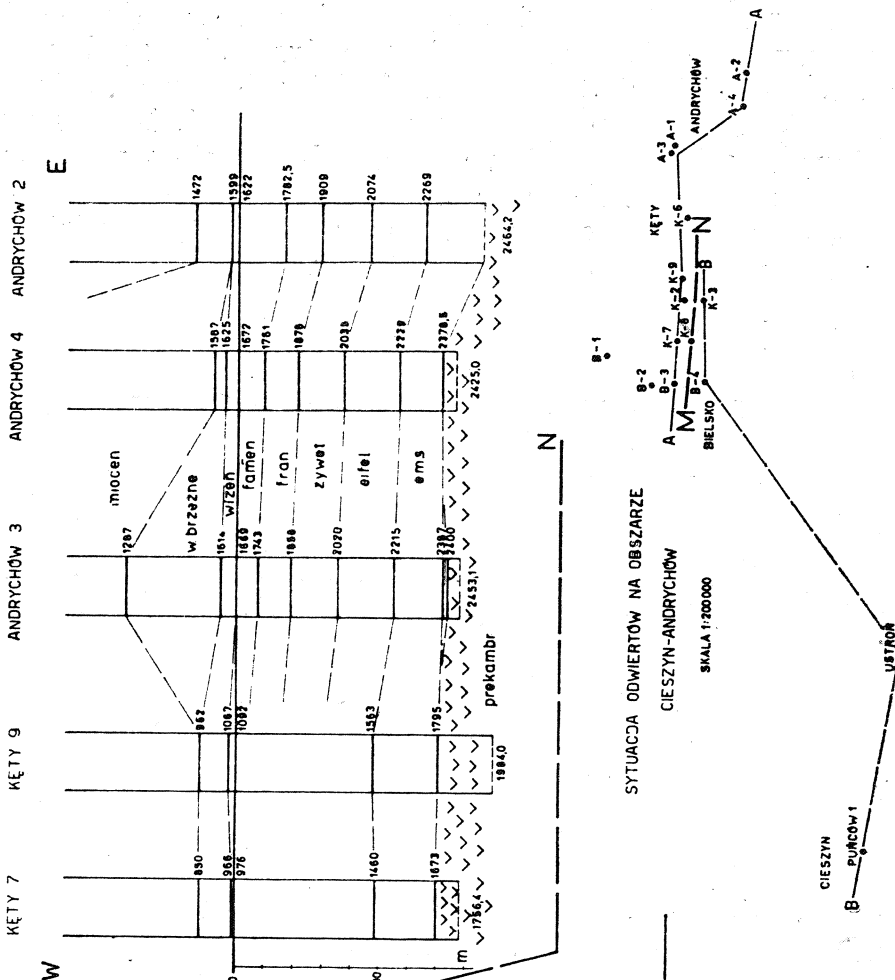
Фиг. 1. Поперечный разрез Бельско — Вадовице

teriałów sejsmicznych. Na nim i na innych przekrojach łatwo wyodrębnić szereg dyslokacji, miejscami o znacznej amplitudzie pionowych przemieszczeń (na przykład w rejonie Wadowic). Obecnie jeszcze trudno ustalić w sposób nie budzący wątpliwości kierunki dyslokacji, lecz wstępne kompleksowe informacje geofizyczno-geologiczne przemawiają za występowaniem dwóch zasadniczych regionalnych kierunków tektonicznych: NW-SE oraz WSW-ENE, tworzących kąt rozwarty. Są one w zasadzie zgodne z kierunkami obserwowanymi na obszarze przyległej niecki miechowsko-tarnowskiej, z czego można byłoby wnioskować o wspólnej genezie i działaniu przyczyn kształtujących zasadnicze rysy tektoniczne na całym obszarze Przedgórzia Karpat, wschodnich i zachodnich.

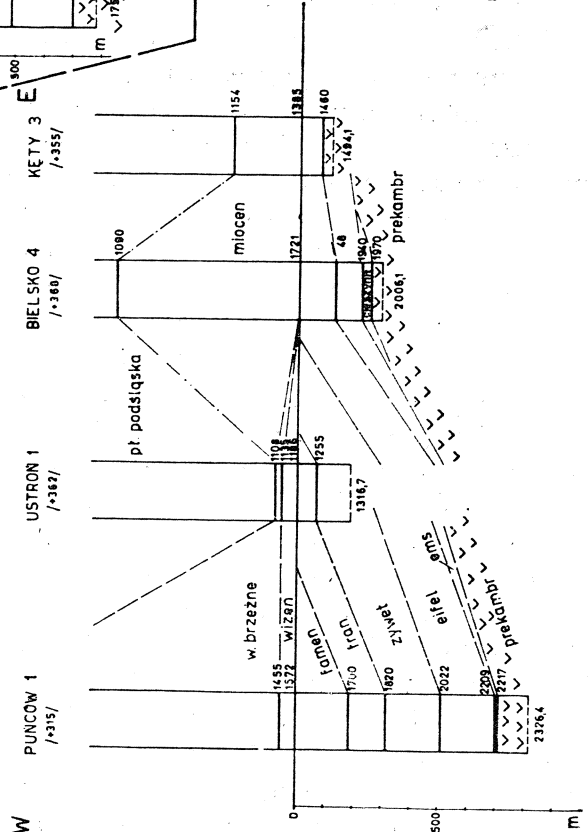
Dane geologiczne wiertnicze świadczą, że na obszarze zachodniego Przedgórzia wyraźnie zaznaczyły się wpływy ruchów staro-hercyńskich (faza bretońska, K. Konior, 1967 a). Te ruchy spowodowały sfałdowanie utworów dewonu i starszych, po czym na silnie rozmytej i wyrównanej powierzchni powstały osady niektórych serii dolnego karbonu, być może również ulegających rozmyciu u schyłku dolnego karbonu. Brak utworów mezozoicznych na większej części obszaru, a tam, gdzie one istnieją, na

Fig. 2. Przekroje porównawcze uwzględniające wpływ tektoniki fazy bretońskiej. Wg K. Koniora 1967 r. uzupełnione danymi z ostatnich wierceń. Stan 1. 1969 r.  
Фиг. 2. Сравнительные разрезы учитывающие влияние тектоники бретонской фазы (по К. Конюору, 1967, дополненные данными последних бурений). Состояние на 1. 1969 г.

**PROFIL A-A**



**PROFIL B-B**



SYTUACJA ODWIERTÓW NA OBSZARZE  
CIESZYN-ANDRYCHÓW

SKALA 1:200000

CIESZYN  
Punców 1

USTRON

sfałdowanych i również rozmytych utworach górnego karbonu nieznacznej miąższości, świadczy o przejawach słabych ruchów kimeryjskich i laramijskich. Dane sejsmiczne i geologiczno-wiertnicze wskazują, że starsze linie tektoniczne były odnawiane w okresie ruchów związanych z tworzeniem się nasunięć karpackich (PGGN i PPN Kraków, Sprawozdania 1960, 1968).

Na fig. 2, stanowiącej uzupełnienie przekroju K. Koniora (1967 b) nowszymi danymi wiertniczymi, wyraźnie obserwuje się złożone stosunki tektoniczne na zachodnim obszarze. Szczególnie jaskrawo to występuje na części profilu pomiędzy odwiertami Puńców—Bielsko 4, gdzie utwory dewońskie uległy wyniesieniu i następnie denudacji w okresie bretońskiej fazy górotwórczej.

### STOSOWANIE METOD GEOFIZYCZNYCH

Stosowanie metod geofizycznych jest możliwe dzięki występowaniu zróżnicowania we własnościach petrograficznych skał. Do rozwiązania zagadnień strukturalnych muszą być określone charakterystyczne dane, jak miąższość, kąty nachylenia oraz głębokość. W tym celu muszą istnieć granice rozdziału pomiędzy poszczególnymi kompleksami o różnych własnościach petrofizycznych, dostępne dla rejestracji za pomocą przyrządów.

W wstępnej fazie geologicznego powierzchniowego badania obszaru zachodniego Przedgórze zostały wykonane zdjęcia magnetyczne i grawimetryczne, które dały rozeznanie pól magnetycznego i grawitacyjnego, wywołanych różnicami własności magnetycznych oraz gęstości. Zdjęcia te zostały wykonane w latach pięćdziesiątych w ramach ogólnokrajowych zdjęć geofizycznych.

Geologiczna interpretacja zdjęć magnetycznych i grawimetrycznych jest bardzo trudna i niepewna ze względu na brak dostatecznego rozeznania własności petrofizycznych w warstwach nadkładu i podłoża, na spodziewaną bardzo skomplikowaną tektonikę oraz brak dostatecznej ilości głębokich odwiertów umieszczonych mniej lub więcej równomiernie na całym obszarze. Pomimo jednak cech ogólnikowości i niejednoznaczności interpretacji te materiały, szczególnie grawimetryczne, dają w niektórych strefach pierwsze wskazówki odnośnie do rozmieszczenia i kierunku niektórych linii tworzących zarysy domniemanych elementów strukturalnych.

Zastosowanie do badań metody sejsmicznej refleksyjnej po pokonaniu pierwszych trudności wykazało jej skuteczność. Dlatego też stanowi ona obecnie podstawową metodę, dzięki której uzyskuje się szereg informacji o strukturalnej budowie obszaru. Trudności napotkane przy prowadzeniu prac sejsmicznych, i które w dalszym ciągu nie zostały w pełni usunięte, polegały na tym, że nie uzyskiwano dobrych i korelujących się granic odbijających nie tylko wewnątrz kompleksu utworów paleozoicznych, lecz i od ich stropu, gdzie występowały maksymalnie sprzyjające warunki. Przyczyn tego stanu rzeczy było kilka: 1 — warunki litologiczne oraz stosunkowo małe zróżnicowanie własności sprężystych skał, 2 — skomplikowane stosunki tektoniczne włącznie z silnie zaakcentowanymi zjawiskami denudacji utworów oraz 3 — niski poziom techniczny aparatury i nie zawsze odpowiednia metodyka prac. Pierwsze dwie przyczyny leżą poza sferą wpływów oddziaływania człowieka, natomiast usunięcie trzeciej przyczyny w znacznej mierze jest uzależnione od postępu technicznego w zakresie uzyskiwania i przetwarzania informacji geofizycznych oraz udoskonalenia metodyki wzbudzania fal sprężystych i ich rejestracji.

Przy doskonaleniu metodyki prac dużą pomocą jest znajomość własności sprężystych ośrodka, w którym rozchodzą się impulsy sejsmiczne. To jest potrzebne przede wszystkim do zorientowania się w teoretycznych możliwościach uzyskiwania informacji w ogóle. Rząd wielkości informacji i granice zmian ułatwiają decyzję przy wyborze odpowiednich środków technicznych oraz metodyki prac, by osiągnąć warunki niezbędne dla rejestracji i wydzielania korzystnej informacji, skierowanej następnie do przetwarzania w postać dostępną dla interpretacji geologicznej.

#### UKŁADY PETROFIZYCZNE NA KONTAKTACH WARSTW

W ogólnych zarysach na obszarze zachodniego Przedgórze należy liczyć się z następującym następstwem warstw w ich normalnym układzie: nasunięcie płaszczowinowe Karpat, miocen (z zlepieńcami dębowieckimi w spągu lub bez nich), jura górna (w północnej części obszaru), karbon górny, karbon dolny, dewon górny, dewon środkowy, dewon dolny, sylur (w północnej części obszaru), prekambry (utwory zmetamorfizowane i krystaliczne).

Podane następstwo nie wszędzie jest zachowane. Najbardziej stałe jest występowanie utworów miocenu oraz karbonu i dewonu, chociaż i tutaj nie wszystkie ogniwa są reprezentowane, zależnie od charakteru i intensywności zjawisk tektonicznych.

Na omawianym obszarze należy również liczyć się z występowaniem innego zjawiska, mianowicie z transgresywnym zaleganiem utworów na utworach starszych wiekowo, nachylonych pod pewnym kątem. Najbardziej wyraźnie przejawia się to na kontakcie miocen-karbon i jura-karbon; w mniejszym stopniu jest widoczne na kontakcie karbon-dewon. Jest zrozumiałe, że jednakowe występowanie wpływów zjawisk tektonicznych i ukośnego zalegania transgredujących warstw w kontaktach jeszcze bardziej komplikuje problem rejestracji granic metodą sejsmiczną.

Przy stosowaniu tej metody jest ważna znajomość i należyte rozeznanie stosunków petrofizycznych. Potrzebne informacje uzyskuje się na podstawie pomiarów ciężarów objętościowych w rdzeniach oraz profilowania prędkości w odwiertach. Na podstawie tych materiałów można w drodze teoretycznej określać współczynniki odbicia i załamania, niezbędne do oceny jakości i poprawnej interpretacji geologicznej poszczególnych granic sejsmicznych, jak również oceny ogólnych możliwości stosowania metody.

W niniejszej pracy zostaje przedstawiony rozkład ciężarów objętościowych oraz rozkład własności sprężystych.

#### ZAGADNIENIE CIĘŻARÓW OBJĘTOŚCIOWYCH SKAŁ

Dane dotyczące rozkładu ciężarów objętościowych skał uzyskano z pomiarów w rdzeniach z głębokich odwiertów wiertniczych. Napotkano tutaj dwojakiemu rodzaju trudności. Po pierwsze, ze względu na częściowe pobieranie rdzeni przy wierceniu (do 10—20% całości przekroju) ogólna ilość możliwych pomiarów jest bardzo ograniczona. Po drugie, nawet na uzyskanych rdzeniach nie prowadzono systematycznych pomiarów z zastosowaniem niezbędnej metodyki zabezpieczającej dokładność obrazu rozkładu gęstości skał w przekroju. Nie stosowano również metod geofizyki wiertniczej umożliwiających uzyskanie ciągłego profilowania gęstości (profilowanie gamma-gamma) lub własności sprężystych (profilowanie akustyczne) z powodu braku odpowiednich przyrządów.

Niżej przedstawione materiały dotyczące gęstości skał zostały uzyskane w głównej mierze na podstawie prac Laboratorium Przedsiębiorstwa Poszukiwań Naftowych w Krakowie, częściowo Pracowni Pomiarów Ciężarów Objętościowych Przedsiębiorstwa Poszukiwań Geofizycznych w Warszawie. Nieznaczna ilość pomiarów uzyskano z Pracowni pomiarów Oddziału Gravitometrii Zakładu Opracowań Geologicznych Górnictwa Naftowego w Krakowie (materiały archiwalne).

Przy opracowaniu wniosków dotyczących rozkładu ciężarów objętościowych na szerszym obszarze zachodniego Przedgórze Karpat (Bielsko-Kraków-Kazimierza Wielka) uwzględniono pomiary w rdzeniach z 36 głębokich odwiertów.

Ilość pomiarów uwzględnionych w zestawieniach jest następująca: płaszczowina podśląska — 472 pomiary, miocen autochtoniczny (bez zlepieńców dębowieckich) — 343 pomiary, miocen autochtoniczny (zlepieńce dębowieckie) — 59 pomiarów, jura górna — 648 pomiarów, karbon górny — 279 pomiarów, karbon dolny — 184 pomiary, dewon górny i środkowy (nie rozdzielone) — 749 pomiarów, w tym dewon górny (prawdopodobny) — 341 pomiarów, dewon środkowy (prawdopodobny) — 408 pomiarów, dewon dolny — 309 pomiarów, sylur — 0, prekambry — 51 pomiarów. Łącznie dysponowano 3094 pomiarami.

Przy opracowaniach zbiorczych zestawień dodatkowo wykorzystano pomiary w odwiertach: Słomniki IG-1 dla dewonu — 1710 pomiarów, Bębło dla syluru — 154 pomiary. Łącznie uzyskano dodatkowo 1864 pomiary.

Ogólna ilość uwzględnionych pomiarów wynosi zatem — 4978.

Na fig. 3 przedstawiono rozkład ciężarów objętościowych w profilach niektórych odwiertów wzdłuż linii A-B-C na fig. 6. Stosunkowo najdokładniej są zbadane utwory paleozoiczne, w mniejszym stopniu utwory mezozoiczne, najmniej zaś trzeciorzędowe. Jednak na tym tle można zupełnie dokładnie określić miejsca większych różnicowań wartości gęstości w profilach i oznaczyć na nich granice, które mogą być mniej lub bardziej wyraźnie stwierdzone metodami sejsmicznymi. Wyrazistość rejestracji jest zależna od kontrastu gęstości.

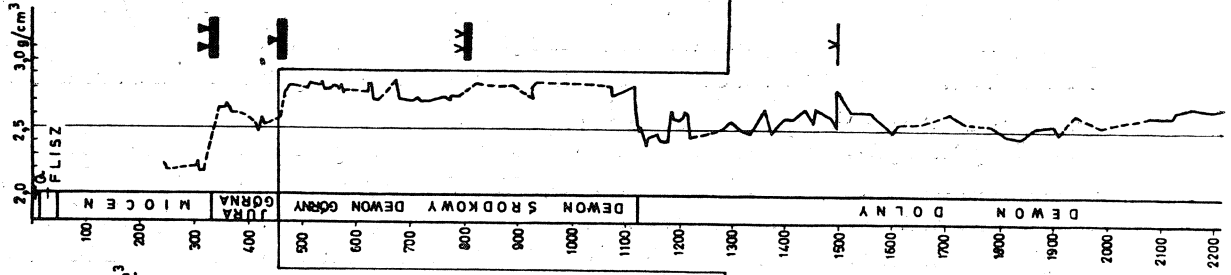
W przekroju warstw na obszarze zachodniego Przedgórze stwierdza się ogólną regułę, że najbardziej wyraźne granice sejsmiczne występują w stropie utworów węglanowych pod utworami piaszczystymi (karbon górny—karbon dolny lub karbon górny—dewon). Podobieństwo wartości ciężarów objętościowych różnych kompleksów stratygraficznych (zlepieńce dębowieckie—karbon górny, karbon dolny—dewon górny) powoduje przesunięcie sejsmicznej granicy do stropu górnego kompleksu, zacieranie kontrastu zaś skutkiem zmian litologicznych (dewon górny i środkowy, dewon dolny i prekambry) powoduje zanik wyrazistości rejestracji sejsmicznych.

Godny uwagi jest fakt ciągłego wzrostu wartości ciężarów objętościowych w utworach dolnego dewonu (odwiert Mogilany 1), gdzie wartości zmieniają się od około 2,40 G/cm<sup>3</sup> w stropie do ok. 2,68 G/cm<sup>3</sup> w spagu serii. Ogromnej miąższości seria piaskowca dolnego dewonu (ponad 1378 m), w wyniku olbrzymiego obniżenia podłoża prekambryjskiego w dolnym dewonie, uległa w okresie ruchów hercyńskich i późniejszych silnym napię-

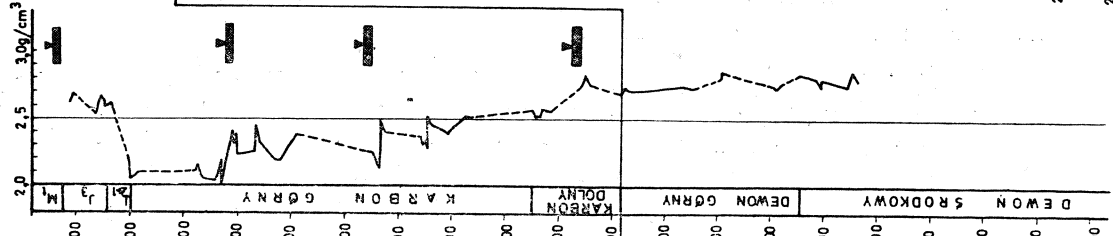
Fig. 3. Zestawienie granic sejsmicznych w odwiertach na obszarze przedgórze Zachodnich Karpat. 1 — ciężar objętościowy skał; 2 — refleks sporadyczny; 3 — refleks słaby; 4 — refleks wyraźny; 5 — refleks dobry; 6 — refleks bardzo dobry

Фиг. 3. Сопоставление сейсмических границ в скважинах Предкарпатского прогиба Западных Карпат

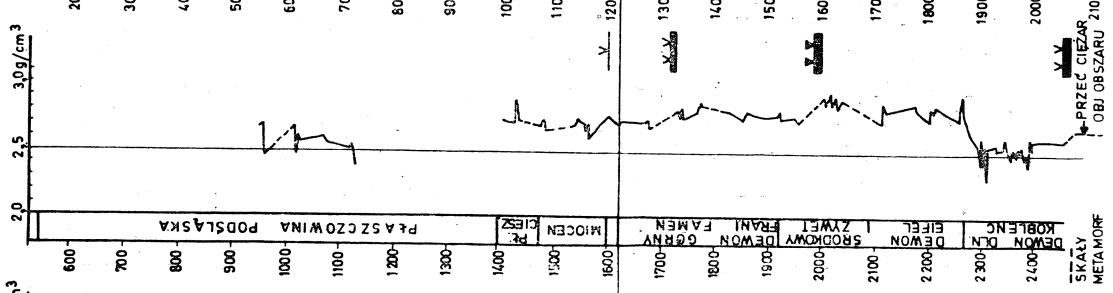
MOGILANY -1



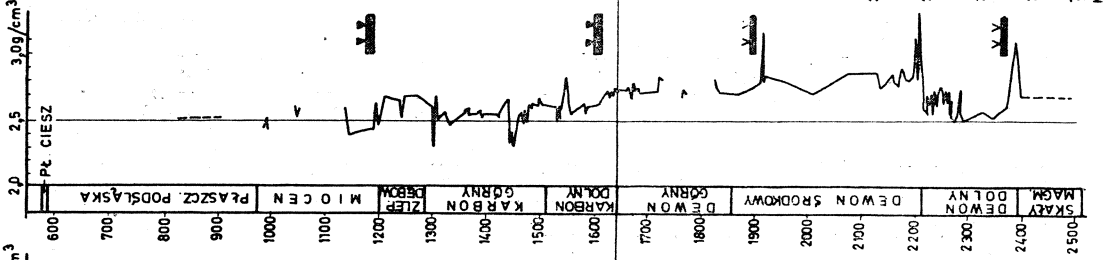
ZAGACIE -1



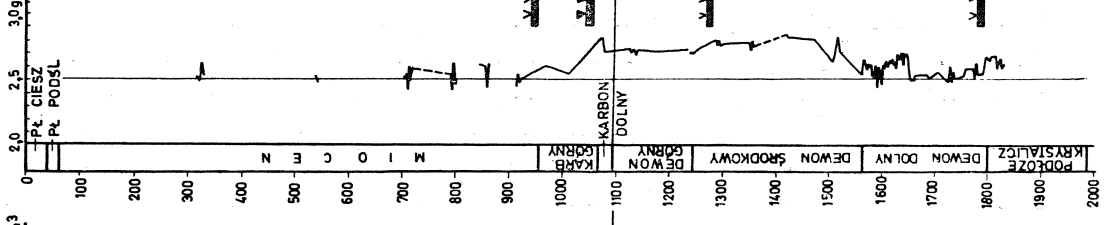
ANDRYCHÓW -2



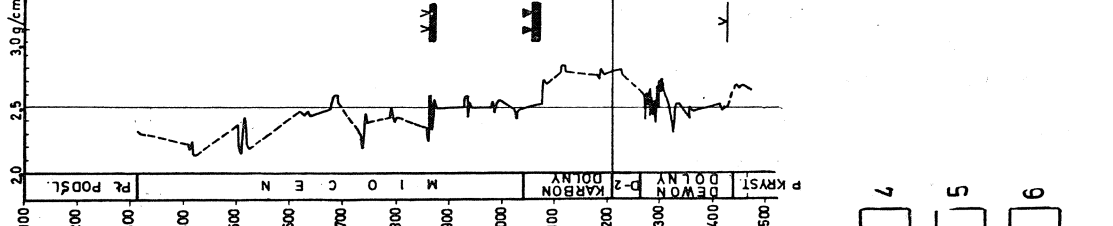
ANDRYCHÓW -3



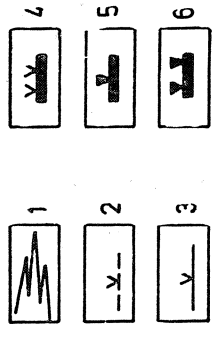
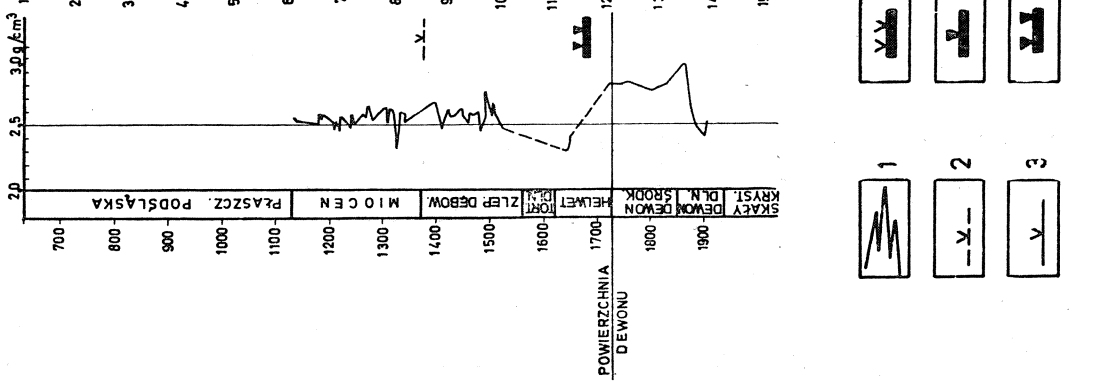
KĘTY -9



KĘTY -8



BIELSKO -4



POWIERZCHNIA DEWONU

ciom tektonicznym, które skonsolidowały piaskowce czyniąc je bardzo zwężonymi i pozbawionymi porowatości międzyziarnowej. Wymieniona zmienność utworów dolnego dewonu została zaznaczona na przekroju średnio-normalnym w postaci dwu liczb (fig. 5).

Podobnym zjawiskiem zmienności, lecz zależnym od składu litologiczno-petrograficznego jest zmienność ciężarów objętościowych w prekambrze.

Wymieniona zmienność wewnątrz poszczególnych kompleksów była przyczyną powstawania nieciągłych granic o małych długościach lub też powodowała zanik innych granic.

Na fig. 4 przedstawiono zebrane materiały w postaci krzywych zmienności ciężarów objętościowych dla poszczególnych serii. Te dane stanowią materiał wyjściowy przy ocenie możliwości stosowania metody sejsmicznej w ogóle na danym obszarze oraz przy wyjaśnianiu przyczyn i zakresu zmienności jakości odbić, jak również dla wyboru metodyki dostosowanej do występujących warunków sejsmologicznych.

Przy określaniu charakterystyk krzywych zmienności autor przyjmuje trzy punkty: wartość  $d$  podaje najczęściej spotykaną wielkość ciężaru objętościowego (wierzchołek krzywej), punkty  $d_1$  i  $d_2$  są uzależnione od własności danej skały — stopnia jednorodności składu litologicznego i zawartości domieszek o innym ciężarze objętościowym. Umownie przyjęto, że wartości  $d_1$  i  $d_2$  uzyskuje się z przecięcia krzywej zmienności z prostą poziomą poprowadzoną w odległości  $0,7 h$ , gdzie  $h$  oznacza maksimum krzywej.

Kształt krzywej zmienności jest bardzo charakterystyczny dla każdej skały lub kompleksu osadów o zbliżonym składzie litologicznym. I tak, dla skał odznaczających się bardzo wielką jednorodnością, jak sól kamienna, różnica  $d_1 - d_2$  jest bardzo mała, gdy natomiast skały różniące się porowatością i wielkością ziarna, jak piaskowce, charakteryzuje szeroko rozwarta krzywa. Podatność na kruszenie i wpływy atmosferyczne również powoduje rozwartość krzywej. To można dość łatwo rozpoznać po tym, że lewa część krzywej (wartości mniejsze od  $d_1$ ) różni się od prawej i jest mniej nachylona od niej. Występowanie niejednorodności w składzie litologicznym, które mogą być określone makroskopowo i szacunkowo, również znajdują swój wyraz w odstępstwach od regularnego kształtu krzywej w postaci rozplaszczenia lub wystąpienia więcej niż jednego maksimum. Dodatkowe maksima mogą grać podrzędną rolę albo nawet równorzędną (przykład krzywej dla dewonu górnego i środkowego nie rozdzielonego), zakładając, że w każdym przypadku maksima są określone przez odpowiednio dużą ilość pomiarów.

Opis wyników pomiarów ciężarów objętościowych w zestawieniu dla poszczególnych serii przedstawia się następująco (fig. 4):

**P ł a s z c z o w i z n a p o d ś l ą s k a** (kreda) wykazuje krzywą o dość regularnym kształcie z maksimum  $d = 2,55 \text{ G/cm}^3$ ; jest ona dość rozplaszczona, co wskazuje na dość niejednorodny skład litologiczny;  $d_1 = 2,47$  i  $d_2 = 2,62 \text{ G/cm}^3$ .

**M i o c e n a u t o c h t o n i c z n y** (bez zlepieńców dębowieckich). Krzywa wskazuje na bardziej jednorodny skład litologiczny z maksimum dla  $d = 2,49$ ,  $d_1 = 2,47$  oraz  $d_2 = 2,56 \text{ G/cm}^3$ .

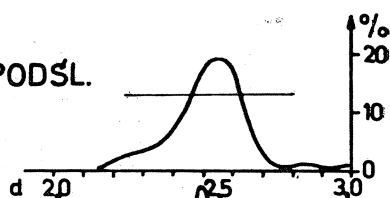
**M i o c e n — z l e p i e n i e c e d ę b o w i e c k i e** — odznacza się nieregularnym kształtem krzywej, co jest spowodowane przypuszczalnie małą ilość-

Fig. 4. Krzywe zmienności gęstości skał dla obszaru Bielsko—Kraków—Busko

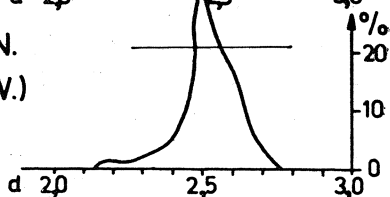
Фиг. 4. Вариационные кривые плотности пород района Бельско—Краков—Буско



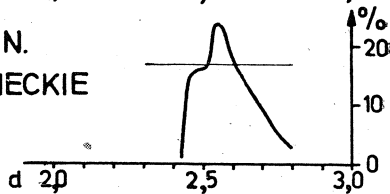
KREDA, PŁASZCZ. PODŚL.  
472 POMIARY



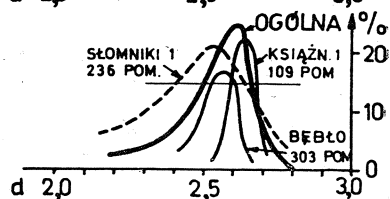
MIOCEN AUTOCHTON.  
(BEZ ZLEP. DĘBOW.)  
343 POMIARY



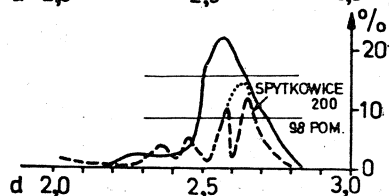
MIOCEN AUTOCHTON.  
ZLEPIENICE DĘBOWIECKIE  
59 POMIARÓW



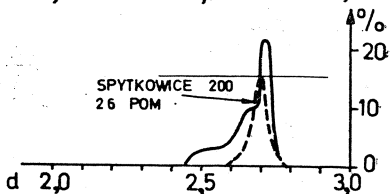
JURA  
648 POMIARÓW



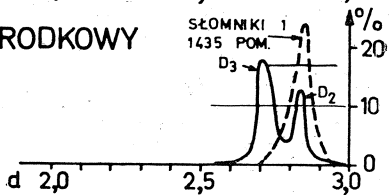
KARBON GÓRNY  
297 POMIARÓW



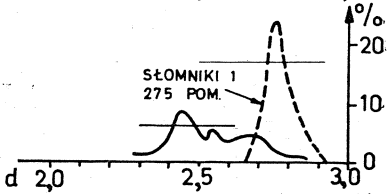
KARBON DOLNY  
138 POMIARÓW



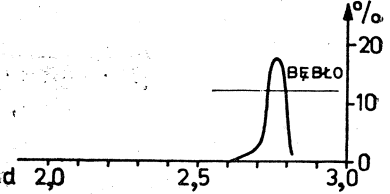
DEWON GÓRNY I ŚRODKOWY  
(NIEROZDZIELONY)  
749 POMIARÓW



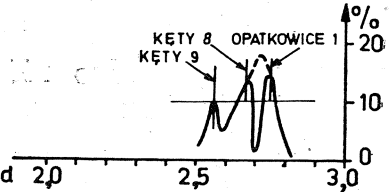
DEWON DOLNY  
278 POMIARÓW



SYLUR  
154 POMIARY



PREKAMBR  
51 POMIARÓW



cią pomiarów (59) i równocześnie wielką różnorodnością próbek pobieranych do pomiarów (lepsze i wielkość okruchów). Stwierdzone maksimum  $d = 2,55 \text{ G/cm}^3$  jednak można przesunąć nieco w lewo ze względu na małą ilość próbek (w granicach do  $2,53\text{--}2,54 \text{ G/cm}^3$ ). Również  $d_1 = 2,52$  może być obniżone do ok.  $2,48$ ;  $d_2 = 2,60 \text{ G/cm}^3$ .

Jura górna (węglanowa) odznacza się dużymi wartościami ciężarów objętościowych:  $d = 2,62$ ,  $d_1 = 2,50$ ,  $d_2 = 2,67 \text{ G/cm}^3$ . Krzywa jest dość rozplaszczona, jej zaś lewa część wskazuje na udział skał lżejszych (węglanowo-marglistych). Z dodatkowych krzywych oznaczonych dla trzech odwiertów rozmieszczonych w różnych warunkach geologicznych należy wnioskować, że na północnym wschodzie obszaru (Bębło, Słomniki) przeciętny ciężar objętościowy skał jest nieco mniejszy o około  $0,1 \text{ G/cm}^3$  niż na południowym wschodzie (Książnice), gdzie zaznacza się większa jednorodność petrofizyczna ( $d_1 = 2,60$ ,  $d_2 = 2,68 \text{ G/cm}^3$ ).

Karbon górny — ma  $d = 2,55 \text{ G/cm}^3$ , kształt krzywej jest dość regularny, przy czym prawa gałąź jest bardziej płaska;  $d_1 = 2,50$ ,  $d_2 = 2,64 \text{ G/cm}^3$ . Można przypuszczać, że kształt prawej gałęzi został uformowany pod wpływem udziału składników cięższych (wapieni) występujących w dolnych partiach górnego karbonu. O tym świadczą materiały pomiarów w odwiercie Spytkowice 200, gdzie dolne poziomy górnego karbonu są rozwinięte znacznie pełniej niż w innych odwiertach. Z fragmentarycznej krzywej dla tego odwiertu wynika, że dla utworów węglanowych górnego karbonu jest  $d \cong 2,63 \text{ G/cm}^3$ .

Karbon dolny, reprezentowany przez wapienie, posiada krzywą nieregularnego kształtu, bardzo wąską dla zasadniczego maksimum  $d = 2,71 \text{ G/cm}^3$ . Sądząc z lewej części krzywej, serie mułowcowo-piaskowcowe o nieco mniejszym ciężarze objętościowym mogą wpływać na przesunięcie maksimum w lewo. Pomiar w odwiercie Spytkowice 200 wskazują na podobne przesunięcie do  $d'_1 = 2,70 \text{ G/cm}^3$ . Dla wspólnej krzywej jest:  $d_1 = 2,69$ ,  $d_2 = 2,73 \text{ G/cm}^3$ .

Dewon górny i środkowy. Dla większości odwiertów wykonanych przez przemysł naftowy nie ma dotąd szczegółowego podziału stratygraficznego na dewon górny i środkowy, za wyjątkiem kilku odwiertów opracowanych przez K. Koniora (1967).

Wspólne opracowanie wszystkich pomiarów daje krzywą z dwoma maksimumami. Uwzględniając dane z otwiertów z przeprowadzonym podziałem na górny i środkowy dewon stwierdzono, że lewe maksimum ( $d = 2,71$ ,  $d_1 = 2,69$ ,  $d_2 = 2,73 \text{ G/cm}^3$ ) odpowiada wartościom górnego dewonu, zaś prawe ( $d = 2,84$ ,  $d_1 = 2,82$ ,  $d_2 = 2,85 \text{ G/cm}^3$ ) warstwom środkowego dewonu. Krzywa dla odwiertu Słomniki IG-1 dokładnie odpowiada prawemu maksimum ( $d = 2,82$ ,  $d_1 = 2,82$ ,  $d_2 = 2,86 \text{ G/cm}^3$ ).

Bardzo ostre rozgraniczenie obu maksimumów zdaje się mieć duże praktyczne znaczenie, gdyż stwarza możliwości wykorzystania metody ciężarów objętościowych dla szybkiego orientacyjnego rozdziału warstw górnego i środkowego dewonu.

Dewon dolny. Krzywa jest nieregularna, płaska i posiada dwa zarysowujące się maksima. Jedno maksimum występuje dla  $d = 2,44 \text{ G/cm}^3$ , drugie zaś bardzo słabo wyrażone — dla wartości  $d \cong 2,68 \text{ G/cm}^3$ .

Taki kształt krzywej można tłumaczyć w sposób następujący: utwory dolnego dewonu posiadają bardzo różny skład petrograficzny, o dużych różnicach porowatości, skutkiem czego ciężary objętościowe wahają się w szerokich granicach od około  $2,44$  do  $2,68 \text{ G/cm}^3$ . Te zmiany występują w obrębie omawianego obszaru w sposób dość nagły. Najniższe wartości

ciężarów objętościowych obserwuje się w rejonie Andrychów—Kęty, gdzie wartości rosną w kierunku północnym.

Interesujące zjawisko zaobserwowano w odwiercie Mogilany 1, w którym miąższość utworów dolnego dewonu przekracza 1378 m (do głębokości 2500 m te utwory nie zostały przewiercone). W stropie tych osadów występują najniższe wartości ciężarów objętościowych ( $2,40 \text{ G/cm}^3$ ), które w miarę wzrostu głębokości stale rosną do około  $2,68 \text{ G/cm}^3$ , przy czym wzrost jest szybszy do ok. 1500 m (do ok.  $2,65 \text{ G/cm}^3$ ) aniżeli w pozostałym głębszym interwale (fig. 3).

Sylur do niedawna nie był szeroko znany na omawianym obszarze i informacje pochodziły z odwiertu Bębło IG (na NW od Krakowa). Ostatnio utwory syluru zostały stwierdzone w Piotrowicach (o miąższości ponad 223 m), lecz ich charakterystyka sprężystościowa nie jest jeszcze bliżej znana. Według danych z Bębła wartości ciężarów objętościowych układają się następująco:  $d = 2,77$ ,  $d_1 = 2,73$ ,  $d_2 = 2,79 \text{ G/cm}^3$ . Krzywa jest wąska i wskazuje na dużą jednorodność składu petrofizycznego.

Prekambrium. Istnieje niewielka ilość pomiarów petrofizycznych — załedwie 51. Szczególna trudność poprawnego określenia maksimum na krzywej powstaje tu z tego powodu, że zaznaczają się bardzo duże różnice w wartościach ciężarów objętościowych, co przy małej ilości pomiarów uniemożliwia uzyskanie krzywej o mniej lub więcej regularnym kształcie. Przedstawiona krzywa składa się z trzech wyraźnych lokalnych maksimum dla  $d = 2,56$ ,  $2,68$  oraz  $2,75 \text{ G/cm}^3$ .

Ten fakt staje się zrozumiałą, jeżeli zwróci się uwagę na dużą różnorodność typów skał zmetamorfizowanych, nawierconych w odwiertach nawet w obrębie niewielkiego rejonu (Kęty), dla którego zaobserwowano dwa maksima dla  $d = 2,56$  i  $2,68 \text{ G/cm}^3$ . Utwory cięższe są charakterystyczne dla obszaru położonego na NE od Krakowa (odwiert Opatkowice 1). Zakładając, że mała ilość pomiarów utrudnia wykreślenie bardziej uogólnionej krzywej, można byłoby sądzić, że istnieje średnia wartość dla dwóch prawych maksimum równa w przybliżeniu około  $2,72 \text{ G/cm}^3$ . Nie jest to jednak pewne, należałoby zatem pozostać przy założeniu bardzo dużej różnorodności ciężarów objętościowych dla osadów prekambrium, co nie pozostaje bez znaczenia dla wyników prac sejsmicznych.

Szczegółowe dane dotyczące wyników pomiarów ciężarów objętościowych na rdzeniach z odwiertów na obszarze Cieszyn—Kraków podano w tab. 1, w której dla każdej serii stratygraficznej, oddzielnie dla każdego odwiertu, podano średnie granice wahań ciężarów objętościowych oraz przeciętne wartości  $d_{st} = d$ . Z porównania wynika, że aczkolwiek istnieje duża zbieżność liczb, to jednak zaznaczają się również różnice pomiędzy profilami dochodzące w wartościach średnich do  $0,1 \text{ G/cm}^3$ .

Szczególną uwagę tutaj należy zwrócić na zmiany wartości ciężarów objętościowych w dewonie dolnym oraz w prekambrium, które przypuszczalnie w głównej mierze wynikają ze zmian cech litologicznych oraz zmian struktury — por pod wpływem naprężeń tektonicznych. I tak, w dolnym dewonie zapiaszczenie i związana z tym porowatość wzrastają i objawiają się lokalnie w rejonie Andrychów—Kęty, dla reszty obszaru natomiast dodatek utworów mułowcowo-węglanowych i zjawisko kwarcytyzacji powodują wzrost przeciętnych wartości ciężarów objętościowych kompleksu (tab. 1: Andrychów 2—Mogilany 1).

Na podstawie krzywej zmienności ciężarów objętościowych został sporządzony tzw. średnio normalny przekrój gęstości skał dla poszczególnych

L.P.	ODWIERT	NASUNIĘCIE				MIOCEN				KARBON				DEWON				SYLUR		PREKAMBR	
		GRANICE		d śr.	AUTOCHT.		ZLEP. DEB.		GÓRNY		DOLNY		GÓRNY		SRODKOWY		DOLNY		GRANICE		d śr.
		GRANICE	d śr.	GRANICE	d śr.	GRANICE	d śr.	GRANICE	d śr.	GRANICE	d śr.	GRANICE	d śr.	GRANICE	d śr.	GRANICE	d śr.	GRANICE	d śr.		GRANICE
1.	ANDRYCHÓW 1.	2,24 - 2,62	2,58																		
2.	" 2.	2,38 - 2,68	2,52	2,59 - 2,75	2,68																
3.	" 3.	2,52?	2,52	2,40 - 2,64	2,60	2,52 - 2,68	2,67	2,32 - 2,67	2,58	2,50 - 2,83	2,60	2,68 - 2,86	2,74	2,72 - 2,94	2,86	2,42 - 2,62	2,55		3,08?		
4.	" 4.	2,46 - 3,02	2,70					2,84 - 2,77	2,68					2,73 - 2,87	2,84	2,42 - 2,60	2,60				
5.	" 5.	2,48 - 3,05	2,60	2,54 - 2,62	2,60																
6.	BIELSKO 1.			2,41 - 2,54	2,52	2,54 - 2,68	2,65	2,22 - 2,77	2,65												
7.	" 2.	2,42?	2,42	2,43 - 2,60	2,52					2,52 - 2,74	2,72										
8.	" 3.			2,34 - 2,66	2,60	2,53 - 2,67	2,65			2,60 - 2,83	2,75										
9.	" 4.			2,46 - 2,65	2,60	2,46 - 2,76	2,62														
10.	KĘTY 1.			2,46 - 2,68	2,60	2,66?	2,66														
11.	" 2.			2,42 - 2,66	2,58?	2,46 - 2,70	2,62	2,51 - 2,74	2,62												
12.	" 3.			2,55 - 2,68	2,60																
13.	" 4.					2,43 - 2,75	2,62	2,42 - 2,80	2,60												
14.	" 5.			2,38 - 2,75	2,65	2,53 - 2,68	2,65	2,51 - 2,74	2,65?												
15.	" 6.	2,25 - 3,00	2,55	2,50 - 2,56	2,55			2,49 - 2,70	2,60												
16.	" 7.			2,31 - 2,60	2,52			2,48 - 2,63	2,60?												
17.	" 8.			2,40 - 2,60	2,53			2,54 - 2,61	2,58	2,52 - 2,84	2,75										
18.	" 9.			2,42 - 2,64	2,58			2,20 - 2,78	2,63?	2,62 - 2,78	2,70	2,68 - 2,85	2,72	2,64 - 2,85	2,82	2,44 - 2,70	2,60				
19.	SPYTKOWICE 200.																				
20.	MOGILANY 1.			2,48 - 2,68 <sup>*/</sup>	2,60																
21.	USTRON 1.							2,38 - 2,70	2,66	2,61 - 2,70	2,70										
22.	KRYSPIŃÓW 1.									2,62 - 2,73	2,70	2,69 - 2,78	2,72	2,76 - 2,86	2,82						
23.	PIOTROWICE 1.							2,20 - 2,70	2,64												
24.	TOMICE 1.	2,45 - 2,68	2,50	2,16 - 2,65	2,40			2,12 - 2,72	2,65												
25.	ZAGACIE 1.			2,53 - 2,68 <sup>*/</sup>	2,60			2,84 - 2,55	2,55?												
		*/DANE ODNOŚZA SIĘ DO OTWORÓW MAŁMU																			

kompleksów stratygraficznych (fig. 5). Przeciętne wartości  $d$  dają pewną skalę porównawczą, oczywiście, wziętą z dość dużym przybliżeniem.

Wymieniony średnio normalny przekrój może służyć jako podstawa do ogólnej oceny możliwości wydzielania poszczególnych kompleksów straty-

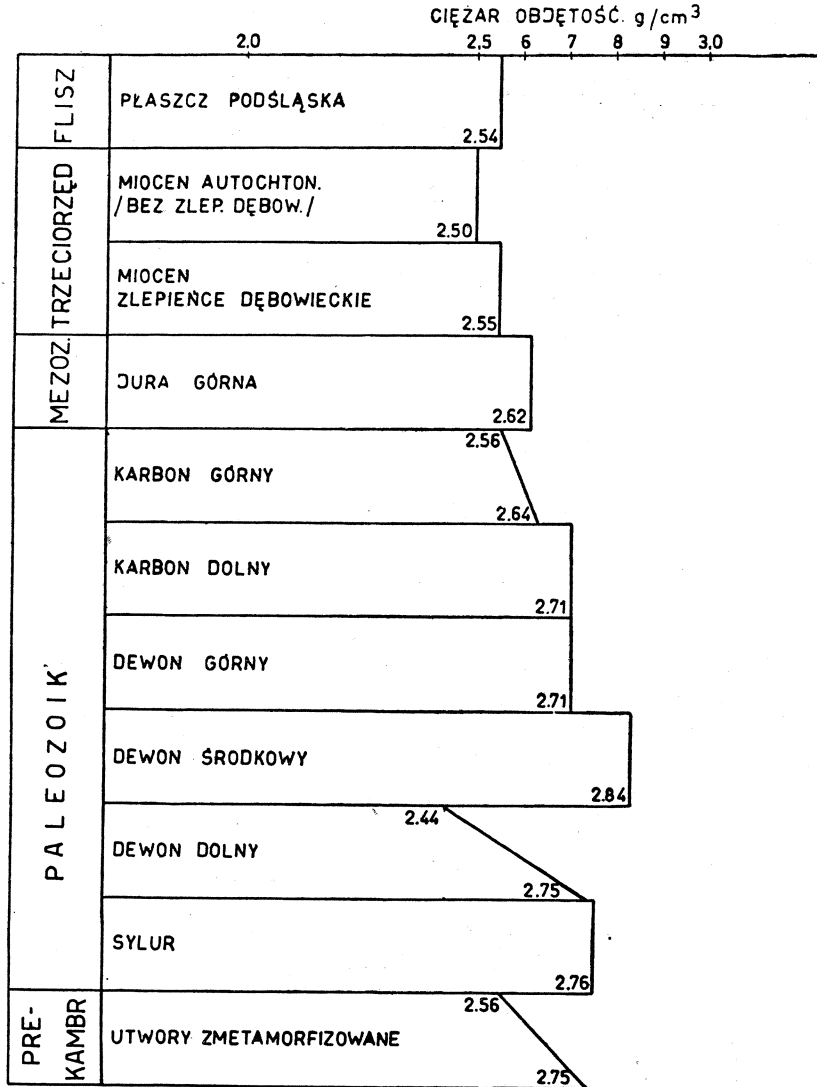


Fig. 5. Średnio normalny przekrój gęstości skał dla poszczególnych kompleksów stratygraficznych na obszarze zachodniego Przedgórze Karpat

Фиг. 5. Средний нормальный разрез плотности пород для отдельных стратиграфических комплексов в районе западного предгорья Карпат

graficznych lub też ogólnych możliwości uzyskiwania granic sejsmicznych w przekroju geologicznym. Im większa jest różnica w ciężarach objętościowych pomiędzy dwoma kontaktującymi się kompleksami i im ostrzej zarysowuje się kontrast — tym wyższa jest jakość granicy sejsmicznej.

Z grubsza można odnotować, że największe możliwości uzyskiwania granic sejsmicznych zarysowują się następująco:

←

Tabela 1. Zestawienie ciężarów objętościowych dla odwiertów na obszarze zachodniego Przedgórze Karpat. Dane w G/cm³

Таблица 1

Сопоставление плотностей пород в скважинах в районе западного предгорья Карпат

1. w stropie zlepieńców dębowieckich (lub jury górnej tam, gdzie utwory jury występują) oraz w stropie karbonu górnego, jeżeli brak jest zlepieńców dębowieckich (K. Konior, 1962);
2. w stropie utworów węglanowych dolnego karbonu; jeżeli utwory węglanowe występują również w dolnej części górnego karbonu, to granica sejsmiczna przesuwa się ku górze, do stropu tych utworów;
3. w stropie utworów dolomitycznych środkowego dewonu;
4. w stropie zmetamorfizowanych utworów prekambriu, ale jedynie w przypadku, gdy nadległe utwory dolnego dewonu posiadają małe ciężary objętościowe: 2,44—2,50 G/cm<sup>3</sup>.

Jest zrozumiałe, że istniejące w rzeczywistości inne kombinacje układów lito-stratygraficznych (skutkiem denudacji poszczególnych serii) zmieniają możliwości uzyskiwania granic sejsmicznych, i to w bardzo szerokich granicach. Duże wahania współczynników odbicia i załamania świadczą o znacznych zmianach w jakości granic.

### PRĘDKOŚCI ŚREDNIE

W wielu odwiertach po ukończeniu wiercenia, w ramach cyklu pomiarów geofizycznych, przeprowadzono profilowania prędkości rozchodzenia się fal sprężystych w ośrodku otaczającym odwiert. Stosowano metodę standardową, polegającą na pomiarach czasu przebiegu impulsu sprężystego pomiędzy odwiertem strzałowym na powierzchni i geofonem w odwiercie, zmieniającym położenie co 25 m głębokości. Eksplozje materiału wybuchowego odbywają się tu na powierzchni w trzech płytkich odwiertach umieszczonych w trzech azymutach: wzdłuż rozciągłości oraz w kierunkach upadu i wzniesienia warstw. Wartości czasów w trzech azymutach wykazują pewne rozbieżności, które są największe do głębokości około 500—600 m i wahają się w granicach 60—200 m/sek. Na większych głębokościach różnice zazwyczaj nie przekraczają 50—60 m/sek, chociaż czasami obserwuje się także większe odstępstwa (odwiert Bielsko 4 — do 1200 m/sek). Różnice są spowodowane przez niejednorodności osadów w nadkładzie (zwłaszcza fliszowym) oraz nachyleniem warstw.

Pomiary prędkości średnich w pierwszym rzędzie są wykorzystywane przy interpretacji geofizycznej umożliwiając dokładne określenie głębokości zalegania granic sejsmicznych. Jak stwierdzono, na obszarze Przedgórze Karpat pomiędzy Krakowem na zachodzie i Kosowem na wschodzie rozkład prędkości pozostaje w ścisłej zależności od występujących form strukturalnych zazwyczaj w sposób bezpośredni i prosty (A. Kisłowski, 1968, 1969). Mianowicie formom wyniesionym obszaru odpowiada wzrost prędkości, obniżonym zaś — zmniejszenie wartości, co łatwo tłumaczy się faktem, że starsze wiekowo utwory, zazwyczaj bardzo zwęzłe, charakteryzują najczęściej większe wartości prędkości rzeczywistych (warstwowych).

Prędkości warstwowe (lub kompleksowe poszczególnych kompleksów lito-stratygraficznych) dla obszaru zachodniego Przedgórze przedstawia tabela 2.

Określenie przeciętnych wartości warstwowych prędkości średnich jest bardzo trudne z uwagi na duże rozrzuty wartości zależnie od położenia i głębokości występowania.

Wyniki wykonanych pomiarów w odwiertach zostały przedstawione w postaci rozkładów prędkości dla poziomów na głębokości 500 m (fig. 6) oraz 1500 m (fig. 7). Głębokości są liczone od powierzchni, co jednak w re-

Prędkości warstwowe dla poszczególnych kompleksów litologiczno-stratygraficznych na obszarze zachodniego Przedgórza Karpat w m/sek

Tabela 2

Комплексные скорости для отдельных литолого-стратиграфических комплексов в районе западного предгорья Карпат, в м/сек

Таблица 2

kompleksy	granice wahań	średnio
jura górna - wapień	4500-5500	5000
trias - kajper - mułowce	3400-4000	3700
trias - wapień muszlowy - wapień	4800-5700	5200
trias - piaskowiec pstry - piaskowce	3700-3900	3800
karbon górny - mułowce i piaskowce	3800-4700	3900
karbon dolny - wapień	5000-6500	5600
dewon górny - wapień	5200-6200	5600
dewon środkowy - dolomity	6000-6700	6300
dewon dolny - piaskowce	4500-5000	4800
prekambr - utwory zmetamorfizowane	4600-5800	5000

gionalnym ujęciu nie wpływa na uzyskiwany obraz rozkładu prędkości. Na mapach zarysowują się formy „prędkościowe”, przy czym na płytszej mapie odzwierciedlają się formy i stosunki przypowierzchniowe, natomiast na głębszej zaczynają zarysowywać się kształty podłoża. I tak, w poziomie 1500 m od wschodu, pomiędzy Bochnią i Wieliczką, zaznacza się obniżenie prędkości, słabo widoczne na „wyniesieniu prędkościowym” Kraków—Myślenice. Przypuszczalnym przedłużeniem w kierunku zachodnim poprzedniego obniżenia jest nowa forma „synklinalna” przebiegająca na NE od Wadowic. „Wyniesienie prędkościowe” Kraków—Myślenice jest wywołane obecnością znanego paleozoicznego wyniesienia Dębnik. Objasnienie „obniżień” jest różne: w części wschodniej przyczyną są warstwy tortońskie, gdy natomiast na zachodzie dołącza się wpływ utworów górnego karbonu.

Z analizy map rozkładu prędkości średnich można wnioskować, że istnieje, ogólnie biorąc:

1. znaczne zróżnicowanie występujących prędkości średnich,
2. powiązanie form w rozkładzie z ogólnymi rysami budowy geologicznej obszaru.

Ostatnie stwierdzenie całkowicie pokrywa się z wnioskami wyrażonymi wcześniej o związku pomiędzy formami strukturalnymi na Przedgórzcu i rozkładem prędkości. Równocześnie fakt istnienia dużych gradientów prędkości narzuca metodykę posługiwania się zmiennymi wartościami prędkości średnich przy interpretacji materiałów sejsmicznych, gdyż w przeciwnym razie zachodzi obawa popełnienia dużych błędów w określaniu załęgania granic sejsmicznych oraz trudności powiązania materiałów z różnych lat prac.

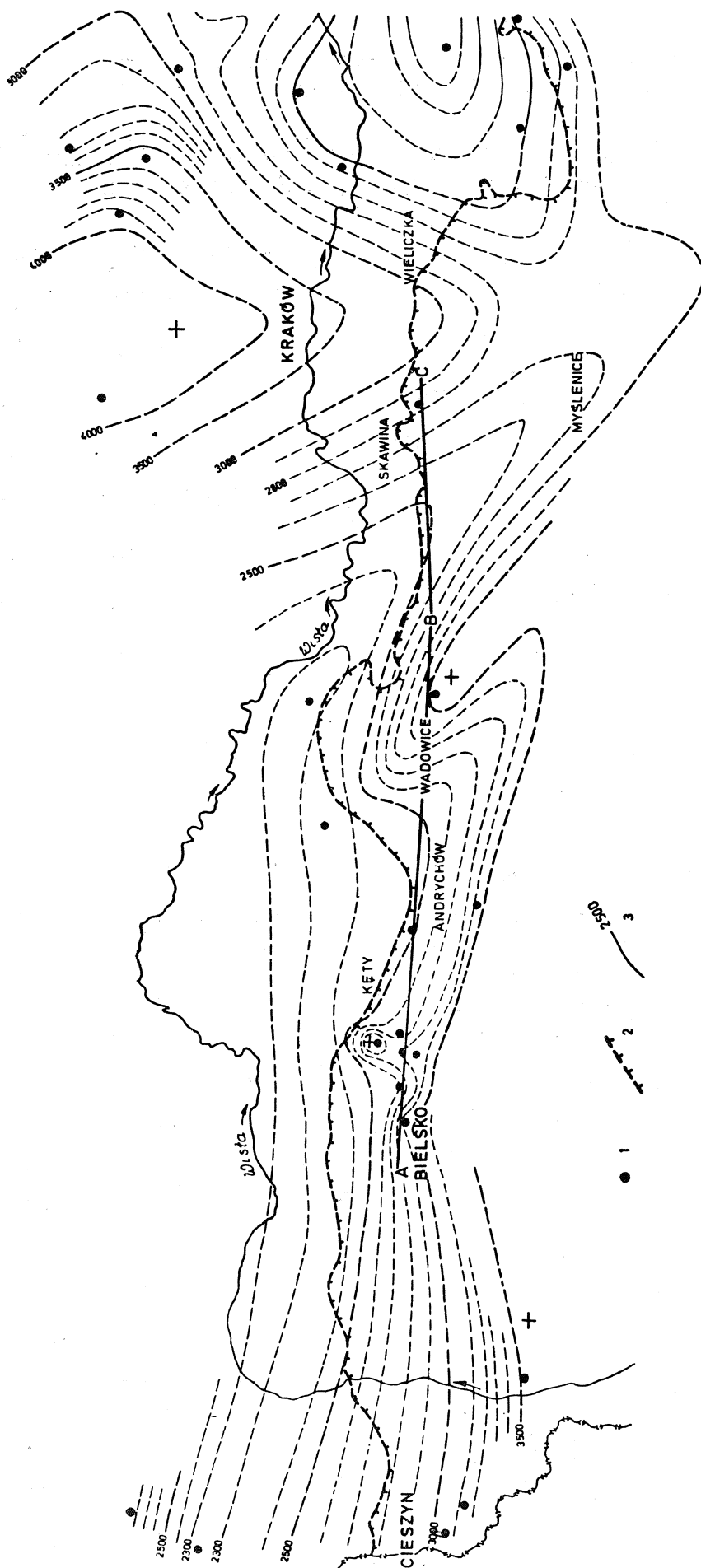


Fig. 6. Rozkład prędkości średnich dla poziomu 500 m. 1 — punkt pomiaru prędkości; 2 — brzeg Karpat; 3 — linie równych prędkości  
Фиг. 6. Распределение средних скоростей на глубине 500 м  
1 — точки замеров скоростей; 2 — берег Карпат, 3 — линии равных скоростей



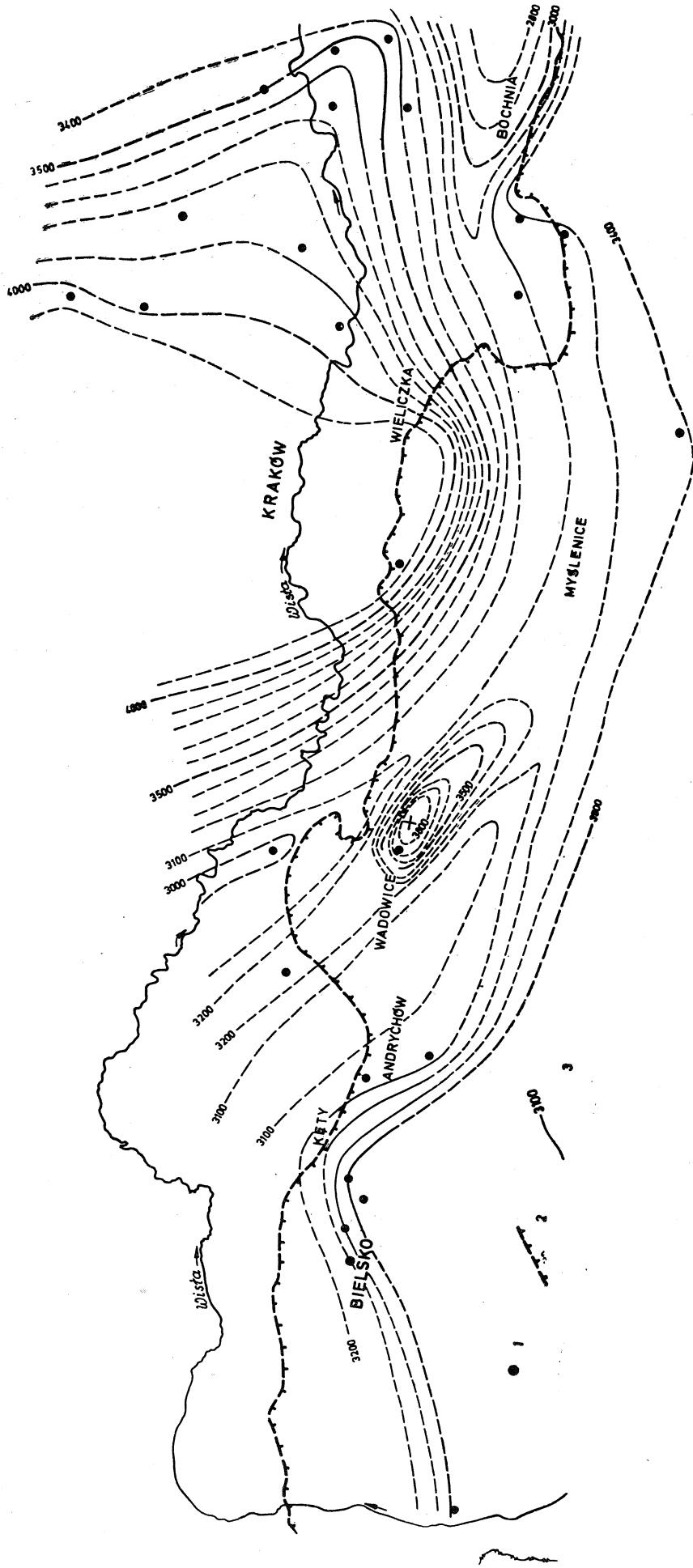


Fig. 7. Rozkład prędkości średnich dla poziomu 1500 m. Objasnienia patrz fig. 6  
Фиг. 7. Распределение средних скоростей на глубине 1500 м.  
Объяснения — как на фиг. 6

GRANICE SEJSMICZNE

Koniecznym warunkiem poprawnej interpretacji sejsmicznego przekroju jest posiadanie na nim wyraźnych granic rozdziału, których stratygraficzne położenie może być dokładnie określone. Tak jest ze znaną przewodnią granicą refleksyjną w stropie kompleksu gipsowo-anhydrytowego na Przedgórzu, która może być bez trudności rozpoznana i skorelowana na dużych obszarach, nawet bez potrzeby dowiązywania się do wierceń (pozostaje tylko konieczność korygowania głębokości). To jest możliwe dzięki specyficznym warunkom geologicznej budowy Przedgórza, stwarzającej korzystne układy sprężyste — z jednej strony, oraz możliwości korelacyjne — z drugiej.

Na obszarze zachodniego Przedgórza pomiędzy Bielskiem i Krakowem podobne korzystne warunki nie występują. Sprawa komplikuje się przez okoliczność, że chodzi nam o rozpoznanie głębszego kompleksu warstw, poniżej pierwszej wyraźnej granicy w spągu utworów miocenu lub jury.

Na fig. 1 przedstawiono przekrój, na którym granice wykreślone odmiennymi sposobami mogły być ustalone tylko dzięki dowiązaniu do głębokich odwiertów.

Wyrazistość granic jest zależna od dwóch zasadniczych czynników:

- a. sumy ogólnych warunków tzw. sejsmogeologicznych,
- b. sposobu rejestracji, włączając nie tylko metodykę, lecz i ogólne możliwości techniczne stosowanego typu urządzenia odbiorczego oraz sposobu wzbudzania fal sprężystych.

Poniżej jest przedstawiona próba ilościowej oceny jakości granic odbijających tak, jak one wyglądają w świetle uzyskanych i podanych wyżej informacji o rozkładzie własności sprężystych w skałach i w przekroju pionowym. Za podstawę oceny ilościowej wzięto materiały zebrane na fig. 5.

Wykorzystano znany wzór na współczynnik odbicia:

$$A = (v_2 d_2 - v_1 d_1) / (v_1 d_1 + v_2 d_2) \quad \text{lub}$$

$$A = (f_2 - f_1) / (f_2 + f_1)$$

gdzie:

$v_1$  i  $v_2$  — prędkości warstwowe,  $d_1$  i  $d_2$  — ciężary objętościowe dla tych warstw,  $f_1$  i  $f_2$  — oporności falowe, wyliczone według wzoru:  $f_i = v_i d_i$ .

Wartości prędkości oraz ciężarów objętościowych zostały albo wzięte z bezpośrednich pomiarów profilowania w odwiertach lub pomiarów w rdzeniach, albo też przyjęte jako zbliżone i domniemane, a możliwe do wykorzystania z bliskiego otoczenia. Ze względu na niejakie trudności w ustalaniu czy też przyjęciu tych czy innych wartości prędkości z uwagi na niezbyt wysoką dokładność określania prędkości za pomocą konwencjonalnej metody pomiarów w cienkich warstwach, zastosowano kontrolę i selekcję wartości za pomocą wzoru zaproponowanego przez N. N. P u z y r i e w a (1959) dla zależności pomiędzy prędkością i ciężarem objętościowym dla utworów piaszczysto-ilastych i niektórych węglanowych:

$$v = 6 d - 11 \text{ km/sek}$$

lub po przekształceniu  $d = 0,167 v + 1,83 \text{ G/cm}^3$ .

Początkowo skontrolowano możliwość stosowania wymienionego wzoru w warunkach Przedgórza na posiadanych informacjach pomiarowych nie wywołujących zastrzeżeń, następnie zaś użyto wzoru do określania brakujących danych dla naszych obliczeń ( $v$  lub  $d$ ), jeżeli była znana tylko jedna wartość.

W ten sposób zostały określone wartości falowych oporności  $f$  i współczynników  $A$ . Posługując się nimi opracowano zestawienie współczynników



Na podstawie tabeli 2 oraz fig. 4 i 5 opracowano zbiorcze zestawienie parametrów petrofizycznych i współczynników odbicia dla różnych serii lito-stratygraficznych (tab. 4). Wartości współczynników są rozpatrywane jako przeciętne dla całego obszaru przy dodatkowym uzupełnianiu ich wartościami dla niektórych odwiertów celem poglądowego przedstawienia położenia danego odwiertu na ogólnym tle rozkładu ciężarów objętościowych. Celem bardziej wyrazistego przedstawienia wyników podanych w tabeli 3 wykonano fig. 8, na której uwidoczniono rozkład oporności falowych  $f$  poszczególnych kompleksów na danym obszarze. Ogólna zasada interpretacji tego rysunku jest taka, że nie są spodziewane odbicia od granicy dwóch kompleksów, jeżeli oporność falowa dolnego kompleksu będzie mniejsza (aniżeli w kompleksie górnym). W oparciu o dane tego rysunku można przewidywać warunki odbicia dla dowolnych układów kompleksów ze znanymi wartościami oporności falowych. Na tejże fig. 8 pokazano miejsce niektórych odwiertów na podstawie tab. 4. I tak z rysunku wynika, że na obszarze Słomnik nie ma podstaw do uzyskania refleksów w stropie górnego karbonu, lecz należy spodziewać się ich w stropie karbonu dolnego lub dewonu. W Kętach również można spodziewać się odbić w prekambrze, lecz są one niemożliwe w Słomnikach. W ten sposób znając poszczególne oporności falowe warstw można przewidywać możliwości uzyskiwania granic refleksyjnych.

Jest zatem rzeczą ważną posiadanie ilościowych danych dla oceny jakości granic odbijających i to w dowolnych warunkach zalegania, gdyż z góry można przewidzieć efekty prac sejsmicznych w danym rejonie. Upřednie informacje mogą pomóc w wyborze odpowiedniej metodyki rejestracji, na przykład przy wyborze sposobu i ilości grupowania geofonów.

Tabela 5 zawiera zestawienie współczynników odbicia  $A$  dla przekroju normalnego według fig. 5. Dane zawierają zakresy występowania współczynników oraz ich przeciętne wartości. Zwraca tutaj uwagę przedstawienie możliwości rejestracji stropu prekambru w warunkach bardzo szerokiego zakresu wahań ciężarów objętościowych w utworach dolnego dewonu — od 2,40 do 2,79 G/cm<sup>3</sup>. Z tego względu współczynnik  $A$  dla stropu utworów prekambru również waha się w szerokich granicach — od 0 do 0,32. W praktyce jednak te szerokie możliwości znacznie zwiężają się i wahają się w granicach 0,0—0,10.

Ponieważ rzeczywiste warunki geologiczne są bardziej skomplikowane, ze względu na tektonikę i denudację w obrębie poszczególnych bloków, przeto należało uwzględnić i te możliwości, co zostało uczynione i przedstawione w tab. 5. Takie zestawienie uwzględnia wszystkie możliwe kombinacje układów kompleksów lito-stratygraficznych jakie mogą powstać w realnych geologicznych warunkach obszaru. Aby uzyskać potrzebne dane dla dowolnego rzeczywistego układu warstw, należy wybrać odpowiednią rubrykę pionową z lewej strony tabeli (kompleks w nadkładzie) i śledząc

Tabela 4

Określenie parametrów petrograficznych i współczynników odbicia dla różnych serii stratygraficzno-litologicznych na obszarze zachodniego Przedgórzia Karpat (Bielsko—Kraków—Busko)

Таблица 4

Определение петрофизических параметров и коэффициентов отражения для разных литолого-стратиграфических комплексов в районе западного предгорья Карпат (Бельско—Краков—Буско)

OBSZAR, ODWIERT.	PRZYNALEŻNOŚĆ STRATYGRAFICZNA	TYP LITOLOGICZNY	CIĘŻAR OBJ. WARSTW		PRĘDKOŚCI WARSTWOWE V km/sek			OPORNOSCI FALOWE f = d · V					WSPÓŁCZYN. ODBICZIA ŚREDNI	GRANICE WAHAN
			GRANICE WAHAN ŚREDNIA		W GROMIA-ROW V <sub>w</sub>	OBLICZONE TEORET. GRANICE V <sub>w</sub>		d <sub>s</sub> · V <sub>w</sub>	d <sub>s</sub> · V <sub>w</sub>	d <sub>g</sub> · V <sub>w</sub> <sup>2</sup>	PRZYCIEŃ ŚREDNIA d <sub>v</sub>			
			d <sub>g</sub>	d <sub>s</sub>		V <sub>w</sub>	V <sub>w</sub>							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
CIESZYN - BIELSKO - WADOWICE	PLASZCZ. PODSŁA-SKA /KREDA/	MUŁOWCE, PIASK. WĘGLANOWE	2,67 - 2,62	2,55	-	4 300	3800 - 4 700	-	10,95	9,40 - 12,30	10,95	-	-	
CIESZYN - BIELSKO - WADOWICE	MIOCEN AUTOCHTON./BEZ ZLER DEB./	PIASZCZYSTO - MUŁOWCOWE	2,67 - 2,56	2,50	3200 - 3500	4 000	3800 - 4 350	800 - 9,75	10,00	9,40 - 11,10	10,00	0	0 - 0,08	
CIESZYN - BIELSKO - WADOWICE	MIOCEN-ZLER DEBOW	KONGLOMERATY	2,52 - 2,60	2,55	4400 - 4700	4 300	4 100 - 4 600	1120 - 12,00	11,00	10,35 - 11,95	11,60	0,07	0 - 0,12	
ODWIERT KRAKÓW - BOCHNIA	JURA	WĘGLANOWE	2,50 - 2,66	2,62	-	4 700	4 000 - 5 000	-	12,30	10,00 - 13,30	11,60	- 2/	-	
ODWIERT SKOMNIKI 1	JURA	WĘGLANOWE	2,62 - 2,63	2,54	4 750	4 200	3 600 - 4 800	12,05	10,65	8,70 - 12,65	12,05	0,09	0 - 0,15	
ODWIERT BĘBŁO	JURA	WĘGLANOWE	2,50 - 2,62	2,57	4 800 2/	4 400	4 000 - 4 700	12,30	11,30	10,00 - 12,30	11,30	-	-	
KSIĄŻNICE 1	JURA	WĘGLANOWE	2,60 - 2,68	2,64	5 000 1/	4 850	4 600 - 5 100	13,20	12,80	11,95 - 13,65	12,80	0,12	0,04 - 0,19	
BIELSKO - WADOWICE	KARBON GÓRNY	PIASZCZ.-MUŁOW	2,50 - 2,64	2,56	3800 - 4700	4 350	4 000 - 4 850	9,75 - 12,00	11,10	10,00 - 12,80	11,10	BEZ ZLER DEB. - 0	0 - 0,19	
ODWIERT SPYTKOWICE 200	KARBON GÓRNY	PIASZCZ.-MUŁOW	2,57 - 2,67	2,64	-	4 850	4 400 - 5 000	-	12,80	11,30 - 13,35	12,80	JURA-KARBON 0,12	0 - 0,10	
BIELSKO - WADOWICE	KARBON DOLNY	WĘGLANOWE	2,69 - 2,73	2,71	4 200 - 5700	5 250	5 100 - 5 330	11,40 - 15,45	14,25	13,70 - 14,70	14,25	0,12	0,03 - 0,19	
BIELSKO - BUSKO	DEWON GÓRNY	WĘGLANOWE	2,69 - 2,74	2,71	5 000 - 6 200	5 250	5 100 - 5 450	13,55 - 16,80	14,25	13,65 - 14,95	14,25	0	0 - 0,04	
BIELSKO - BUSKO	DEWON ŚRODKOWY	WĘGLAN-DOLOMIT.	2,82 - 2,85	2,84	5 500 - 6 500	6 050	5 900 - 6 100	15,65 - 18,45	17,20	16,65 - 17,30	17,20	0,09	0,05 - 0,12	
ODWIERT SKOMNIKI 1	DEWON ŚRODKOWY	WĘGLAN-DOLOMIT.	2,82 - 2,87	2,85	-	6 100	5 900 - 6 200	-	17,40	16,65 - 17,80	17,40	0,10	0,05 - 0,12	
BIELSKO - BUSKO	DEWON DOLNY	PIASZCZ.-WĘGLAN.	2,40 - 2,50 2,40 - 2,72	2,44 2,44	4 000 - 4 800	3 650 3 650	3 400 - 4 000 3 400 - 5 300	- 9,75 - 11,70	8,90 8,90	8,20 - 13,25 8,20 - 14,40	10,70 10,70	0 0	0 0	
ODWIERT SKOMNIKI 1	DEWON DOLNY	WĘGLANOWE	2,72 - 2,79	2,75	-	5 500	5 300 - 5 750	-	15,10	14,40 - 16,00	15,10	0	0	
ODWIERT BĘBŁO	SYLUR	MUŁOWCOWY	2,73 - 2,79	2,76	6 650 2/	5 550	5 350 - 5 700	18,35	15,30	14,60 - 15,90	15,30	0,15 2/	0,09 - 0,23 2/	
BIELSKO - BUSKO	PREKAMBR	UTWORY ZMETAM.	2,56 - 2,78	2,73	4 600 - 5 800	5 400	4 350 - 5 700	12,55 - 15,85	14,75	11,15 - 15,90	14,75	0,16	Z SYLUREM - 0 - 0,04	
OBSZAR KĘTY	PREKAMBR	UTWORY ZMETAM.	-	2,56; 2,67	-	4 350; 5 000	-	-	-	-	11,20; 13,40	0,03; 0,11	BEZ SYLURU - 0 - 0,32	
ODWIERT OPATKOWICE	PREKAMBR	UTWORY ZMETAM.	-	2,75	-	5 500	-	-	-	-	15,10	0	BEZ SYLURU	

**OBJAŚNIENIA:**

1/ WARTOŚCI WYPOŚRODKOWANE Z POMIARÓW W INNYCH SĄSIEDNICH ODWIERTACH V = 6d - 11 / wg J.D. GURWICZA, 1960 /

2/ WARTOŚCI NIEPEWNE

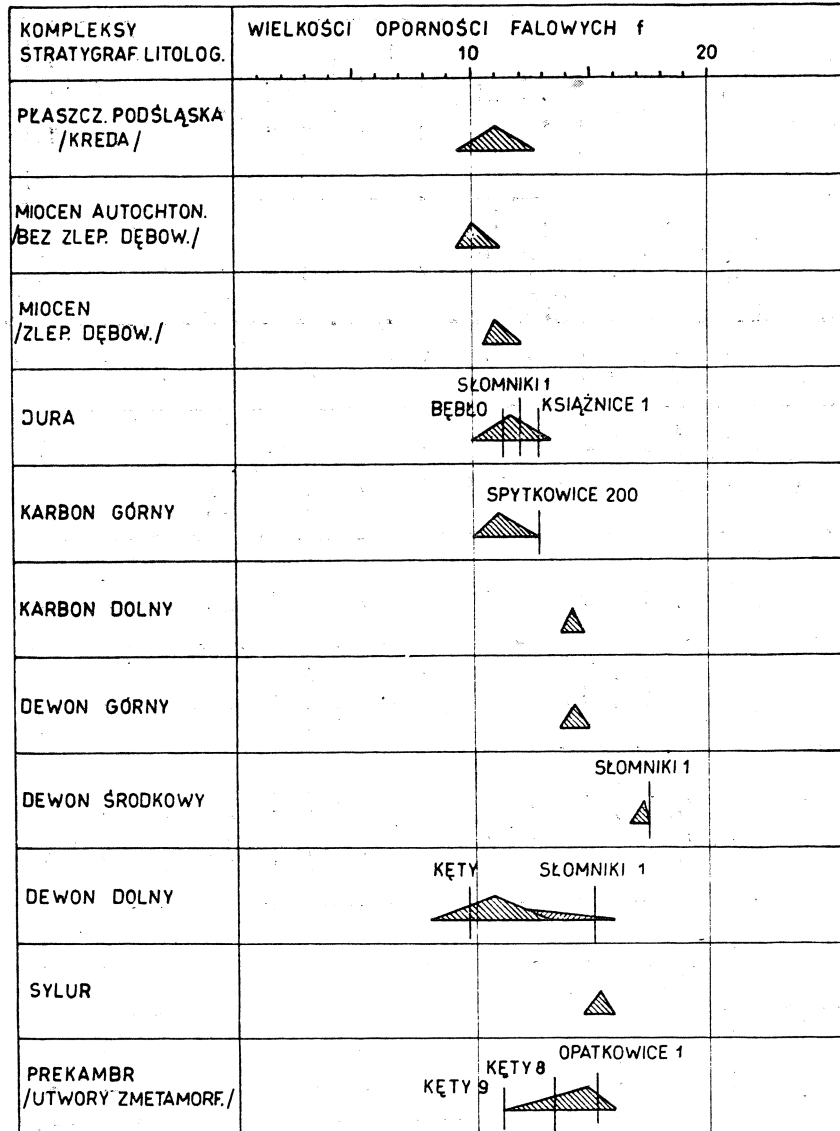


Fig. 8. Rozkład oporności falowych „f” w poszczególnych kompleksach stratygraficzno-litologicznych na obszarze zachodniego Przedgórze Karpat  
Фиг. 8. Распределение волновых сопротивлений „f” для отдельных литолого-стратиграфических комплексов в районе западного предгорья Карпат

tę rubrykę w prawo odczytać dane w kolumnie odpowiadającej utworom podścielającym (wymienionym w ułożeniu poziomym).

W prostokącie górnym, zakreślonym grubymi liniami, znajdują się dane odnoszące się do nadkładu trzeciorzędowego i mezozoicznego. W małych kwadratach, odnoszących się do utworów paleozoicznych, zaznaczono wartości współczynników tych granic, które są najbardziej wyraźne w przekroju całego kompleksu warstw paleozoicznych.

Te granice wewnątrz warstw paleozoicznych są następujące:

1. strop utworów dolnego karbonu (węglanowe utwory),
2. strop utworów środkowego dewonu (węglanowe utwory),
3. strop utworów syluru,
4. strop utworów prekambru — gdy brak utworów syluru.

Przeciętne wartości współczynników odbicia A wahają się dla tych granic od 0,09 do 0,18, ogólne zaś zakresy wahań — od 0,01 do 0,32. Należy tutaj poczynić zastrzeżenie, że wobec małej znajomości własności spręży-

Tabela 5  
Zestawienie współczynników odbicia A dla poszczególnych przypadków bezpośrednich kontaktów kompleksów stratygraficzno-litologicznych na zachodnim Przedgórzu Karpat

Таблица 5  
Сопоставление коэффициентов отражения А для различных случаев непосредственных контактов литолого-стратиграфических комплексов в районе западного предгорья Карпат

KOMPLEKSY STRATYGRAFICZNO-LITOLOGICZNE NADLEGLĘ	PODSZCIELAJĄCE											
	PLASZCZ. PODSŁĄSKA /KREDA/	MIOCEN AUTOCHTON. /BEZ ZLEP. DĘBOW./	MIOCEN-ZLEP. DĘBOW.	JURA	KARBON GÓRNY	KARBON DOLNY	DEWON GÓRNY	DEWON ŚRODKOWY	DEWON DOLNY	SYLUR	PREKAMBR /UTWORY METAMORF./	
PLASZCZ. PODSŁĄSKA /KREDA/	—	0 0-0,08	0,03 0-0,12	0,05 0-0,15	0,01 0,03-0,115	0,13 0,09-0,22	0,13 0,05-0,23	0,23 0,15-0,30	0 0-0,21	0,17 0,09-0,26	0,15 0-0,25	
MIOCEN AUTOCHTON. /BEZ ZLEP. DĘBOW./	—	—	0,07 0-0,12	0,05 0-0,10	0,05 0-0,19	0,18 0,10-0,21	0,18 0,10-0,23	0,26 0,20-0,30	0,03 0-0,21	0,21 0,14-0,26	0,19 0-0,25	
MIOCEN-ZLEP. DĘBOW.	—	—	—	0,02 0-0,10	0 0-0,10	0,10 0,07-0,17	0,10 0,07-0,18	0,20 0,16-0,25	0 0-0,18	0,14 0,10-0,21	0,12 0-0,21	
JURA	—	—	—	—	0 0-0,19	0,08 0,04-0,26	0,08 0,04-0,26	0,18 0,14-0,33	0 0-0,25	0,12 0,07-0,29	0,10 0-0,29	
KARBON GÓRNY	—	—	—	—	—	0,12 0,03-0,19	0,12 0,03-0,20	0,22 0,06-0,24	0 0-0,18	0,16 0,07-0,23	0,14 0-0,23	
KARBON DOLNY	—	—	—	—	—	—	0 0-0,04	0,09 0,06-0,12	0 0-0,03	0,04 0-0,07	0,02 0-0,07	
DEWON GÓRNY	—	—	—	—	—	—	—	0,09 0,05-0,12	0 0	0,04 0-0,08	0,02 0-0,08	
DEWON ŚRODKOWY	—	—	—	—	—	—	—	—	0 0	0 0	0 0	
DEWON DOLNY	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,18 0,01-0,32	0,16 0-0,32	
SYLUR	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0 0-0,04	
PREKAMBR /UTWORY METAMORF./	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

0,01  
0-0,12

— WSPÓLCZ. A: WARTOŚĆ GÓRNA - A ŚREDNI  
WARTOŚĆ DOLNA - GRANICE WAHAŃ

W GRUBYCH OBWÓDKACH WSKAZANO GRANICE SEJSM. PRZEWODNIE DLA PRZEKROJU NORMALNEGO

stych syluru na badanym obszarze wyniki rozważań dla stropu prekambru mogą ulec ewentualnym zmianom.

Analizując podane współczynniki na tle uzyskiwanych wyników na przekrojach sejsmicznych, można warunkowo przyjąć następującą klasyfikację jakości granic zależnie od wartości współczynnika A:

0,05—0,10 — refleksy słabe, niekiedy mające przypadkowy charakter

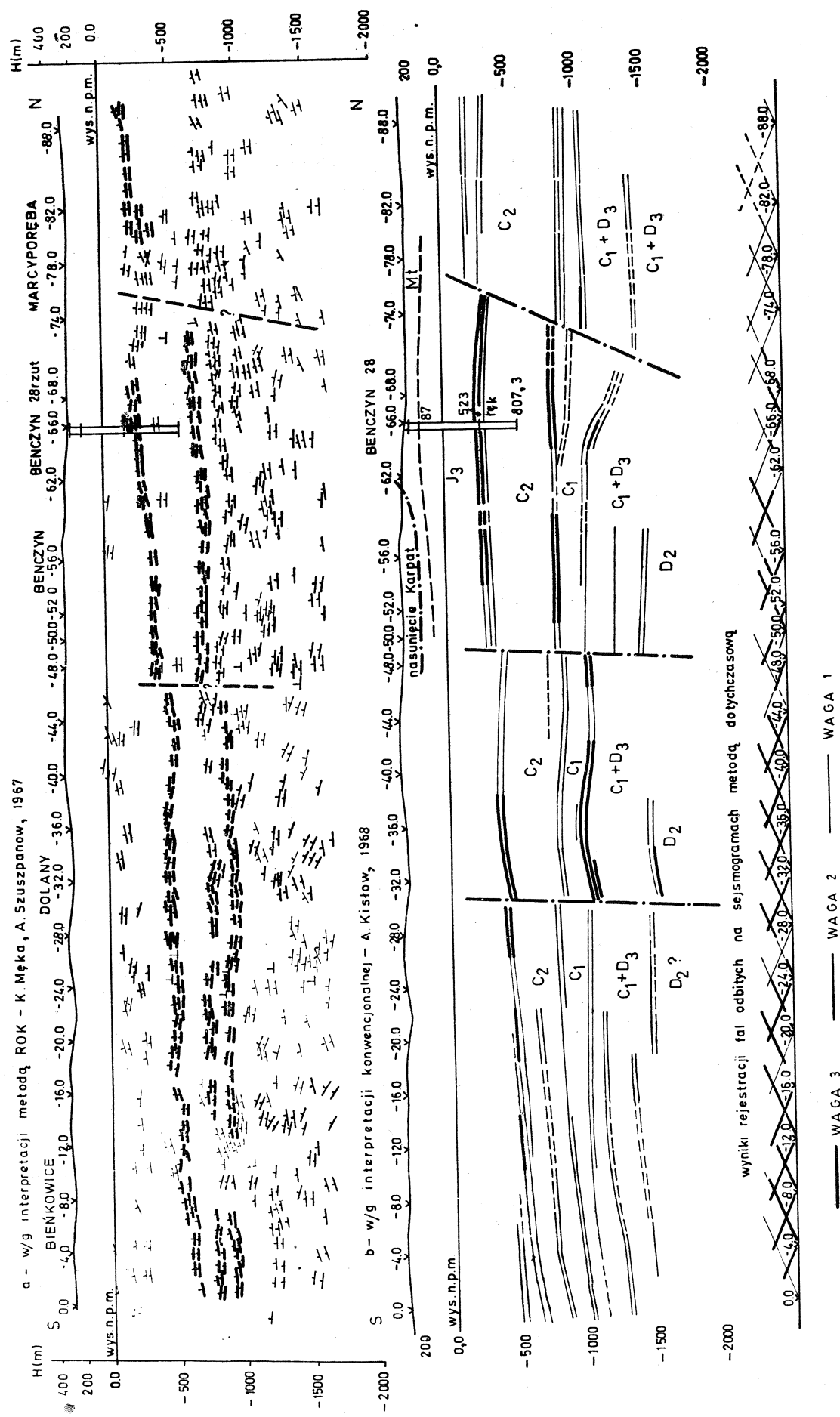


Fig. 9. Profil sejsmiczny obszaru Wadowice—Kraaków  
 Фиг. 9. Сейсмический разрез Вадовице—Краков



o korelacji fazowej utrudnionej; mogą łatwo wystąpić przerwy w ciągłości rejestracji;

0,10—0,20 — refleksy wyraźne o korelacji fazowej łatwej; przerwy w korelacji mają najczęściej przyczyny natury tektonicznej lub silnych zmian własności litologicznych;

ponad 0,20 — refleksy „ostre”, a błędy korelacji małe; ciągłość granic bardzo dobra.

Posiadając sejsmiczne materiały uzyskane metodą ROK, w których w zasadzie można wyróżnić tylko dwie grupy: słabe i bardzo wyraźne, dość trudno zastosować kryteria, jak wyżej. Tutaj odgrywa rolę stopień skupienia refleksów na granicy odbijającej. Im bowiem granica jest „ostrzejsza”, tym mniejszy jest rozrzut głębokościowy poszczególnych elementów odbijających i mniejsza dowolność w określaniu głębokości położenia ciągłej granicy.

Ogólnie oceniając, można by wysunąć tezę, że granice odbijające, odznaczające się współczynnikiem mniejszym od 0,10, nie mogą być uważane jako posiadające znaczenie korelacyjne bez zastosowania innych uzupełniających kryteriów.

Porównanie wyników z obszarów Bielsko—Wadowice i Kraków—Bochnia—Kazimierza Wielka wskazuje na różnice w jakości rejestracji granic, które znacznie pogarszają się na drugim z wymienionych obszarów. Przypuszczalna przyczyna wiąże się z silnym wzrostem miąższości utworów dewonu oraz zmianą ich własności sprężystych w całym przekroju włącznie z dolnym dewonem. Wobec tego ostatnią najgłębszą dostrzegalną granicą sejsmiczną jest strop utworów górnego dewonu lub dolnego karbonu. Nie jest wykluczone, że miejscami mogą być zarejestrowane refleksy w środkowym dewonie związane z dolomityzacją.

Mówiąc o granicach sejsmicznych należałoby zwrócić uwagę na to, że pomimo różnic we własnościach petrofizycznych poszczególnych kompleksów stratygraficznych, duży wpływ na jakość, a więc „ostrość” rejestracji, wywierają inne czynniki: obecność i miąższość strefy przejściowej na kontakcie, miąższość warstw powodujących odbicia oraz zjawisko niezgodnego ułożenia warstw. Brak niezbędnej kontrastowości przejścia na kontakcie może prowadzić do dostrzegalnego osłabienia fali odbitej lub nawet jej całkowitego zaniku. Występowanie strefy przejściowej wpływa na wzrost okresu fali (zmniejszenie się częstotliwości) oraz wyrównywanie amplitudy impulsu, co obniża wyrazistość rejestracji. Na obecnym poziomie naszego wyposażenia technicznego nie można stwierdzić obecności strefy przejściowej na kontakcie (brak profilowania akustycznego lub gamma—gamma).

Można jednakże twierdzić na podstawie obserwacji wielu autorów, że wyraźne granice sejsmiczne, zazwyczaj przywiązane do stref kontaktów różnych osadów, wskazują na przerwy w sedymentacji, kiedy mogły zaznaczyć się wpływy erozji. W ten sposób powstaje strefa obniżonych własności sprężystych, której miąższość jest zależna od czasu trwania wpływów erozji, jej intensywności oraz podatności na nie samych skał.

Wpływ niezgodnego ułożenia warstw na kontakcie działa zazwyczaj pozytywnie na ostrość wykształcenia odbić, jednakże występowanie warstw o różnych własnościach sprężystości powoduje zmienność wyrazistości granic, zależnie od ich właściwych zdolności odbijających. To zjawisko można zaobserwować szczególnie wyraźnie na granicy w stropie górnego karbonu.

MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA METODY REFRAKCYJNEJ  
NA OBSZARZE ZACHODNIEGO PRZEDGÓRZA KARPAT

Ocenę możliwości stosowania metody refrakcyjnej można przeprowadzić na podstawie analizy współczynników załamania  $p = v_1/v_2$ , charakteryzujących ilościowo zdolność załamania się fal sprężystych na powierzchni kontaktu dwu kompleksów. Wyliczone według podanego wzoru współczynniki są zestawione w tab. 6.

Tabela 6

Zestawienie współczynników załamania P dla poszczególnych przypadków bezpośrednich kontaktów kompleksów stratygraficzno-litologicznych na zachodnim Przedgórzu Karpat

Таблица 6

Сопоставление коэффициентов преломления P для различных случаев непосредственных контактов литолого-стратиграфических комплексов в районе западного предгорья Карпат

KOMPLEKSY STRATYGRAFICZNO- LITOLOGICZNE NADLEGŁE	PODSCIELAJĄCE PŁASZCZ. PODSŁĄSKA /KREDA/	MIOCEN		DURA	KARBON		D E W O N			SYLUR	PREKAMBR /UTWORY ZMETAMORF./
		BEZ ZLEP. DĘBOW.	Z ZLEP. DĘBOW.		GÓRNY	DOLNY	GÓRNY	ŚRODKOWY	DOLNY		
PŁASZCZ PODSŁĄSKA /KREDA/	—	•	•	•	0,88*	•	•	•	•	•	•
MIOCEN	BEZ ZLEP. DĘBOW.	—	•	•	0,80 0,73-0,88 /6/	0,57*	•	•	•	•	•
	Z ZLEPIENCAMI DĘBOW.	—	—	•	1,03 1,00-1,22 /3/	•	0,75*	•	•	•	•
DURA	—	—	—	—	1,35 1,33-1,44 /2/	0,85 0,69-1,37 /6/	0,95 0,89-1,04 /7/	•	•	0,72*	0,86 0,86-1,18 /4/
KARBON	GÓRNY	—	—	—	—	0,80 0,67-0,90 /4/	0,73 0,61-0,80 /4/	•	•	•	•
	DOLNY	—	—	—	—	—	1,0 0,90-1,29 /7/	0,75 0,69-1,00 /4/	•	10*	•
D E W O N	GÓRNY	—	—	—	—	—	0,80 0,77-0,95 /13/	•	•	•	•
	ŚRODKOWY	—	—	—	—	—	—	—	1,25 1,0-1,45 /6/	1,23*	1,20*
	DOLNY	—	—	—	—	—	—	—	—	1,2 1,0-1,47 /2/	0,92 0,87-1,0 /4/
SYLUR	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,76*
PREKAMBR /UTWORY ZMETAMORF./	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

0,80  
0,73-0,88  
/6/

— WSPÓŁCZ. P: WARTOŚĆ GÓRNA - P ŚREDNI  
WARTOŚĆ ŚRODK. - GRANICE WAHAŃ  
WARTOŚĆ DOLNA - ILOŚĆ OKRESÓW

W GRUBYCH OBWÓDKACH WSKAZANO GRANICE  
NAJBARDZIEJ WYRAŻNE.

0,75\* - JEDNO OKREŚLENIE LICZBA WSKAZUJE  
PRZYPUSZCZALNY RZĄD WIELKOŚCI WSPÓŁCZYNNIKA

• - BRAK DANYCH

Z przedstawionych danych wynika, że wartości współczynników  $p$  wahają się w bardzo szerokich granicach — od około 0,6—0,7 do około 1,2—1,5. Przy tych wartościach ostrość rejestracji granic waha się od bardzo wysokiej do całkowitego zaniku. Z badań wiadomo (Berzon i in., 1962; Kisłowski, 1966 a), że „ostra” granica występuje przy  $p$  0,75—0,80; przy wartościach  $p$  wyższych od 0,75—0,80 — wyrazistość, a tym samym warunki śledzenia oraz dokładność korelacji maleją.

Na obszarze zachodniego Przedgórze Karpat występuje kilka „ostrych” granic załamujących, zależnych od geologicznego układu warstw. Te granice znajdują się najczęściej w stropie kompleksów:

- karbonu górnego i dolnego,
- dewonu górnego i środkowego.

Przy występowaniu porowatych piaskowców w dolnym dewonie, bezpośrednio na utworach prekambriu, również i w stropie prekambriu jest możliwa „słaba” granica załamująca ( $p = 0,86—0,92$ ). Ostrość tej granicy jest zależna od własności sprężystych utworów prekambriu. W geologicznych warunkach wschodniego Przedgórze, gdzie prekambrium jest bezpośrednio przykryty przez ilasto-piaszczyste utwory miocenu, strop prekambriu rejestruje się za pomocą metody refrakcyjnej bardzo dokładnie i jednoznacznie ( $p = 0,52—0,77$ , Kisłowski, 1966 a, b).

Ogólne wnioski wynikające z analizy współczynników załamania, w nawiązaniu do poznanych warunków geologicznych, są następujące:

a. Stosowanie metody refrakcyjnej na obszarze zachodniego Przedgórze celem śledzenia górnej powierzchni prekambriu może natrafić na bardzo poważne trudności ze względu na możliwość występowania płytszych granic załamujących o wyraźnie zaznaczonych i zbliżonych cechach sprężystości, jak utwory węglanowe dolnego karbonu oraz górnego i środkowego dewonu.

b. Wydzielenie i rozdzielenie utworów paleozoicznych starszych jest niemożliwe, zwłaszcza w warunkach występowania kompleksów o małej miąższości i na większych głębokościach.

c. Geologiczna interpretacja granic sejsmicznych jest niemożliwa bez dowiązania do głębokich odwiertów. Z tego wynika konieczność wykonywania na danym obszarze głębokich odwiertów i przeprowadzenia w nich niezbędnych pomiarów celem badania własności sprężystych przewierconych warstw.

d. Ze względu na słabe szanse wydzielenia granicy załamującej wydaje się celowe zastosowanie metodyki, która by umożliwiła rejestrację granicy niżej w utworach proterozoicznych, stwierdzonej głębokimi sondowaniami sejsmicznymi na tzw. profilach międzynarodowych w ZSRR, Węgrzech i Czechosłowacji.

e. Należy sądzić, że stosowanie metody refrakcyjnej na zachodnim Przedgórze nie posiada większego znaczenia dla celów badań w utworach paleozoicznych ze względu na skomplikowaną tektonikę obszaru i zmienność układów warstw oraz warunków lito-facjalnych.

Zupełnie inny wydźwięk może posiadać stosowanie metody refrakcyjnej dla rozpoznania budowy bardzo głębokich warstw (proterozoicznych, granic Conrada i Morovičiča), których tektonika może wyjaśniać szczegóły budowy warstw nadkładu. Analogiczne wnioski można wyciągnąć z analizy przekrojów wykonywanych metodą głębokich sondowań sejsmicznych podobnie, jak to uczyniono na obszarze niecki doniecko-dnieprzańskiej.

Z przedstawionych wyżej zestawień materiałów wynika, że — ogólnie biorąc — teoretyczne możliwości rejestracji poszczególnych granic aczkol-

wiek nie przedstawiają się zbyt zachęcająco, to jednak istnieją szanse ich śledzenia. Warunkiem jest opracowanie odpowiedniej metodyki prac zapewniającej reestrację „słabych” granic, i to w sposób ciągły.

Skomplikowana tektonika obszaru utrudnia korelację granic w poszczególnych przekrojach. W tym celu jest wymagana bardziej zagęszczona siatka profilów sejsmicznych oraz przestrzeganie zasady wyboru optymalnych kierunków tras profilów względem rozciągłości warstw, co ma szczególne znaczenie przy występowaniu „słabych” granic sejsmicznych. Praktyka kilku lat stosowania prac sejsmicznych wykazała jednakże, że nawet przy dużym zagęszczeniu prac poprawna interpretacja geologiczna materiałów nie może być w pełni osiągnięta. Powstaje konieczność wykonywania głębokich odwiertów w ilości większej, niż to praktykuje się na obszarach o mniej skomplikowanych warunkach geologicznych. Odwierty muszą przebijać cały kompleks utworów osadowych do podłoża prekambryjskiego celem porównania położenia granic sejsmicznych z rzeczywistymi. Równocześnie musi być wykonany pełny cykl prac geofizycznych z zakresu geofizyki wiertniczej włącznie z profilowaniem prędkości. Stosowanie metod akustycznej oraz gamma—gamma daje wprost bezcenne podstawy do poprawnej interpretacji materiałów sejsmicznych. Istniejące bowiem rozeznanie stosunków petrograficznych w obrębie poszczególnych serii nie jest wystarczające. Daje ono możliwość stworzenia ogólnego obrazu i ustalenia przybliżonych granic wahań różnych współczynników fizycznych.

Sytuacja obszaru koło północnego brzegu nasunięcia Karpat stwarza specjalnie dogodne warunki do poznania własności fizycznych skał w miejscu ich płytszego zalegania. Przewidywane posuwanie się prac geologiczno—geofizycznych w głąb Karpat, gdzie głębokości zalegania utworów osadowych znacznie wzrastają, lecz warunki litologiczne i facjalne mogą pozostać bardzo podobne, może być ułatwione skutkiem posiadania informacji z obrzeżenia. Na tym właśnie polega zasadnicze znaczenie konieczności rozpoznania stosunków petrofizycznych i sejsmogeologicznych na obszarze zachodniego Przedgórze.

#### WYKAZ LITERATURY REFERENCES

- Kisłowski A. (1966 a), Geofizyczne odwzorowanie warunków litologicznych w rejonie nadbużańskim, Katowice.
- Kisłowski A. (1966 b), Badanie podłoża Karpat jako dalszy etap w rozwoju stosowania metod sejsmicznych, *Geologia i geofiz. naft.*, nr 5—6.
- Kisłowski A. (1968), Stosunki prędkościowe w miocenie Przedgórze Karpat, Katowice.
- Kisłowski A. (1969), Metodyka badań sejsmicznych dla wyznaczania głębszego podłoża na obszarze zachodniej części Przedgórze Karpat (Bielsko—Kraków), *Arch. IN*, Kraków.
- Konior K. (1962), Miąższość zlepieńców spagowych miocenu i jej stosunek do ogólnej miąższości miocenu autochtonicznego na obszarze Cieszyn—Bielsko, *Nafta*, nr 8.
- Konior K. (1967 a), Remarque sur la tectonique du devonien du monoclinial du rebord meridional du Bassin Houiller du Haute Silesie, *Bull. Acad. Pol., ser. geol.*, 15, 2.
- Konior K. (1967 b), Le rôle des mouvements bretoniens dans la tectonique du monoclinial du rebord meridional du Bassin Houiller du Haute Silesie, *Bull. Acad. Pol., ser. geol.*, 15, 2.
- Sprawozdania z prac sejsmicznych wykonanych przez PGGN w Krakowie na obszarze Bielsko—Kraków w latach 1960—1968, *arch. PGGN—Kraków*.

- Berzon I.S. — Берзон И.С. и другие (1962), Динамические характеристики сейсмических волн в реальных средах. Москва.
- Puzurev N.N. — Пузырев Н.Н. (1959), Курс сейсмической разведки, Москва.

## РЕЗЮМЕ

В связи с расширением поисковых работ на нефть и газ на западную часть Предкарпатского прогиба, между Бельском и Краковом, здесь начиная с 1960 г. стал применяться сейсмический метод отраженных волн. Целью этих работ было картирование кровли карбонских отложений. Однако проведенные работы выявили большие трудности в устойчивом прослеживании протяженных границ, кроме того были отмечены значительные расхождения в геологической интерпретации разрезов.

Последующее применение метода РНП позволило получить более качественные сейсмические материалы и увеличить глубинность исследований, что было почти полностью исключено в предыдущем периоде. Однако результаты использования этих работ и материалы полученные при бурении скважин показали трудности в увязке сейсмических границ с геологическими, что значительно затрудняло полное использование сейсмических материалов при размещении поисковых глубоких скважин.

Заданием настоящей работы был анализ состояния сейсмических работ и выяснение причин трудностей геологической интерпретации, а также указание путей развития сейсмического метода с целью увеличения его эффективности при геолого-разведочных работах в данном районе.

С этой целью были рассмотрены имеющиеся геологические материалы по отдельным скважинам в увязке с сейсмическими разрезами. Было обращено внимание на выделение границ отдельных литолого-стратиграфических комплексов внутри палеозойских отложений с целью их расчленения. Анализ выявил исключительно сложные тектонические условия, при развитии мелкого и крупного блокового строения и одновременной денудации отдельных комплексов в благоприятных условиях (рис. 1 и 2). Благодаря этому правильная геологическая интерпретация может быть проведена только после увязки с данными бурения.

Данные лабораторного изучения плотностей пород на кернах представлены на рис. 3 в виде плотностных кривых, из которых типовые даны вдоль поперечного (скв. Бельско 4 — Кобыльники 1) и продольного (скв. Сломники ИГ 1 — Тшонов 2) разрезов, с указанием наблюдаемых сейсмических границ отмеченного качества. Полученные в общем количестве около 5000 определений обработаны, отдельно для каждого стратиграфического комплекса, в виде вариационных кривых (рис. 4), а затем представлены в схематическом виде в геологическом разрезе (рис. 5). Подробные данные по отдельным скважинам и стратиграфическим комплексам представлены в табл. 1. Указанные средние значения плотностей были сняты с вариационных кривых (их вершины), а пределы отклонений максимальных величин определены на основании точек пересечения вариационной кривой с прямой параллельной оси абсцисс, проведенной на расстоянии 0,7 высоты вершины.

Из сравнения величин плотностей пород вытекает, что максимальные возможности регистрирования сейсмических границ представляются следующим образом.

В разрезе, согласно рис. 5, могут отбиваться:

- 1 — дембовецке конгломераты, залегающие в основании миоценовых отложений, и кровля юрских известняков;
- 2 — кровля карбонатных пород нижнего карбона; в некоторых случаях, если в нижней части верхнего карбона выступают известняки, то граница автоматически переходит с кровли нижнего карбона вверх;
- 3 — кровля доломитизированных отложений среднего девона;
- 4 — кровля метаморфизованных отложений докембрия, но только в случае если отложения силура и нижнего девона отличаются низкими плотностями (2,44—2,50 г/см<sup>3</sup>).

В отдельных глубоких скважинах были произведены измерения средних скоростей, в большинстве случаев в трех азимутах. Наблюдались средние отклонения между кривыми до 60—200 м/сек на глубинах 500—600 м, хотя в отдельных случаях они достигали 1200 м/сек. Путем пересчёта кривых получены величины средних скоростей для отдельных комплексов и пределы изменений (табл. 2).

Величины скоростей по кривых представлены в виде двух карт равных глубин: для 500 м и 1500 м (рис. 6 и 7). На картах отчетливо проявляются изменения средних скоростей, связанные со структурными формами глубинного строения. На обеих картах прослеживается глубокое понижение связанное с палеозойским прогибом, который с севера ограничен крутым повышением Дембники-Краков.

На рис. 8 представлены два разреза полученные методом РНП, на которых границы отдельных стратиграфических комплексов могли быть установлены только после увязки с глубокими скважинами. Кроме того прослеживание границ методом сопоставления времен на временных разрезах и дальнейшего пересчёта глубин, может дать более точные представления о глубинном строении (точность прослеживания отдельных фаз отражений и введение дополнительных разрезов).

Путем соответствующего пересчёта в дальнейшем были определены коэффициенты отражения „А” и преломления „р”. При определении величин скоростей и плотностей пород было обнаружено, что формула предложенная Н. Н. Пузыревым (1959), устанавливающая зависимость между скоростью и плотностью пород, может быть применима и на территории западной части Предкарпатского прогиба.

На рис. 3 представлены величины волновых сопротивлений и коэффициентов „А” для отдельных скважин и стратиграфических серий В табл. 4 дано сопоставление петрофизических параметров и коэффициентов отражения для отдельных литолого-стратиграфических комплексов развитых в пределах западной части Предкарпатского прогиба. Исходные величины взяты из представленных выше данных.

На рис. 8 представлено положение величин волновых сопротивлений для отдельных комплексов. Указание местоположения величин для отдельных скважин рельефно представляет возможности получения отражений от исследуемых границ. Так напр., получение отражений от кровли докембрийских пород возле скважины Кенты 9 гораздо труднее, чем возле скв. Кенты 8, и может быть вообще невозможно.

Учитывая возможность любого сочетания слоев, согласно рис. 5, в табл. 5 представлено сопоставление коэффициентов отражения „А”. В ней даны средние величины и границы возможных отклонений. Жирной линией отмечены четыре возможности самых высоких величин коэффициентов, которые количественно об-

основывают указанные выше границы, которые в разрезе прогиба отличаются наилучшими возможностями регистрации.

Основываясь на указанных фактах предлагается разбивка границ на три категории, указывая отличительные особенности каждой группы. Так, при величине коэффициента „А” в границах от 0,05 до 0,10 — отражения не выдерживаются и могут иметь случайный характер, сопоставление фаз на сейсмограммах затруднено. При величинах от 0,10—0,20 — отражения выступают отчетливо, сопоставление фаз не встречает затруднений, невыдержанность границ может объясняться причинами тектонического характера. При коэффициентах свыше 0,20 отражения очень остры, ошибки корреляции малы, выдержанность границ очень высокая.

Рассмотрены также возможности применения метода преломленных волн. Аналогичным путем рассчитаны коэффициенты преломления и найдено, что величины колеблются в очень широких пределах: от 0,6—0,7 до 1,2—1,5. Применяя МПВ можно обнаружить несколько преломляющих границ: в кровле комплексов верхнего и нижнего карбона, а также верхнего и среднего девона. При прослеживании метаморфизованного фундамента могут быть встречены затруднения (коэф. „р” = 0,86—0,92), причем качество регистраций зависит от упругих свойств кроющего комплекса: чем они выше, тем качество преломлений ниже. Общие выводы здесь таковы:

- а — применение МПВ в пределах западной части Предкарпатского прогиба для прослеживания фундамента в общем затруднено;
- б — выделение и расчленение более древних палеозойских отложений невозможно, в особенности в условиях наличия комплексов малой мощности залегающих на больших глубинах;
- в — геологическая интерпретация сейсмических границ невозможна без привязки к глубоким скважинам. Из этого вытекает также необходимость бурения глубоких скважин и проведения в них необходимых геофизических работ с целью исследования упругих свойств пород;
- г — в виду очень ограниченных возможностей выделения кровли докембрийских пород, является целесообразным применение методики преломленных волн дающей возможность регистрации границ в протерозойских отложениях;
- д — нужно считать, что применение МПВ на рассматриваемой территории не имеет большого значения для целей изучения палеозойского комплекса, благодаря сложности тектонического строения и изменчивости сочетаний слоев и литолого-фациальных условий.

Совершенно иной характер может иметь применение МПВ с целью изучения глубинного строения земной коры (протерозойских пород, границ Конрада и Мохоровичича), так как её тектоника может теснейшим образом влиять на строение верхних слоев.

Практика нескольких лет применения сейсмического метода для исследования геологического строения показала, что даже при сильной концентрации работ, правильная геологическая интерпретация может быть достигнута только при условии наличия глубоких опорных скважин, которых количество должно быть выше, чем в нормальных платформенных условиях.

Достигнутая степень изученности петрофизических условий района не может быть признана вполне удовлетворительной. В настоящее время можно дать лишь общие черты и установить приблизительные пределы изменения различных физических параметров. Выгодное положение рассматриваемого района у края Карпат дает возможность несколько углубиться внутрь флишевого надвигового бассейна, причем можно считать, что петрофизическая характеристика палеозойских пород будет в общем весьма схожа с указанным районом.