

UKD 550.834.32.05:550.347.42:550.8:553.3/9(438)

Tadeusz KRYNICKI, Adolf MIKOŁAJCZAK

Badania budowy głębokiego podłoża w Polsce metodą fal odbitych w strefie przed punktem krytycznym

Omówiono wyniki badań głębokich granic odbijających, do nieciągłości Moho włącznie. Opracowana metodyka pomiarów pozwala na pewne wyznaczenie granic, także w rejonach o dużym tle fal zakłócających. Uzyskane wyniki wskazują na celowość prowadzenia badań głębokich granic metodą fal odbitych przed punktem krytycznym.

WSTĘP

Metodę fal odbitych — rejestrowanych w pobliżu miejsca wzbudzenia — stosowano do niedawna w Polsce jedynie do określenia budowy geologicznej skał osadowych. Efektywność metody zależy od wielu czynników, spośród których do najważniejszych należą warunki geologiczne. W obszarze basenu permskiego rzeczywiście nie uzyskuje się sejsmiczną metodą refleksyjną dostatecznych informacji od utworów podcechsztyńskich. W przeważającej części basenu permskiego jak dotychczas nie napotkano większych nagromadzeń węglowodorów, mimo iż na podstawie danych sejsmicznych sporządzane są mapy strukturalno-tektoniczne dla utworów karbonu, dewonu czy nawet starszych.

Należy uważać, iż dużą pomoc w ukierunkowaniu dalszych prac badawczo-poszukiwawczych złóż surowców mineralnych może okazać dobra znajomość budowy warstw głębszych, a szczególnie skorupy i górnego płaszczu Ziemi. Wynika to ze związku, jaki istnieje między położeniem głębokich granic sejsmicznych w skorupie ziemskiej a budową nadkładu, co zostało stwierdzone również dla obszaru Polski (W. Pożaryski, 1975). Ponadto znajomość budowy głębokich warstw w skorupie będzie bardzo przydatna przy rozwiązywaniu problemów wykorzystania energii cieplnej Ziemi przez człowieka. Pozostaje to na razie w sferze projektów, ale nie można wykluczyć, że w najbliższej przyszłości projekty te znajdą praktyczne zastosowanie.

Jednym z podstawowych źródeł informacji o budowie głębokich warstw skorupy, łącznie z granicą nieciągłości Moho, jest metoda sejsmiczna stosowana w różnych

odmianach, jeżeli chodzi o rodzaj fal. W Polsce wykorzystywano dotychczas głównie fale refrakcyjne bądź odbite, ale w strefie poza punktem krytycznym (A. Guterch i in., 1975). Jednakże wzbudzenie fal refrakcyjnych czy też odbitych w strefie za punktem krytycznym wymaga odpalania dość dużych ładunków materiałów wybuchowych, nawet mimo znacznego ich ograniczenia wskutek zastosowania metody wzbudzania kierunkowego (T. Krynicki, A. Mikołajczak, 1972; T. Krynicki, 1978). Wielkość ładunku, oprócz aspektu ekonomicznego, rzutuje na metodykę prac polowych, gdyż ze względu na obecną, gęstą zabudowę kraju nie zawsze można usytuować punkty strzałowe we właściwych miejscach. Przesuwanie punktów strzałowych prowadzi do zubożenia metodyki prac polowych, a tym samym do obniżenia pewności wyników. Ponadto mogą istnieć trudności przy identyfikacji fal zarejestrowanych na rozstawach znacznie odległych od miejsca wzbudzenia, a nieuwzględnienie takich zjawisk jak przenikanie i załamanie promieni często prowadzi do błędów w określaniu głębokości i morfologii granic sejsmicznych. Zastosowanie metody fal odbitych od granic przed punktem krytycznym w zasadzie pozwala na uniknięcie powyższych mankamentów, a w każdym razie na znaczne ich złagodzenie.

W ostatnich latach obserwuje się i to zarówno u nas w kraju (T. Krynicki, 1979), jak i zagranicą (W.B. Sołogub i in., 1975; A.E. Starobiniec, 1972; T. Krey i in., 1979) zainteresowanie rejestracją fal odbitych w strefie przed punktem krytycznym, które to fale odznaczają się dużą dokładnością i zdolnością rozdzielczą. Potwierdzają to wyniki obrazujące charakter głębokich granic sejsmicznych przy zastosowaniu tych fal.

METODYKA POMIARÓW FAL ODBITYCH W STREFIE PRZED PUNKTEM KRYTYCZNYM

Metodyka prac polowych jest jednym z czynników rzutujących w sposób zasadniczy na jakość uzyskiwanych wyników. Z reguły ustalana jest ona na podstawie obrazu falowego, który zależy od warunków powierzchniowych i wglębnych. Jednakże w przypadku omawianych prac odstąpiono od tej zasady ze względów ekonomicznych, gdyż pomiar obrazu falowego zawsze wiąże się z pewnymi kosztami. Oprócz tego nie mając żadnych informacji o głębokich granicach sejsmicznych trudno było przyjmować, że uzyska się zadowalające wyniki. W trakcie badań założono, że fale powierzchniowe, które na ogół stanowią przeszkodę w wyodrębnieniu i korelacji fal odbitych, zostaną stłumione bądź osłabione przez zastosowanie metody pokryć wielokrotnych. To założenie potwierdziło się, o czym można się przekonać na podstawie uzyskanych wyników.

Podobnie przy wyborze lokalizacji prac kierowano się głównie przesłankami teoretycznymi. Przyjęto, że pomiary będzie się przeprowadzać najwłaściwiej w tych rejonach, w których miąższość skał osadowych jest nieduża, co winno ułatwić rozpoznanie fal wielokrotnych (gdyby takie wystąpiły), które zawsze utrudniają interpretację geofizyczno-geologiczną przekrojów. Pomiary przeprowadzono w trzech rejonach: w okolicy Łęcznej (Lubelskie Zagłębie Węglowe), gdzie miąższość utworów osadowych ocenia się na 2500 m, w centralnej części niecki północno-sudeckiej, gdzie miąższość skał osadowych określa się na ok. 1800 m, oraz w obszarze kontaktu platformy prekambryjskiej z platformą paleozoiczną o największej miąższości skał osadowych — ok. 7000 m. Ten ostatni rejon zalicza się do najtrudniejszych pod względem uzyskiwania wyników nawet z kompleksu skał osadowych. Wiąże się to ze złożoną budową oraz dużą miąższością kompleksu osadowego.

Warunki wzbudzenia we wszystkich trzech rejonach były zbliżone. Ładunki odpalano przeważnie w utworach piaszczystych i na ogół zawodnionych. Grupowano 3 otwory na bazie 30–40 m. Parametry odbioru różniły się w większym stopniu i były tak dobierane, aby przede wszystkim zapewnić uzyskiwanie informacji o budowie kompleksu osadowego. Stosowano 12-krotne, a w przypadku obszaru kontaktu platform 24-krotne pokrycie. Odległości między kanałami wynosiły 40, 50 i 75 m, przy czym najmniejsze stosowano na obszarze niecki północnosudeckiej, zaś największe w strefie kontaktu platform. Grupowano 24 geofony na kanał, o częstotliwości rezonansowej 10 bądź 19 Hz. Krok próbkowania wynosił 2 i 4 ms. Należy jeszcze raz odnotować, że metodyka prac polowych miała zapewnić przede wszystkim uzyskanie danych o budowie kompleksu osadowego. W przypadku granic głębszych przyjęto, że informacje o ich budowie winno się uzyskiwać przede wszystkim przez wydłużenie czasu rejestracji do kilkunastu, a nawet 20 s, zastosowanie metody pokryć wielokrotnych i zwiększenie ładunków.

W pewnych sprzyjających warunkach odbicia od granic głębokich były dobrze widoczne na seismogramach otwarzanych w polowej aparaturze sejsmicznej. Stąd wniosek, że czynnik krotności profilowania nie w każdym przypadku jest niezbędny, chociaż na pewno korzystnie wpływa na podniesienie czytelności przekrojów czasowych (T. Krynicki, 1979).

WYNIKI BADAŃ

Uzyskane wyniki badań w poszczególnych rejonach różnią się zarówno pod względem liczby granic występujących na przekrojach, jak i ich charakteru. Niewątpliwie najpełniejszy obraz budowy uzyskano dla Lubelskiego Zagłębia Węglowego (tabl. I, fig. 1). Najintensywniejsze granice występują tu do czasu ok. 1 s i odpowiadają utworom osadowym. Poniżej, do ok. 7 s następuje wyraźne obniżenie dynamiki zapisu i wyodrębnienie fal, które mogą być uważane za odbite, jest znacznie utrudnione. Korelację tych fal przeprowadzono na podstawie kryterium fazowości, co oczywiście budzi pewne wątpliwości co do ich realności. Niemniej układ tych granic może odpowiadać rzeczywistości, gdyż istnienie różnych i nawet przeciwnych upadów stwierdza się i w odniesieniu do skał osadowych.

Znacznie lepszą dynamikę fal obserwuje się na przekroju w interwale czasu 8–9 s. Mimo że wyrazistość zapisu fal jest dobra, nie tworzą one jednak ciągłych granic na całej długości przekroju. Jeżeli odrzucimy wpływ warunków powierzchniowych na ciągłość korelacji, co jest w pełni uzasadnione, to jedyną przyczyną pozostanie budowa wgłębna. Zatem możemy uważać, że wzdłuż granic następuje zmiana współczynników odbicia. Do takiego stwierdzenia upoważniają zmiany miąższości utworów, które następują dość szybko, tworzą się bowiem swego rodzaju soczewki. Nadmienmy, że wartości współczynników odbicia będą zależeć od zmian składu petrograficznego skał.

W związku z tym, że rejestracje fal prowadzono tylko do czasu 9 s, trudno jest mówić o granicach głębszych, ale dynamika zapisu wskazywałaby, że gdyby wydłużono czas rejestracji w rejonie Lubelskiego Zagłębia Węglowego, uzyskanoby informacje również z większych głębokości.

Wyniki z obszaru niecki północnosudeckiej (tabl. II, fig. 2) należy uznać za równie interesujące jak z obszaru Lubelskiego Zagłębia Węglowego. W ogólnych rysach obydwaj przekroje są podobne, chociaż nie brak i cech odmiennych. Do tych ostatnich zaliczyć trzeba fale prawdopodobnie odbite, występujące w przedziale czasowym 2–8 s, świadczące o dość dużych i zmiennych upadach utworów. Należy

jednak odnotować, że fale te nie odznaczają się dobrą dynamiką, co wskazywałoby na niewielkie zróżnicowanie ośrodka pod względem oporności akustycznych, a więc i składu petrograficzno-mineralnego skał. Nie można także wykluczyć, że mamy tu do czynienia z falami dyfrakcyjnymi bądź innego rodzaju i stąd obraz falowy jest tak urozmaicony.

Fale uzyskane z podłoża omawianego kompleksu świadczą o prawie poziomym ułożeniu „warstw”. Mimo że są to granice oparte na dobrze dynamicznie wyróżniających się falach, to jednak nie korelują się na całej długości przekroju. Ponadto, podobnie jak w Lubelskim Zagłębiu Węglowym obserwuje się ich występowanie na różnych czasach. Przesunięcia te mogą być spowodowane bądź to zmianami własności sprężystych skał wzdłuż profilu uwarunkowanymi czynnikami petrograficzno-litologicznymi, bądź też czynnikami tektonicznymi.

Jednakże niezależnie od przyczyn powodujących zbliżony zapis, bardzo ważne jest stwierdzenie, że charakter granic w skorupie jest zupełnie inny od charakteru, jaki obserwujemy w skałach osadowych. Ponieważ charakter zapisu odzwierciedla stan fizyczny ośrodka i jego budowę, metodyka interpretacji geofizyczno-geologicznej głębokich granic winna być odmienna od tych zasad i kryteriów oceny, jakie stosujemy w odniesieniu do skał osadowych.

Uzyskane wyniki rzucają światło na budowę granic głębokich, w przypadku zaś granic najgłębszych, występujących na załączonych przekrojach (tabl. I, fig. 1, tabl. II, fig. 2), należy stwierdzić, że odpowiadają im grupy refleksów. Fakt ten pozwala na dyskusję dotychczasowych poglądów na budowę granic głębokich. W świetle wyników metody refrakcyjnej, a nawet i fal odbitych, ale za punktem krytycznym, interpretowano je jako granice dwóch ośrodków różniących się własnościami sprężystymi, i to granice w zasadzie ostre, podczas gdy w świetle uzyskanych wyników są to strefy mające kilka kilometrów grubości.

Uzyskane wyniki ze względu na niewielką ilość wykonanych prac, brak dostatecznego rozpoznania prędkościowego oraz znaczną odległość rejonów badań trudno jest powiązać między sobą i skorelować z budową geologiczną. Zdaniem autorów najgłębsze granice, występujące w przedziale czasowym 8–9 s na tabl. I, fig. 1 oraz 9–11 s na tabl. II, fig. 2, odpowiadają tym samym utworom. Za taką hipotezą przemawia przede wszystkim podobny charakter zapisu oraz w jakimś stopniu zbliżone wartości czasu rejestracji. Jeżeli przyjmiemy, że prędkość średnia dla tych fal wynosi ok. 5000 m/s, to uzyskamy głębokość tych granic, która w Lubelskim Zagłębiu Węglowym będzie równa 20–22,5 km i w niecce północno-sudeckiej 22,5–27,5 km. Mniejsza nieco miąższość omawianego kompleksu na przekroju zamieszczonym na tabl. I, fig. 1 jest przypuszczalnie spowodowana czasem rejestracji, który wynosił tylko ok. 9 s.

Na podstawie głębokości należałoby sądzić, że najgłębsze granice odpowiadałyby strefie nieciągłości Conrada. Granica Moho winna znajdować się zatem jeszcze głębiej. W jakimś stopniu wydają się potwierdzać tę hipotezę wyniki uzyskane na wyniesieniu Łęby (tabl. III, fig. 4), które szerzej omówiono w publikacji T. Krynickiego (1979). Zarejestrowano tu dość intensywne refleksy na czasie ok. 15,5, 16 i 16,9 s, które można wiązać z granicami znajdującymi się na głębokościach rzędu 38–45 km. Są to więc głębokości znacznie przekraczające wartości podane dla najgłębszych granic uzyskanych w obszarze rowu lubelskiego i niecki śródsudeckiej (tabl. I, fig. 1, tabl. II, fig. 2).

Dokładność geologicznego dowiązania granic sejsmicznych w miarę gromadzenia materiałów będzie niewątpliwie wzrastać. Badania wykonane w strefie kontaktu platformy prekambryjskiej i paleozoicznej pozwoliły uzyskać tylko pojedyncze fragmenty nie korelujących się fal (tabl. II, fig. 3). Należy sądzić, iż możemy tu mieć do czynienia z głębokimi rozłamami, stąd też brak jest granic dających się prześledzić na dłuższych odcinkach.

WNIOSKI

W świetle przeprowadzonych badań można wysnuć następujące wnioski:

1. Kontynuowanie podobnych prac jest w pełni uzasadnione, przy czym metodykę pomiarów należałoby w większym stopniu dostosować do celu badań.
2. Uzyskane wyniki skłaniają do wyrażenia poglądu, że głębokie granice w skorupie mają charakter stref przejściowych między dwoma ośrodkami.

Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych
Warszawa, ul. Stalingradzka 34
Nadesłano dnia 21 września 1979 r.

PIŚMIENNICTWO

- GUTERCH A., MATERZOK R., PAJCHEL J., PERCHUĆ E. (1975) – Sejsmiczna struktura skorupy ziemskiej wzdłuż VII profilu międzynarodowego w świetle badań metodą głębokich sondowań sejsmicznych. *Prz. Geol.*, **23**, p. 153–163, nr 4. Warszawa.
- KREY T., BARTHOLDY K.S., SCHMOLL J. (1979) – Spezielle seismische Untersuchungen im Bereich der Wärmeanomalie Urach Biul. Prakla-Seismos, **1**, p. 9–14. Hannover.
- KRYNICKI T., MIKOŁAJCZAK A. (1972) – Kierunkowe wzbudzenie fal w metodzie refrakcyjnej. *Prz. Geol.*, **20**, p. 406–410, nr 8–9. Warszawa.
- KRYNICKI T. (1978) – Metoda kierunkowego wzbudzenia fal i jej efektywność. *Wyd. Geol. Warszawa*.
- KRYNICKI T. (1979) – Możliwość zastosowania fal odbitych przed punktem krytycznym w badaniach głębokich granic sejsmicznych. *Prz. Geol.*, **27**, p. 36–39, nr 1. Warszawa.
- POŻARYSKI W. (1975) – Interpretacja geologiczna wyników głębokich sondowań sejsmicznych na VII profilu międzynarodowym. *Prz. Geol.*, **23**, p. 163–171, nr 4. Warszawa.
- СОЛЛОГУБ В.Б., ГРИНЬ Н.Е., ГОНТОВАЯ Л.Н. (1975) – Опыт применения способа ОГТ при изучении глубокого строения земной коры. *Геофиз. Сб.*, **64**, стр. 13–18. Изд. Наукова Думка. Киев.
- СТАРОВИНЕЦ А.Е. (1972) – Об отражённых от поверхности Мохоровичича волнах в докритической области вблизи начальной точки, регистрируемых попутно при региональных исследованиях КМПВ. *Развед. Геофиз.*, **54**, стр. 36–42. Москва.

Тадеуш КРЫНИЦКИ, Адольф МИКОЛАЙЧАК

**ИЗУЧЕНИЕ СТРОЕНИЯ ГЛУБИННОГО ФУНДАМЕНТА В ПОЛЬШЕ
МЕТОДОМ ОТРАЖЁННЫХ ВОЛН В ДОКРИТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ**

Резюме

Одним из основных источников информации о строении глубинных слоёв земной коры с границей Мохоровичича включительно, является сейсмический метод отражённых волн.

Проведённые Предприятием геофизических исследований работы на территории нескольких

ких геологических единиц в ПНР, указывают на возможность регистрации отражённых волн от глубинных слоёв в докритической зоне. Иногда эти волны легко обнаруживаются на полевых сейсмограммах, однако с увеличением многократности перекрытия их чёткость увеличивается. Следует при этом отметить, что применяемая методика полевых работ и особенно схема группирования скважин и сейсмоприёмников была оптимальной для регистрации волн, отражённых от границ в осадочной толще. Несмотря на это, полученные результаты указывают на возможность уверенного прослеживания сейсмических границ, на основе которых можно определять глубинное строение земной коры, а также указывают на целесообразность продолжения работ методом отражённых волн, регистрируемых в докритической зоне.

Перевод автора

Tadeusz KRYNICKI, Adolf MIKOŁAJCZAK

THE SURVEYS OF DEEP BASEMENT IN POLAND WITH THE USE OF METHOD OF WAVES REFLECTED IN CRITICAL POINT PRECEDING ZONE

S u m m a r y

The seismic reflection method is one of basic sources of information on structure of deep-seated crustal layers including the Moho discontinuity boundary. The surveys of several geological units of Poland, carried out by the Geophysical Prospecting Enterprise, showed the possibilities to trace waves reflected in critical point preceding zone. The waves are sometimes well visible even in field seismographs, becoming more clear along with increase in multiplicity of coverage. The applied methods of field works, especially the pattern of distribution of drillings and geophones, were most appropriate for recording waves reflected from boundaries in sedimentary cover. Nevertheless, the obtained results make also possible reliable tracing of seismic boundaries, i.e. to obtain basic information on structure of deep-seated crustal layers. The obtained results also indicate purposefulness of further surveys with the use of method of waves reflected in critical point preceding zone.

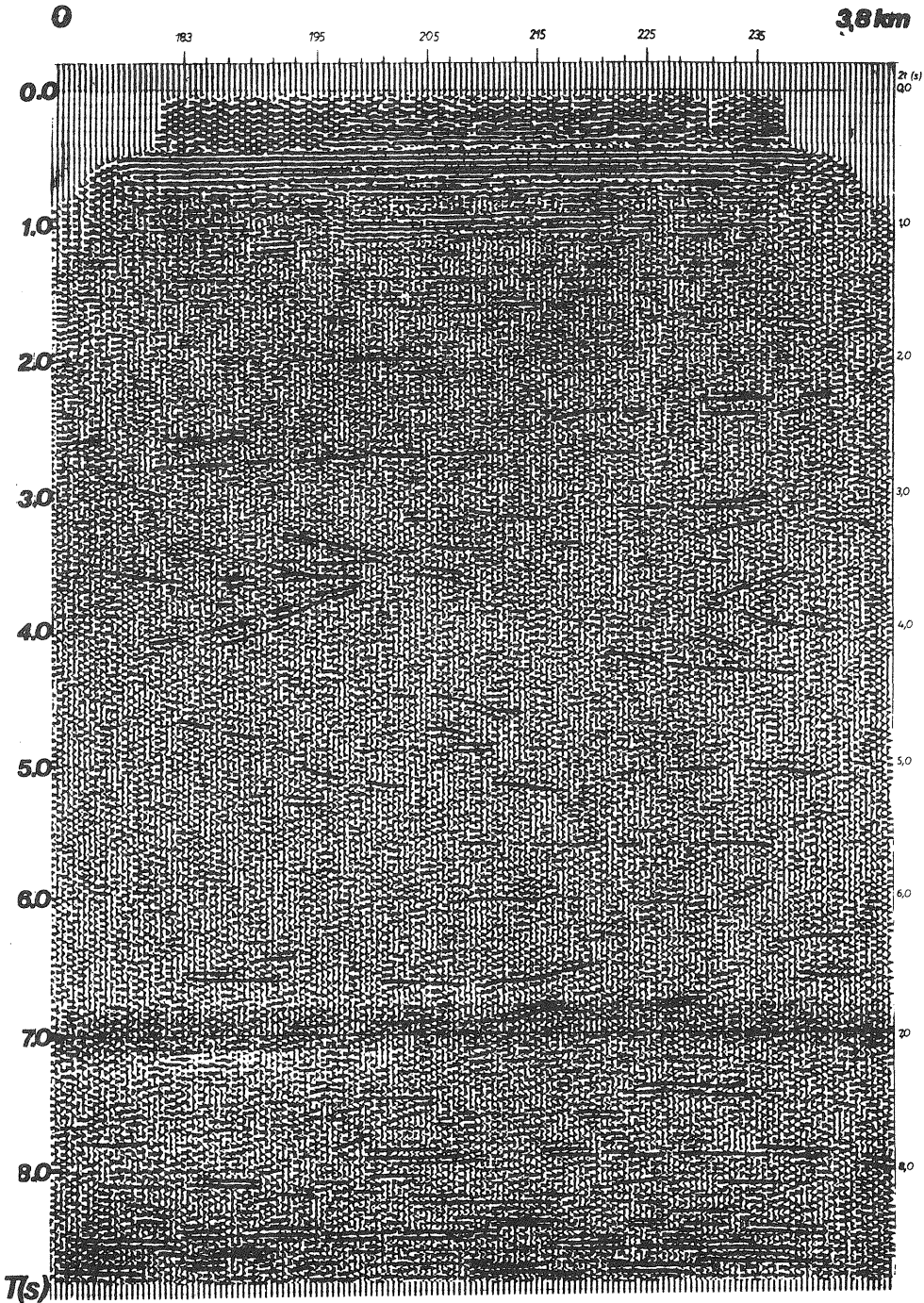


Fig. 1. Czasowy przekrój sejsmiczny z obszaru Lubelskiego Zagłębia Węglowego
Time seismic section from the area of the Lublin Coal Basin

Tadeusz KRYNICKI, Adolf MIKOŁAJCZAK — Badania budowy głębokiego podłoża w Polsce metodą fal odbitych w strefie przed punktem krytycznym

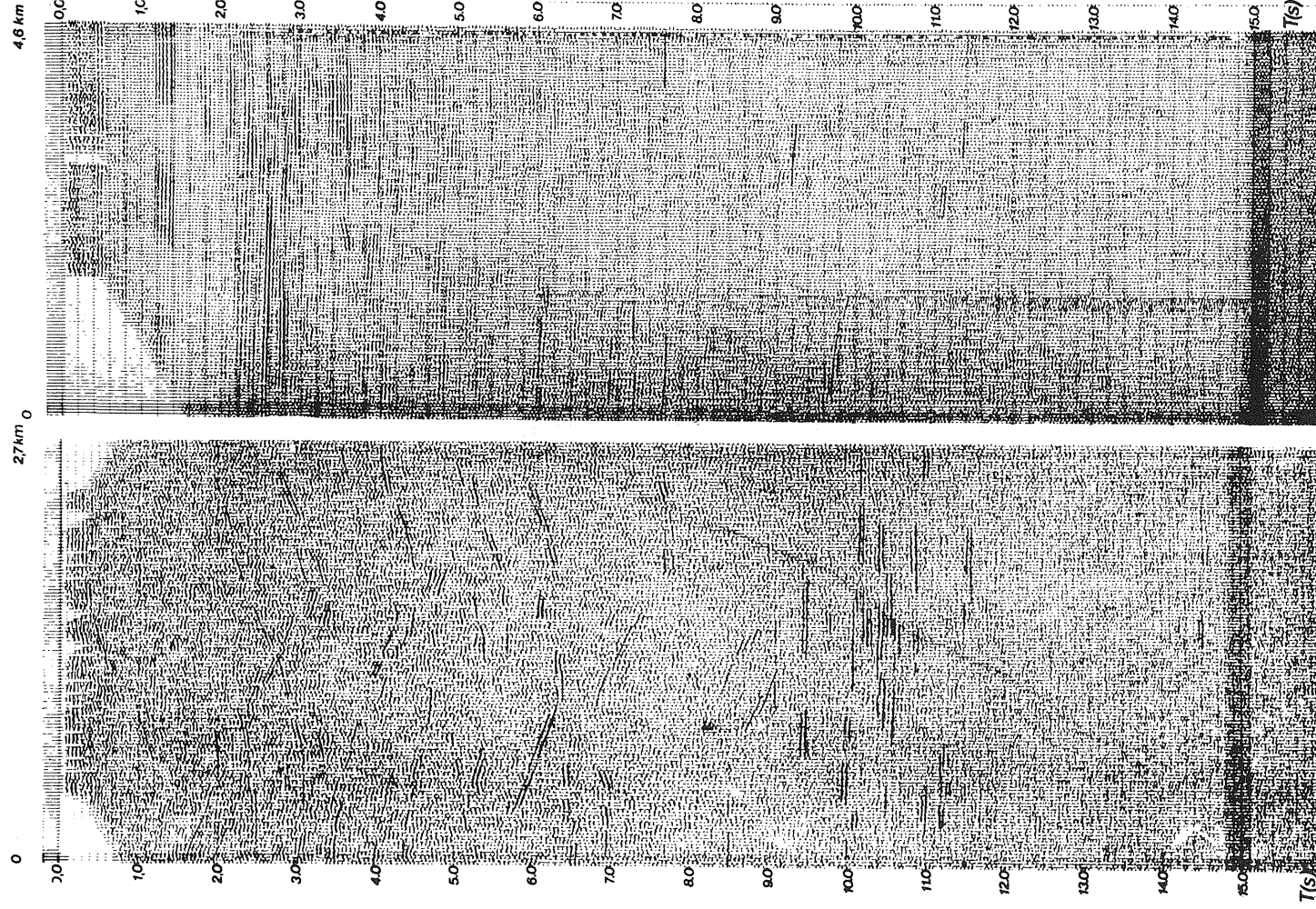


Fig. 2

Tadeusz KRYNICI, Adolf MIKOŁAJCZAK – Budania budowy głębokiego podłoża w Polsce metodą fal odbitych w strefie przed punktem krytycznym

Fig. 3

.TABLICA II

Fig. 2. Przykład wyników uzyskanych w centralnej części niecki północnosudeckiej

An example of data obtained for central part of the North-Sudetic Basin

Fig. 3. Czasowy przekrój sejsmiczny z obszaru kontaktu platform prekambryjskiej i paleozoicznej

Time seismic section from the area of contact of the Precambrian and Paleozoic Platforms

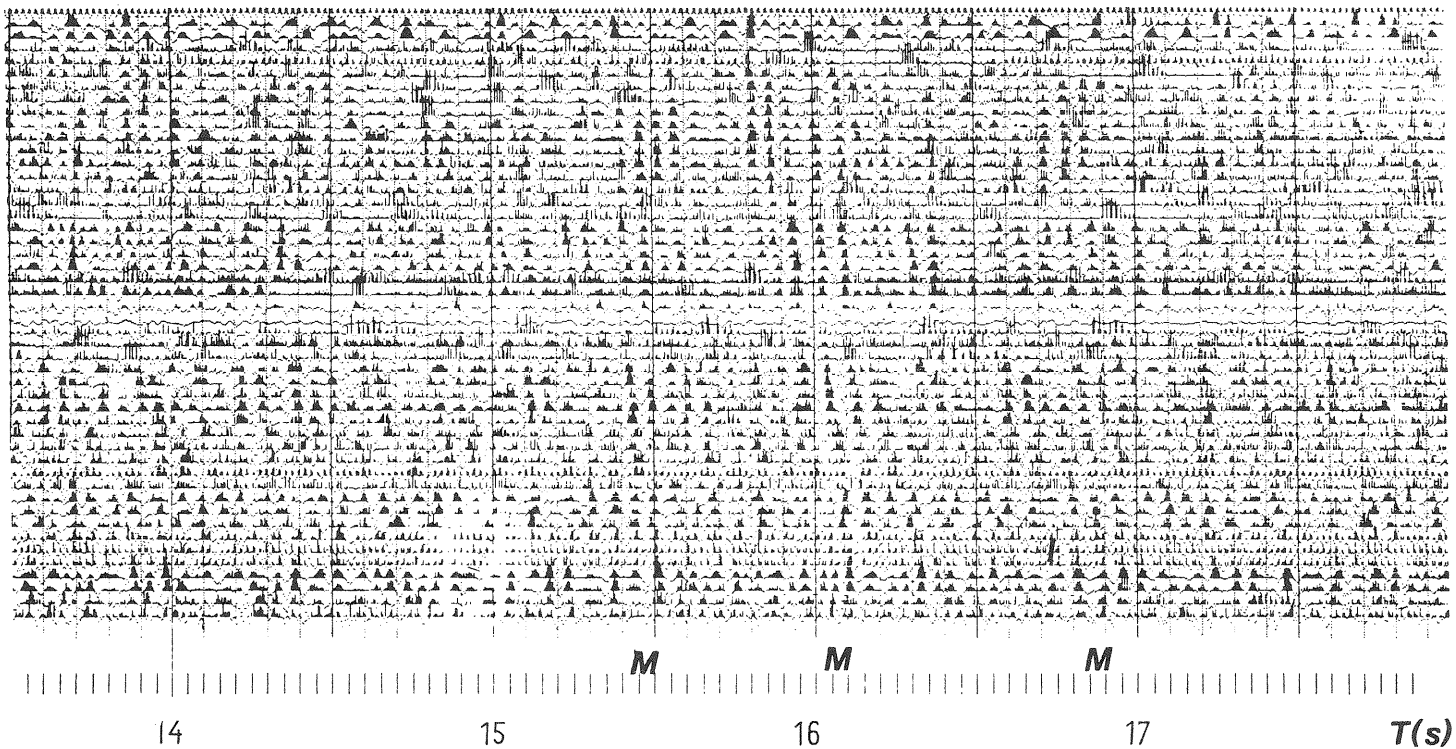


Fig. 4. Fragment sejsmogramu obrazujący zapis fal odbitych; *M* – miejsca występowania refleksów
A fragment of seismograph showing the record of reflected waves; *M* – places of occurrence of reflections