

UKD 550.834.5.015.24:551.735/.736+550.347.62/.64.004.17:553.3/.98.041(438)

Tadeusz KRYNICKI

## Zwiększenie efektywności badań głębokich granic sejsmicznych przez zastosowanie układów interferencyjnych o ostrych charakterystykach kierunkowości\*

W związku z możliwością występowania złóż surowców mineralnych, zwłaszcza węglowodorów, w utworach podcechsztyńskich niezbędne jest zwiększenie zasięgu głębokościowego metod sejsmicznych. Można to osiągnąć przez zastosowanie układów interferencyjnych o ostrych charakterystykach kierunkowości. W artykule przedstawiono założenia teoretyczne oraz podano optymalne parametry takich układów oraz omówiono uzyskane wyniki. Wyniki te świadczą o słuszności założeń teoretycznych i o możliwości zwiększenia efektywności badań sejsmicznych utworów podcechsztyńskich i granic występujących w skonsolidowanym kompleksie skorupy ziemskiej.

### WSTĘP

Wyniki badań sejsmicznych, obok głębokich wierceń, są podstawowym źródłem informacji o budowie geologicznej Polski. Należy przypuszczać, że udział tych badań w kompleksie prac geologicznych będzie nadal wysoki, a nawet będzie można oczekiwać jego zwiększenia. Wynika to m.in. z możliwości występowania złóż surowców mineralnych, a zwłaszcza węglowodorów, w utworach paleozoiku (S. Depowski i in., 1979; S. Depowski, 1981; W. Pożaryski i in., 1980; H. Kmieciak, A. Żelichowski, 1980), w poszukiwaniu i rozpoznawaniu których metody sejsmiczne są bardzo przydatne.

Jednocześnie zakres stosowania metod sejsmicznych będzie przede wszystkim zależeć od jakości uzyskiwanych wyników. Na znacznej części obszaru Polski, a szczególnie w basenie permskim, niezbędne jest zwiększenie zasięgu głębokościo-

---

\* Artykuł stanowi skrót pracy habilitacyjnej nt.: „Badania głębokich granic sejsmicznych przy zastosowaniu układów interferencyjnych o ostrych charakterystykach kierunkowości” i uzupełniony jest przykładami najnowszych wyników sejsmicznych badań refleksyjnych uzyskanych w 1982 r. w rejonie Bydgoszczy.

wego metody refleksyjnej w celu pełniejszego rozpoznania kompleksu podcechsztyńskiego. Poza basenem permskim nadal pozostaje aktualna poprawa jakości wyników sejsmicznych od utworów starszego paleozoiku. Dużą pomoc w ukie-runkowaniu dalszych prac badawczo-poszukiwawczych może okazać dobra znajomość budowy warstw głębszych, w tym także niższych części skorupy i górnego płaszczka Ziemi.

Uzyskiwane dotychczas wyniki sejsmiczne ze względu na jakość na ogół nie mogą być podstawą lokalizowania otworów poszukiwawczych w optymalnych miejscach. Przedsięwzięcia metodyczne, podejmowane od lat dla zwiększania krotkości profilowania i doskonalenia programów przetwarzania cyfrowego, nie przyczyniły się do istotnego podniesienia jakości wyników od utworów podcechsztyńskich. Dotychczas na wyborze metodyki pomiarów refleksyjnych za-ważyla błędna ocena własności sprężystych utworów cechsztyńskich, powszechnie uważanych za ekranujące energię fal sejsmicznych (L. Knieszner, W. Solawa, 1980).

Ze względu na duże znaczenie znajomości budowy utworów przedpermskiego paleozoiku i starszych, ułatwiającej wybór nowych kierunków poszukiwań surow-ców mineralnych Polski, uzasadnione jest syntetyczne przedstawienie wybranych problemów metodyki badań i wyników świadczących o możliwości zwiększenia zasięgu głębokościowego metod sejsmicznych. Jednocześnie, z uwagi na dużą dokładność i szeroki zakres metody refleksyjnej w strukturalnych badaniach po-szukiwawczych, można uznać za celowe określenie możliwości stosowania tej metody w badaniach głębokich granic, w tym także występujących w skonsoli-dowanym kompleksie skorupy ziemskiej. Zagadnienie poprawy jakości wyników refrakcyjnych szeroko omówiono we wcześniejszej pracy autora (T. Krynicki, 1978).

## PODSTAWY FIZYCZNE I GEOLOGICZNE ZASTOSOWANIA METOD SEJSMICZNYCH W BADAANIACH GŁĘBOKICH GRANIC

Przydatność i efektywność prac sejsmicznych przy rozwiązywaniu zadań geolo-gicznych zależą od wielu czynników, spośród których do najważniejszych można zaliczyć budowę geologiczną oraz metodykę badań.

O intensywności zapisu refleksyjnych granic sejsmicznych decydują przede wszystkim współczynniki odbicia, które pozostają w ścisłym związku ze zróżnico-waniem prędkości warstwowych ośrodka skalnego. Przedział prędkości warstw-owych pomierzonych w otworach usytuowanych w różnych jednostkach geologicz-nych oraz obliczone współczynniki odbicia omówiono szerzej w innych opracowa-niach (T. Krynicki, 1980a, 1981b). Na podstawie tych publikacji można stwierdzić, że cechsztyń ogólnie ma duże prędkości, niezależnie od głębokości występowania, przy czym są one porównywalne z wartościami tego parametru dla skał dewonu, kambru i proterozoiku. Współczynniki odbicia od granic osadów cechsztyńskich są przeważnie duże i mogą osiągać ponad 0,3. Współczynniki odbicia od granic utworów podpermских są również duże i np. w przypadku skał karbońskich na-wierconych w otworze Izdebno IG 1 wynoszą powyżej 0,2. I.I. Gurwicz (1970) i L.I. Ratnikowa (1973) granice refleksyjne o współczynnikach 0,2 i większych zaliczają do granic wyraźnych, na których powstają intensywne fale odbite. Roz-patrując współczynniki odbicia dla utworów paleozoicznych można stwierdzić (T. Krynicki, 1981b), że cechsztyń nie zajmuje pod tym względem szczególnego miejsca.

Na możliwość powstawania refleksów na granicach skał podcechsztyńskich wskazują pionowe profilowania sejsmiczne wykonane w wielu otworach, m.in. Kościerzyna IG 1, Śrem 1, Obrzycko 1 i Izdebno IG 1, oraz sejsmogramy syntetyczne. Na podstawie pionowych profilowań sejsmicznych w utworach sylurskich z otworu Kościerzyna IG 1 można wyznaczyć 4 granice odbijające, chociaż intensywność tworzących je fal jest niska. Refleksy głębsze natomiast, prawdopodobnie podsylurskie, są dynamiczne i ich wyznaczenie nie stwarza trudności.

W świetle wyników sejsmicznych (A. Guterch i in., 1979; W.B. Sollogub, A.W. Czekunow, 1977; J.W. Tulina, G.A. Jaroszevska, 1976; T. Krynicki, A. Mikołajczak, 1980) można uważać, że skorupa ziemska stanowi ośrodek warstwowo-blokowy o złożonych granicach i różnym rozkładzie prędkości zarówno w kierunku poziomym, jak i pionowym. Zaobserwowano na ogół systematyczny wzrost prędkości z głębokością, chociaż niekiedy występuje także inwersja prędkości. Na granicy Conrada nie zawsze potwierdza się zróżnicowanie prędkości i gęstości, a A. Guterch i in. (1975) uważają, że granica ta powinna oznaczać najczęściej jedynie pewną prędkość fal lub strefę przejściową określoną przedziałem prędkości fal podłużnych. S.S. Krasowski (1975) wypowiada pogląd, że dla granicy Conrada zróżnicowanie prędkości może osiągnąć 0,1–0,4 km/s, zaś dla granicy Moho 0,1–1 km/s. Strefa nieciągłości Moho charakteryzuje się stosunkowo stałymi prędkościami granicznymi, najczęściej 7,6–8,2 km/s. Tak więc zróżnicowanie prędkości skał oraz wyniki pionowych profilowań sejsmicznych pozwalają sądzić, że istnieją warunki do powstawania fal odbitych od granic podcechsztyńskich kompleksu osadowego, jak również granic występujących poniżej tego kompleksu.

Dla zastosowania metody refrakcyjnej w badaniach głębokich granic istotne jest wzbudzenie dostatecznie intensywnych fal. W określeniu optymalnych parametrów wzbudzania fal refrakcyjnych pomocna jest znajomość prędkości granicznych. Szkic rozkładu prędkości granicznych dla podłoża skonsolidowanego opublikowany w innym artykule (T. Krynicki, 1978) ułatwia wybór parametrów wzbudzania i może być wykorzystany w badaniach geologicznych.

W badaniach głębokich granic sejsmicznych z zastosowaniem układów interferencyjnych o ostrych charakterystykach kierunkowości przy obliczaniu optymalnych parametrów metodyki pomiarów niezbędne jest uwzględnianie długości fal sprężystych rozchodzących się w ośrodku skalnym. W nawiązaniu do publikacji T. Krynickiego (1980b) można stwierdzić, że długości fal w utworach osadowych zmieniają się od kilkudziesięciu do 200–250 m, zaś w skałach podłoża skonsolidowanego skorupy ziemskiej mogą dochodzić do 500–600 m.

#### UKŁADY INTERFERENCYJNE O OSTRYCH CHARAKTERYSTYKACH KIERUNKOWOŚCI

Układy interferencyjne w badaniach sejsmicznych stosuje się dla uzyskania jak najkorzystniejszego stosunku amplitud fal użytecznych do amplitud zakłóceń. Wiadomo, że możliwe jest wyodrębnienie fali użytecznej z tła zakłóceń, gdy amplituda fali niosącej informację geologiczną przewyższa co najmniej dwukrotnie amplitudę zakłóceń.

Do zwiększenia zasięgu głębokościowego badań sejsmicznych oraz podniesienia czytelności obrazu falowego mogą przyczynić się układy interferencyjne o ostrych charakterystykach kierunkowości, czyli przede wszystkim grupowanie otworów i geofonów na wydłużonych bazach, w tym także usytuowanych prostopadle do linii profilu, na co wskazywano już wcześniej (T. Krynicki, 1965, 1978; T. Krynicki i in., 1975; W.P. Nomokonow i in., 1977; M.T. Taner, R.E. Sheriff, 1978).

Zalety układów interferencyjnych o ostrych charakterystykach kierunkowości w pewnym uproszczeniu sprowadzają się do:

- zwiększenia efektu sejsmicznego polegającego na wzmocnieniu fal użytecznych i jednoczesnym osłabieniu zakłóceń;
- występowania możliwości wyboru kierunku koncentracji energii wybuchu;
- uzyskania efektu statystycznego.

W ośrodku skalnym ze źródła drgań rozchodzą się fale sejsmiczne objętościowe i powierzchniowe. Widmo energetyczne fali, o określonych parametrach, wywołanej przez zadane źródło pozostaje stałe, zaś gęstość energii czoła fali maleje odwrotnie proporcjonalnie do odległości  $x$  od miejsca wzbudzenia, a amplitudy przemieszczeń odwrotnie proporcjonalnie do  $\sqrt{x}$  (G.I. Gurewicz, 1974). Fale powierzchniowe są zatem w mniejszym stopniu tłumione przez ośrodek skalny niż fale objętościowe. Dlatego też fale powierzchniowe, charakteryzujące się z reguły dużą intensywnością, stanowią główną przeszkodę w rejestracji fal odbitych wykorzystywanych w metodzie refleksyjnej, co znalazło potwierdzenie w badaniach głębokich granic (T. Krynicki, 1978, 1981a, 1982b).

Podczas odpalania ładunków w otworach usytuowanych na długich bazach powstające fale objętościowe w pewnej odległości od miejsca wzbudzenia będą mieć płaskie czoło. Z energetycznego punktu widzenia wiadomo, że amplitudy fal o takich czołach bardzo wolno się zmniejszają (E.F. Sawareński, 1972). Właściwość ta może, a nawet powinna być wykorzystywana w badaniach głębokich granic sejsmicznych, szczególnie wówczas, gdy powstają trudności przy wzbudzaniu dostatecznie intensywnych fal użytecznych. Dla nadania fali płaskiego czoła niezbędne jest wydłużenie bazy wzbudzenia do 150–250 m. Ważną cechą takich baz jest istotne tłumienie fal powierzchniowych (T. Krynicki, 1978), co ma ogromne znaczenie przede wszystkim podczas badań głębokich granic metodą refleksyjną (T. Krynicki, 1981a, 1982a).

Możliwość koncentracji energii wybuchu w wybranym kierunku lub odbiór wybranych fal, czyli kierunkowe działanie grupy otworów jak również geofonów, można wyjaśnić na przykładzie pracy anten nadawczo-odbiorczych fal elektromagnetycznych, a jeszcze prościej na przykładzie działania reflektora emitującego wiązkę światła w żądanym kierunku. Podstawy teorii anten nadawczo-odbiorczych (M.R. Sztarski, 1968) mogą być rozszerzone na obszar fal sprężystych i wykorzystywane przy obliczaniu optymalnych parametrów wzbudzenia i odbioru w metodzie sejsmicznej, a więc parametrów grupowania otworów i geofonów. Potwierdzają to wyniki uzyskane w wielu obszarach o odmiennej budowie geologicznej (T. Krynicki, 1978, 1981a, 1982b). Jednak dobór optymalnych parametrów wzbudzenia i odbioru fal sprężystych jest bardziej złożony niż w radiotechnice przy obliczaniu danych konstrukcyjnych anten nadawczo-odbiorczych. Wynika to z niejednorodności ośrodka skalnego oraz braku lub słabej znajomości jego własności sprężystych. Z podobnymi trudnościami spotykają się sejsmicy przy określaniu parametrów metodyki podczas badań tradycyjnym sposobem wzbudzenia i odbioru fal.

Grupy otworów i geofonów o długich bazach zbliżonych do długości fal sprężystych dają czytelny zapis sejsmiczny wskutek tłumienia fal powierzchniowych i wgłębnych o niskich prędkościach pozornych (T. Krynicki, 1965, 1978, 1980b, 1981a). Wynika to stąd, że energia emitowana ze źródła wzbudzenia skoncentrowana jest w stosunkowo wąskiej strefie ośrodka skalnego, ograniczonej kątem około  $20^\circ$ . W przypadku zaś odpalania ładunku skupionego lub ładunków rozmieszczonych na bazie mniejszej od długości fal przestrzeń, w której powstają i rozprzestrzeniają się fale sprężyste, wyznacza kąt  $180^\circ$ . Przy stosowaniu długich baz wzbudzenia osłabienie fal zakłócających będzie zbliżone do  $\sqrt{180^\circ/\text{ok. } 20^\circ} \approx 3$ .

ZALEŻNOŚĆ KSZTAŁTU CHARAKTERYSTYK KIERUNKOWOŚCI  
OD LICZBY GRUPOWANYCH OTWORÓW  
I OKREŚLANIE DŁUGOŚCI BAZ WZBUDZANIA

Kierunkowe działanie grupy otworów można najprościej wykazać na podstawie charakterystyk kierunkowości (fig. 1). Porównując ich kształt łatwo zauważyć, że wraz ze wzrostem liczby grupowanych otworów, a także częściowo długości baz, następuje zwężenie strefy maksymalnej emisji energii ze źródła wzbudzenia (fig. 1a). W przypadku odpalenia ładunku w pojedynczym otworze, energia wybuchu w ośrodku skalnym rozkłada się równomiernie we wszystkich kierunkach. Przy odpaleniu ładunku w 2 otworach odległych o 100 m – co jest wielkością znaczną w praktyce badań sejsmicznych – nastąpi koncentracja energii w 5 kierunkach, w tym w 2 równoległych do powierzchni Ziemi, czyli wzdłuż profilu sejsmicznego. Tak więc trudno tu mówić o kierunkowym działaniu źródła wzbudzenia fal. W przypadku grupowania 4, a tym bardziej 6 otworów obserwuje się istotną zmianę kształtu charakterystyki kierunkowości. Energia emitowana skupia się w jednym kierunku i to w wąskiej strefie ośrodka skalnego. Przy tym wielkość bazy 4 lub 6 otworów zbliżona jest do najczęściej występujących długości fal rozchodzących się w utworach osadowych (T. Krynicki, 1980b). Możliwość koncentracji energii wybuchu w kierunku granic sejsmicznych pozwala sądzić, że mniej energii będzie przypadać na fale rozchodzące się wzdłuż powierzchni Ziemi, stanowiące istotne źródło zakłóceń na przekrojach refleksyjnych. Na podstawie fig. 1a można uważać, że dzięki układom interferencyjnym o ostrych charakterystykach kierunkowości winno się uzyskać większe amplitudy fal użytecznych i zarazem osłabienie fal zakłócających.

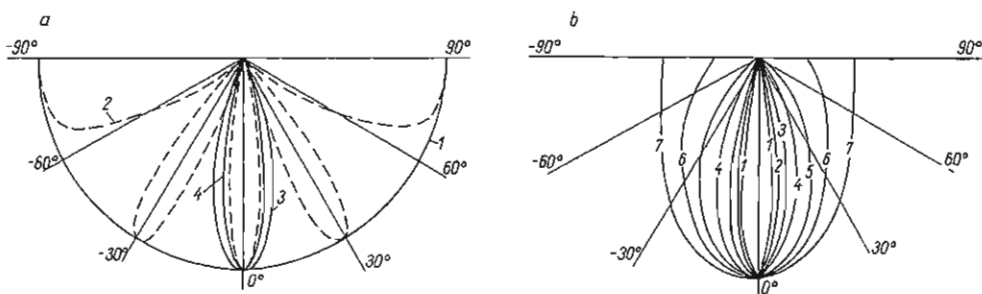


Fig. 1. Charakterystyki kierunkowości

Orientation characteristics

a – dla: 1 – jednego otworu, 2 – dwóch otworów, 3 – czterech otworów, 4 – sześciu otworów; b – dla 6 otworów rozmieszczonych na bazie 250 m w zależności długości fal: 1 – 80 m, 2 – 100 m, 3 – 150 m, 4 – 200 m, 5 – 300 m, 6 – 400 m, 7 – 500 m

a – for: 1 – a single borehole, 2 – two boreholes, 3 – four boreholes, 4 – six boreholes; b – for 6 boreholes spaced at 250 m basis in accordance to the length of waves: 1 – 80 m, 2 – 100 m, 3 – 150 m, 4 – 200 m, 5 – 300 m, 6 – 400 m, 7 – 500 m

Długość fal sejsmicznych zmienia się podczas rozprzestrzenienia w ośrodku skalnym. Rozważmy zatem, w jakim stopniu zmiany te rzutują na charakterystyki kierunkowości. Przykłady charakterystyk kierunkowości dla grupy 6 otworów usytuowanych na bazie 250 m przy zmiennych długościach fal przedstawia fig. 1b. Wskazuje ona, że wraz ze wzrostem długości fal następuje w ośrodku skalnym rozszerzenie strefy, w której skupiona jest maksymalna część energii wysyłanej ze źródła wzbudzenia. Nie należy przy tym uważać, że w przypadku fal o długościach po-

wyżej 200 m nastąpi istotne obniżenie poziomu energii w strefie jej maksymalnej koncentracji w związku z rozszerzeniem się tej strefy, a tym samym, że mniej energii będzie padać na granice sejsmiczne. Groźba taka nie istnieje, gdyż fale o dużych długościach rozchodzą się w ośrodku związłym, który charakteryzuje się nieznacznyin ich pochłanianiem. Dlatego też dla uzyskania fal odbitych przed punktem krytycznym od granic na dużych głębokościach w skonsolidowanym podłożu skorupy ziemskiej, nie jest konieczne odpalanie ładunków większych od stosowanych podczas badań utworów osadowych. Dotyczy to przede wszystkim ładunków rozmieszczonych na bazach o wielkościach porównywalnych z największymi długościami fal rozchodzących się w nadkładzie osadowym.

W związku z tym zatrzymajmy się nad problemem określania długości baz wzbudzania. Dotychczas długości baz wzbudzania i odbioru, które najczęściej wahają się od 20 do 50 m, określa się przeważnie na podstawie parametrów powierzchniowych fal zakłócających. Przyczynia się to do osłabienia fal powierzchniowych, ale nie zapewnia wzmocnienia fal użytecznych, co zdaniem autora, jest nie mniej istotne dla zwiększenia efektywności badań sejsmicznych. Dlatego też optymalne długości baz wzbudzania i odbioru winno się obliczać na podstawie parametrów fal wgłębnych, co szerzej uzasadniono we wcześniejszych pracach autora (T. Krynicki, 1978, 1980b, 1981a, 1982c), przy założeniu jednorodności własności sprężystych ośrodka skalnego. Z przeprowadzonych w tych pracach rozważań wynika, że w zależności od głębokości występowania badanych granic sejsmicznych, długości stosowanych baz wzbudzania zmieniają się w szerokim przedziale. Tak np. dla granicy na głębokości 1000 m nie powinny przekraczać 490 m, a dla granicy na głębokości 5000 m mogą osiągnąć 1600 m. Jednakże dla uniknięcia niekorzystnego wpływu ewentualnych zmian litologiczno-facjalnych na kształtowanie się czoła fal padających na granice sejsmiczne wskazane jest stosowanie długości baz równych lub nieznacznie przekraczających długości fal rozprzestrzeniających się w kompleksie osadowym. Bazy takie o długości 150 – 250 m pozwalają na uzyskanie poprawy wyników i jednocześnie są łatwe do wykonania podczas prac polowych.

Jeżeli celem badań refleksyjnych są granice płytkie, np. kredowe występujące do czasu 0,4 – 0,5 s i jednocześnie głębokie, wówczas należy sytuować grupy otworów prostopadle do linii profilu sejsmicznego.

Przedstawione w skrócie rozważania na temat optymalnej liczby grupowanych otworów i długości baz wzbudzania dotyczą metody refleksyjnej – jeśli celem badań są granice płytkie i głębokie – oraz metody refrakcyjnej, a także badań prowadzonych metodą głębokich sondowań sejsmicznych.

Ważną cechą układów interferencyjnych o ostrych charakterystykach kierunkowości, która może być wykorzystywana w metodzie refleksyjnej, jest dwukierunkowe ich działanie. Polega ono na tłumieniu fal sprężystych, przychodzących od obiektów znajdujących się poza płaszczyzną przekroju, a więc fal bocznych, prostopadłymi do profilu grupami otworów i geofonów. Stopień osłabienia fal bocznych będzie zależał od parametrów samych fal oraz od schematu grupowania otworów i geofonów. Warto podkreślić, że grupy otworów i geofonów, rozmieszczone prostopadle do profilu, będą charakteryzować się podobnymi własnościami w stosunku do fal bocznych co grupy otworów i geofonów ustawione równolegle do profilu względem fal rozchodzących się w płaszczyźnie zbliżonej do płaszczyzny przekroju sejsmicznego.

EFEKTYWNOŚĆ BADAŃ SEJSMICZNYCH PRZY ZASTOSOWANIU  
UKŁADÓW INTERFERENCYJNYCH O OSTRYCH  
CHARAKTERYSTYKACH KIERUNKOWOŚCI

Dla potwierdzenia słuszności założeń teoretycznych, przedstawionych wyżej, a dotyczących możliwości zwiększenia efektywności badań sejsmicznych, wykonano pomiary polowe. Koncentrowano się przede wszystkim na badaniach parametrów wzbudzenia fal sprężystych. Trzeba jednak nadmienić, że ilość badań wykonanych w poszczególnych metodach sejsmicznych jest różna, największa zaś w metodzie refrakcyjnej (T. Krynicki, 1978). Mimo to wyniki uzyskane dotychczas metodą refleksyjną, a także amplitudy fal powierzchniowych zarejestrowane przy różnych parametrach wzbudzenia (T. Krynicki, 1978, 1980*b*, 1982*a*, *b*) w pełni uzasadniają celowość kontynuowania badań tą metodą, co zresztą jest już realizowane przez Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych na zlecenie Instytutu Geologicznego i Instytutu Geofizyki PAN.

Wcześniej opublikowano sporą liczbę przykładów zapisu obrazu falowego, świadczących o możliwości zwiększenia efektywności badań sejsmicznych przez zastosowanie układów interferencyjnych o ostrych charakterystykach kierunkowości (T. Krynicki, 1978, 1980*b*, 1982*a*, *b*, *c*). W artykule tym podana zostanie syntetyczna ocena dotychczasowych wyników, ze szczególnym zwróceniem uwagi na najnowsze przekroje refleksyjne uzyskane w 1982 r. w rejonie Bydgoszczy.

CHARAKTERYSTYKA FAL POWIERZCHNIOWYCH

Dla zorientowania się w obrazie falowym powstającym w pobliżu miejsca wzbudzenia i w intensywności fal powierzchniowych, przy różnych parametrach rozmieszczenia i wielkościach odpalanych ładunków, pomierzono fale oraz określono rzeczywiste ich amplitudy (T. Krynicki, 1978). Na sejsmogramach (fig. 2) wyodrębniono trzy grupy fal: fale występujące jako pierwsze impulsy, grupę fal w przedziale czasu 1,5–3 s oraz grupę fal o maksymalnych amplitudach w przedziale czasu 3–8,5 s w odległości 1700–2100 m od miejsca wzbudzenia. Amplitudy wszystkich grup fal istotnie zmniejszyły się w przypadku wzbudzenia w otworach usytuowanych na bazie 250 m (pomiar 1, 2, 4 – fig. 3) w porównaniu z odpalaniem nawet trzykrotnie mniejszych ładunków, ale umieszczonych w pojedynczych otworach (pomiar 5–7 – fig. 3). Tak wydatne tłumienie fal zakłócających wykorzystano z pozytywnymi wynikami w badaniach refleksyjnych (T. Krynicki, 1982*a*, *b*, *c*).

ZWIĘKSZANIE DYNAMIKI ZAPISU FAL REFRAKCYJNYCH

O dużej efektywności grupowania otworów na bazach, zapewniających uzyskanie ostrych charakterystyk kierunkowości, świadczy zapis fal refrakcyjnych (fig. 4). W jednym z punktów strzałowych kolejno odpalano na głębokości 23–30 m 4 ładunki o masie 192 kg każdy, przy czym parametry rejestracji we wszystkich przypadkach były identyczne, zmieniano tylko schemat grupowania otworów i wielkość opóźnienia odpalania. Pierwszy ładunek umieszczony w 2 otworach oddalonych od siebie o 10 m odpalono jednocześnie (sejsmogram 16), drugi ładunek w 2 otworach odległych od siebie o 200 m odpalono z opóźnieniem 40 ms (sejsmogram 17), trzeci ładunek odpalono w 3 otworach odległych od siebie o 100 m z opóźnieniem 20 ms (sejsmogram 18) i czwarty ładunek w 5 otworach odpalono z opóźnieniem 10 ms, przy czym dla zachowania długości bazy grupowania otworów, wy-

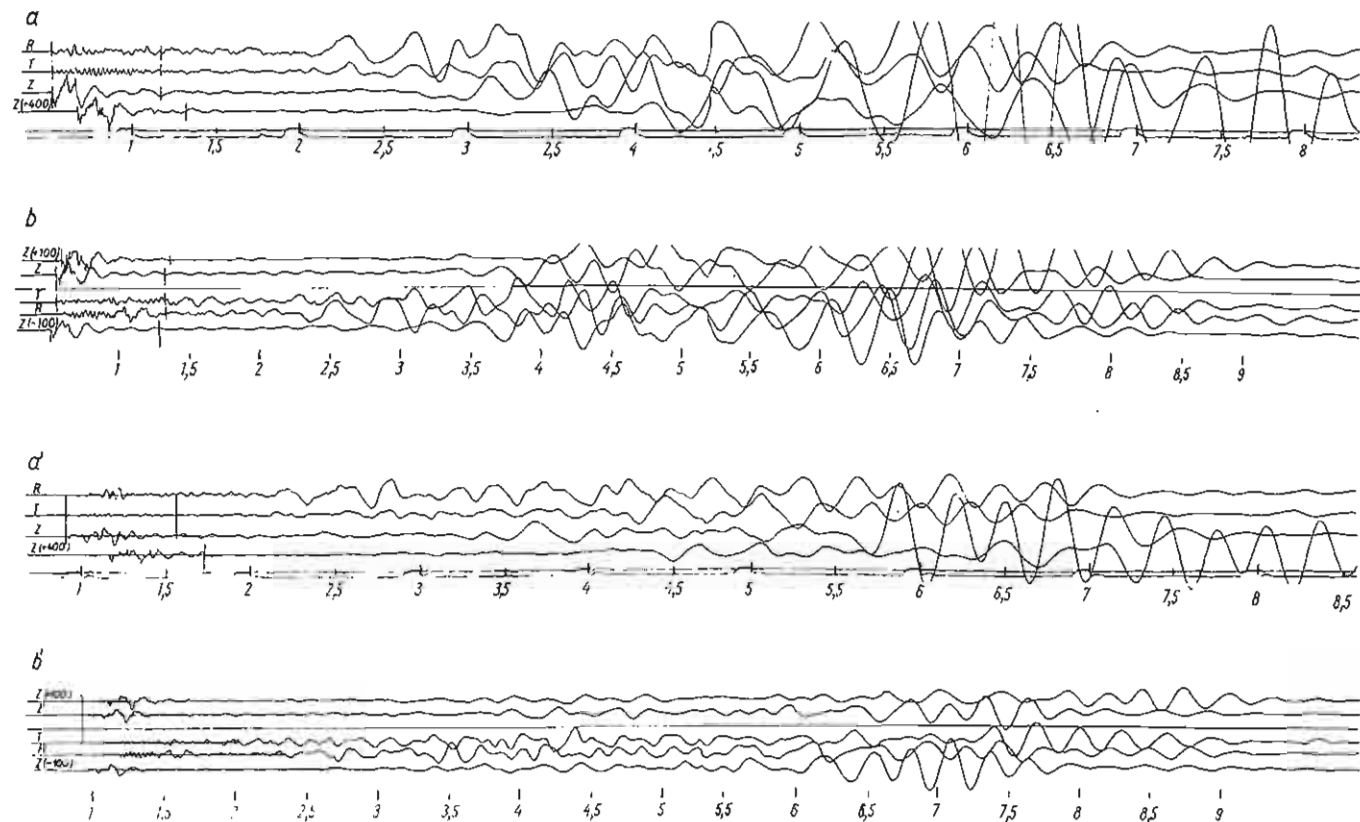


Fig. 2. Przykład zapisu fal powierzchniowych zarejestrowanych w punktach  $S_1$  (sejsmogramy a i a') oraz  $S_2$  (sejsmogramy b i b')

An example of record of surface waves at points  $S_1$  (seismograms a and a') and  $S_2$  (seismograms b and b')

Sejsmogramy: a i b – ładunek 100 kg odpalony w 1 otworze; a' i b' – ładunek 300 kg odpalony w 6 otworach rozmieszczonych na bazie profilu równym 250 m  
 Seismograms: a and b – 100 kg charge fired in one borehole; a' and b' – 300 kg charge fired in 6 boreholes spaced at the basis equal 250 m



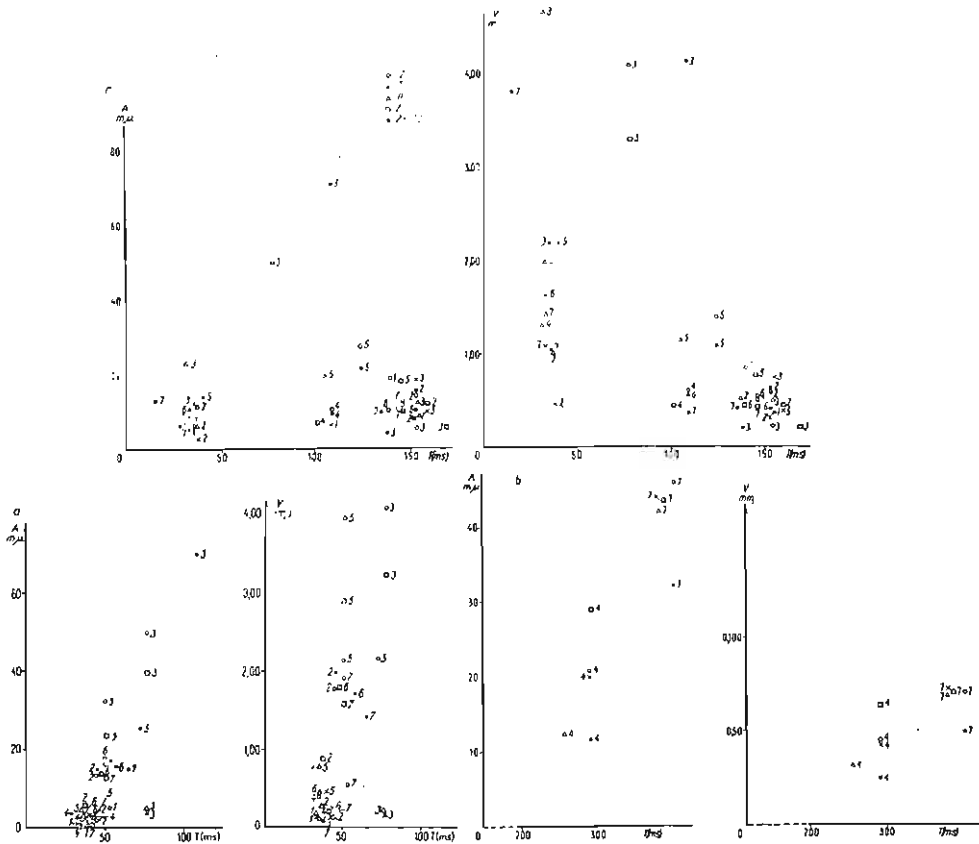


Fig. 3. Zestawienie rzeczywistych wartości amplitud przemieszczeń i amplitud prędkości różnych składowych fal (Z, R, T) zarejestrowanych do czasu 1,5 s (a), od 1,5 do 3 s (b) i od 3 do 8,5 s (c) w punkcie  $S_2$

Comparison of real values of amplitudes of translocations and velocities of various component waves (Z, R, T), recorded in time up to 1.5 s (a), 1.5 to 3 s (b) and 3 to 8.5 s (c) at the point  $S_2$ . 1, 2, 4 - baza wzbudzenia 250 m, ładunek 300 kg; 3 - baza wzbudzenia 30 m, ładunek 300 kg; 5-7 - jeden otwór, ładunek 100 kg

1, 2, 4 - 250 m basis of induction, 300 kg charge; 3 - 30 m basis of induction, 300 kg charge; 5-7 - single borehole, 100 kg charge

noszącej 200 m, odległość między otworami skrócono do 50 m (sejsmogram 19). Ostatni sejsmogram jest niewątpliwie najbardziej czytelny, a fale użyteczne mają największe amplitudy.

Wyniki uzyskiwane metodą refrakcyjną z zastosowaniem układów interferencyjnych o ostrych charakterystykach kierunkowości szczegółowo omówiono w pracy T. Krynickiego (1978). Rejestrowano fale refrakcyjne o amplitudach ponad dwukrotnie większych w porównaniu z amplitudami fal, jakie uzyskiwano tradycyjnym sposobem wzbudzenia, co znacznie ułatwiło interpretację i lokalizację punktów strzałowych, gdyż można było odpałać mniejsze ładunki bez groźby pogorszenia wyników badań refrakcyjnych.

13

15

17

19

Fig. 4. Sejsmogramy uzyskane przy stałym opóźnieniu czasu odpalania dla całej bazy równym 40 ms i stałej bazie wzbudzenia – 200 m

Seismograms obtained with constant delay of time of firing for the whole basis (40 ms) and the same basis of induction (200 m)

Sejsmogramy: 17 – 2 otwory, 18 – 3 otwory, 19 – 5 otworów; sejsmogram 16 – 2 otwory, baza wzbudzenia 10 m, jednoczesne odpalenie ładunku

Seismograms: 17 – 2 boreholes, 18 – 3 boreholes, 19 – 5 boreholes; seismogram 16 – 2 boreholes, 10 m induction basis, simultaneous firing of charge

#### WYNIKI BADAŃ REFLEKSYJNYCH

Dzięki zastosowaniu układów interferencyjnych o ostrych charakterystykach kierunkowości uzyskano poprawę wyników refleksyjnych (T. Krynicki, 1982a, b, c). Wyniki uzyskiwane dotychczas pozwoliły rozpoznać budowę utworów mezozoicznych i cechsztyńskich basenu permskiego i stanowiły przedmiot badań w rejonie Bydgoszczy (1981 r.), gdzie stosowano 24-krotne profilowanie i grupowanie 3 otworów na bazie 20–30 m. Jednak interpretacja granic triasowych i cechsztyńskich w wielu przypadkach wymagała dużego doświadczenia i wysiłku. Dla poprawy wyników sejsmicznych autor zaproponował – zgodnie z założeniami teoretycznymi – zmianę parametrów metodyki. Polegała ona w zasadzie na 10-krotnym wydłużeniu baz wzbudzenia i zmniejszeniu krotności profilowania z 24 do 12.

Dzięki temu istotnie obniżyły się koszty badań, poprawiła się czytelność przekroju sejsmicznego w całym przedziale głębokości (T. Krynicki, 1982b) oraz wzrosła dynamika zapisu granic cechsztyńskich. Ponadto zarejestrowano fale odbite od granic utworów podcechsztyńskich, wskazujących na odmienną ich budowę w porównaniu z nadkładem. Uzyskano również fale wiązane ze strefą nieciągłości Moho, występującą tu na głębokości poniżej 40 km. Wyniki z rejonu Bydgoszczy w pełni potwierdziły możliwość zwiększenia zasięgu głębokościowego metody refleksyjnej i to w obszarze zaliczanym do trudnych pod względem warunków sejsmogeologicznych. Podobne wnioski nasuwają się na podstawie badań wykonanych na Lubelszczyźnie, gdzie fale odbite od granic sejsmicznych w skonsolidowanej skorupie ziemskiej można wyznaczać nawet na sejsmogramach polowych (T. Krynicki, 1982c). Fakty te zostały uwzględnione w badaniach refleksyjnych wykonanych w 1982 r. w rejonie Bydgoszczy. Na większości przekrojów celem badań sejsmicznych była tam pokrywa osadowa, stąd też czas rejestracji fal wynosił 5 s. Na niektórych przekrojach czas rejestracji wydłużono do 18 s, obejmując badaniami skonsolidowane podłoże. Wyniki refleksyjne uzyskane w szerokim przedziale głębokości przedstawia przykładowo fig. 5. Na przekroju 15-III-82 dobrze wi-

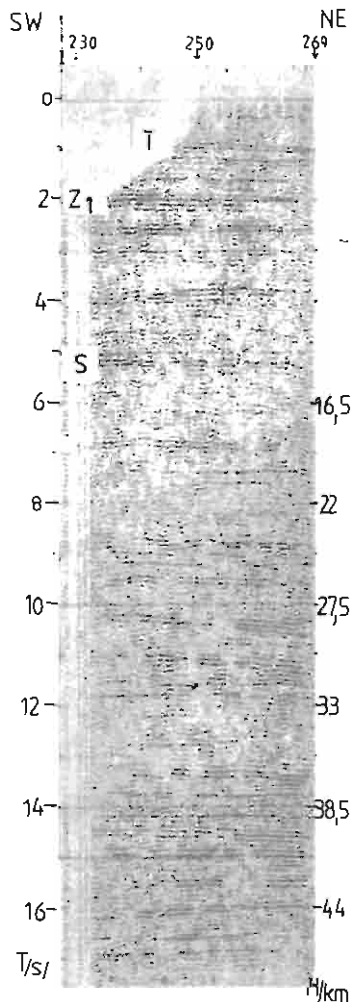
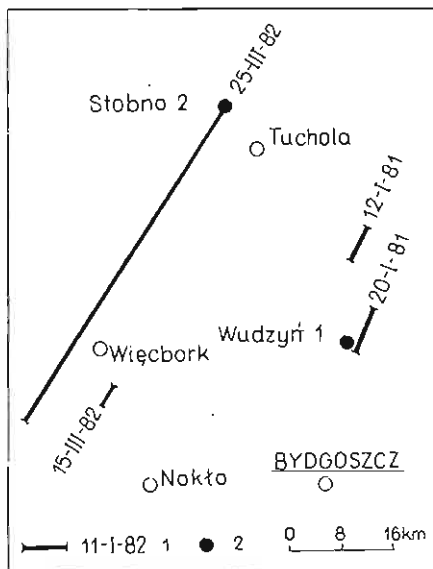


Fig. 5. Przykład zapisu granic sejsmicznych na odcinku przekroju 15-III-82 oraz schemat sytuacyjny profili, na których wydłużono czas rejestracji fal odbitych

An example of record of seismic boundaries in a part of the section 15-III-82 and location of sections, for which the time of recording of reflected waves has been extended

1 - profile sejsmiczne, 2 - otwory wiertnicze  
1 - seismic sections, 2 - boreholes

doczne są granice T i  $Z_1$ , związane z utworami triasowymi i przyspągową częścią cechsztynu. Występują tu także granice podcechsztyńskie, których czas rejestracji wynosi 3, ok. 4 i 5,2 s. Ta ostatnia oznaczona literą S prawdopodobnie odpowiada stropowi skonsolidowanego podłoża, wyznaczonego również na przekroju 20-I-81 (T. Krynicki, 1982b); na którym obserwuje się granice głębsze. Dla ułatwienia określenia głębokości przyjmijmy, że prędkość rozchodzenia się fal poniżej 6 s jest stała i wynosi 5500 m/s. Na podstawie układu granic głębokich można wyodrębnić 3 kompleksy skalne. Pierwszy kompleks, najpłytszy, za którego strop należy uważać granicę S, występuje do ok. 9 s, czyli do głębokości ok. 25 km i charakteryzuje się prawie poziomym załeganiem granic. Drugi kompleks obejmuje przedział czasowy od ok. 9 do 14,5 s, a więc występuje na głębokości od 25 do ok. 40 km. Granice sejsmiczne tego kompleksu zapadają na NE i odznaczają się dobrą intensywnością zapisu, a najbardziej dynamiczna jest granica o czasie rejestracji ok.

14,5 s. Z kolei jeszcze głębsze granice, występujące poniżej 40 km, nieznacznie wynurzają się na NE i można uważać, że stanowią one trzeci kompleks skalny.

Wyniki uzyskane na najdłuższym dotychczas w kraju profilu refleksyjnym 25-III-82, na którym czas rejestracji fal wynosił 18 s, ilustruje fig. 6. Mimo że profil ten opracowano wstępnie, bez wprowadzania podczas sumowania ostatecznych poprawek, co wpływa w jakimś stopniu na dynamikę zapisu granic sejsmicznych, można scharakteryzować jego obraz falowy. Profil przebiega w terenie o zbliżonych i stosunkowo korzystnych warunkach powierzchniowych; na całej jego długości zastosowano podobną metodykę badań. Fakty te ułatwiają porównanie wyników i wyjaśnienie ewentualnych przyczyn ich zróżnicowania. Niewątpliwie najbardziej pełny, a zarazem i urozmaicony obraz falowy uzyskano w SW części przekroju 25-III-82, mniej więcej do punktu 161, a w odniesieniu do granic T i J, wiązanych z triasem i jurą, do punktu 251. W pobliżu tego pierwszego punktu istotnie zmienia się charakter zapisu granic w przedziale czasu 9–11 s oraz 15–17 s, czyli na głębokościach 22–30 km i 41–47 km. Na uwagę zasługuje niezgodność kierunków upadów granic występujących na tych głębokościach. Granice płytszego



Fig. 6. Przekrój czasowy 25-III-82, 12-krotne profilowanie (opracowanie wstępne)  
Time section 25-III-82, 12-fold profiling (preliminary analysis)

kompleksu zapadają na NE, głębszego zaś wynurzają się w tym kierunku. Podobny układ granic uzyskano na przekroju 15-III-82 (fig. 5). Istotna zmiana obrazu falowego, z wyjątkiem przedziału granic T i J, następuje na NE od punktu 161. Polega ona na zmniejszeniu liczby granic sejsmicznych oraz obniżeniu wyrazistości ich zapisu, chociaż mniej więcej od punktu 301 następuje na pewnym odcinku zwiększenie dynamiki granic kompleksu najgłębszego, leżącego poniżej 40 km.

Na podstawie pionowych przemieszczeń granic cechsztyńskich wyznaczono wiele uskoków. Granice związane z podcechsztyńskimi utworami osadowymi mają liczne przerwy w korelacji. Pogorszeniem wyrazistości zapisu, a niekiedy i zanikiem, charakteryzują się granice w skonsolidowanym kompleksie skorupy ziemskiej w środkowej części przekroju 25-III-82. Brak tych granic notowany jest w strefie wyklinowania utworów kredowych między punktami 450–461 oraz w obrębie struktury Chojnic. Z kolei na NE od tej struktury do otworu Stobno 2 wszystkie granice sejsmiczne zarejestrowane w całym przedziale głębokości mają podobny charakter i odznaczają się dobrą dynamiką.

Istotne jest ustalenie przyczyn zmienności obrazu falowego. Jest to trudne na

podstawie tylko jednego przekroju, niemniej należy sądzić, że zmienność jest wywołana przede wszystkim warunkami wgłębny, a dużą rolę odgrywa tu czynnik tektoniczny. Zmienność charakteru zapisu granic sejsmicznych niekiedy połączona jest z pionowym ich przemieszczeniem układającym się wzdłuż linii. Przykładem może tu być uskok I (fig. 6), który zaburza utwory cechsztyńskie i głębsze osadowe w okolicy punktu 71. Prawdopodobnie występuje on również w miejscu zmiany upadów granic zalegających na głębokości 22–30 km. Wykorzystując podobne kryteria zapisu sejsmicznego wyznaczono uskok III, który jest dobrze widoczny w całym przedziale głębokości, czyli od utworów mezozoicznych aż do granic występujących poniżej 40 km. Obniżenie dynamiki zapisu granic głębokich związanych ze skonsolidowanym podłożem lub ich brak w środkowej części przekroju, w połączeniu ze zróżnicowaną miąższością czy też wyklinowaniem utworów kredowych, można także tłumaczyć obecnością rozłamów. Na podstawie wyników refleksyjnych wydaje się, że mogą one być różnej szerokości, od niewielkich np. w przypadku rozłamu I (fig. 6) do znacznie szerszych w okolicy struktury Chojnic.

Dość szeroka strefa obniżenia intensywności zapisu granic w środkowej części przekroju 25-III-82 da się także tłumaczyć obecnością rozłamów poprzecznych do przebiegu głównych osi podstawowych jednostek geologicznych. Za istnieniem takich rozłamów przemawiają wyniki uzyskane w rejonie Bydgoszczy w 1982 r. Podobnie brak głębokich granic na przekroju 12-I-81 (fig. 5) i wyraźne odbicia od granicy Moho na pobliskim profilu 20-I-81 wskazują, że rozkład własności sprężystych w podłożu skonsolidowanym jest złożony.

Tak więc przy ocenie wyników refleksyjnych niezbędne jest nawiązanie do tektonicznego planu podłoża skonsolidowanego, którego rozpoznanie będzie znacznie ułatwione i pełniejsze po nagromadzeniu większej liczby danych sejsmicznych.

## WNIOSKI

W świetle rozważań teoretycznych i wyników uzyskanych w obszarze kilku jednostek geologicznych (T. Krynicki, 1978, 1981a, b, 1982a, b, c) nasuwają się następujące wnioski.

W zakresie fal powierzchniowych:

1. Intensywność poszczególnych rodzajów fal powierzchniowych, pomierzonych w odległości 1700–2200 m od miejsca odpalenia ładunków, jest różna w zależności od parametrów i sposobu wzbudzenia. W wyniku zastosowania układów interferencyjnych o ostrych charakterystykach kierunkowości następuje istotne osłabienie tych fal, czyli zmniejszenie amplitud przemieszczeń i amplitud prędkości drgań fal zakłócających.

2. Składowe pionowe fal powierzchniowych charakteryzują się największą intensywnością w porównaniu z innymi składowymi.

3. Widma amplitudowe oraz okresy fal powierzchniowych są na ogół podobne, niezależnie od stosowanych parametrów i sposobów wzbudzenia.

W zakresie fal użytecznych:

1. Zastosowanie grupowania otworów na bazach porównywalnych z długością fal użytecznych poprawia wyniki sejsmiczne poprzez zwiększenie amplitud fal refrakcyjnych oraz refleksyjnych w porównaniu z amplitudami uzyskiwanymi podczas tradycyjnego wzbudzenia punktowego lub nawet liniowego, ale na krótkich bazach.

2. Wzbudzenie i odbiór fal na długich bazach w metodzie refleksyjnej mogą być wykorzystane do tłumienia fal przychodzących do geofonów od obiektów

występujących w ośrodku skalnym poza płaszczyzną przekroju sejsmicznego.

3. Przy zastosowaniu różnych parametrów wzbudzenia nie zaobserwowano zmian cech dynamicznych fal (poza wzrostem ich amplitud w przypadku odpalania ładunków na długich bazach).

W zakresie wyboru parametrów układów interferencyjnych o ostrych charakterystykach kierunkowości:

1. W przypadku badań paleozoicznych utworów osadowych i stropu podłoża skonsolidowanego wystarczające jest grupowanie 5–6 otworów na bazie 200–250 m. W badaniach refleksyjnych grupowanie nawet 3 otworów na bazie 150 m przyczyni się do poprawy wyników. Jeżeli celem badań w metodzie refleksyjnej są także granice płytkie, wówczas winno się grupować bazy otworów prostopadle do profilu. Przyczynia się to do osłabienia fal rozchodzących się poza płaszczyzną pionową przekroju sejsmicznego, a przydatność takich baz będzie szczególnie użyteczna w obszarach złożonego obrazu falowego.

W metodzie refrakcyjnej za optymalne opóźnienie czasu odpalania ładunków należy uważać 10 ms, z wyjątkiem obszaru Karpat (5 ms). Różnice między obliczonym a stosowanym opóźnieniem czasu odpalania, wynoszące  $\pm 2-3$  ms, wynikające niekiedy ze zróżnicowanych własności sprężystych ośrodka lub z przyczyn technicznych, wpłyną w niewielkim stopniu na pogorszenie efektu energetycznego.

2. Jeżeli celem badań refleksyjnych są tylko granice w głębszych częściach skorupy ziemskiej, to wówczas długość baz wzbudzenia można zwiększyć do 500–600 m. Geofony o częstotliwości rezonansowej 10–16 Hz mogą być stosowane do pomiarów fal odbitych od głębokich granic sejsmicznych w strefie przed punktem krytycznym.

3. Dzięki zastosowaniu układów interferencyjnych o ostrych charakterystykach kierunkowości można zmniejszyć krotność profilowania, np. z 24 do 12 nie tylko bez groźby pogorszenia wyników, ale nawet z widokiem na ich poprawę.

4. W przypadku badań głębokich granic w skorupie ziemskiej metodą fal odbitych w strefie przed punktem krytycznym dostateczną ilość energii uzyskuje się odpalając ładunki o masie 5–15 kg. Przy określaniu wielkości ładunków należy kierować się przede wszystkim miąższością nadkładu utworów osadowych, a w mniejszym stopniu głębokością występowania granic w skorupie ziemskiej.

5. Z uwagi na duże prawdopodobieństwo występowania związku między budową głębokich warstw skorupy Ziemi a nadkładem osadowym, uzasadnione jest również ze względów ekonomicznych wydłużenie rejestracji fal do 18–20 s, chociażby na niektórych profilach refleksyjnych.

6. Wyniki badań sejsmicznych potwierdzają słuszność założeń teoretycznych dotyczących określania optymalnych parametrów metodyki pomiarów, a jednocześnie wskazują na możliwość zwiększenia zasięgu głębokościowego metody refleksyjnej. Należy zatem rozszerzyć badania geologiczne utworów podcechsztyńskich i granic występujących w skorupie ziemskiej.

7. W związku z możliwością zmniejszenia krotności profilowania przy stosowaniu układów interferencyjnych o ostrych charakterystykach kierunkowości i lepszym wykorzystaniu energii odpalanych ładunków, uzyskuje się istotne obniżenie kosztów badań sejsmicznych, a zarazem korzystny wpływ na zachowanie środowiska naturalnego.

\*

W wyniku zastosowania optymalnych parametrów metodyki pomiarów istnieją możliwości zwiększenia zasięgu głębokościowego badań sejsmicznych, przy jednoczesnym obniżaniu ich kosztów. W basenie permskim uzyskano znaczną poprawę

jakości zapisu granic cechsztyńskich, a ponadto zarejestrowano granice związane z utworami środkowego i dolnego paleozoiku. W związku z tym należy uważać, że utwory cechsztyńskie nie stanowią przeszkody w badaniach głębokich granic metodą refleksyjną, jak dotychczas powszechnie sądzono. Poza basenem permskim nastąpiło wydatne podniesienie dynamiki zapisu granic dolnopaleozoicznych.

Istnieje możliwość rejestracji fal odbitych w strefie przed punktem krytycznym w szerokim przedziale głębokości, aż do nieciągłości Moho włącznie.

Korzystanie z opracowanej przez autora metodyki pozwala na ponad dwukrotne zwiększenie amplitud fal refrakcyjnych, co ma duże znaczenie w pracach interpretacyjnych. Obecnie kontynuowane są badania głębokich granic sejsmicznych na zlecenie Instytutu Geologicznego i Instytutu Geofizyki PAN, podczas których stosowana jest z powodzeniem wyżej omówiona metodyka pomiarów. Poprawa jakości wyników sejsmicznych pozwoli na właściwe ukierunkowanie, a tym samym i na zwiększenie skuteczności badań geologicznych.

Przedsiębiorstwo Badań  
Geofizycznych  
Warszawa, ul. Stalingradzka 34  
Nadesłano dnia 18 maja 1982 r.

#### PIŚMIENNICTWO

- DEPOWSKI S. (1981) – Obszary gazonośne i roponośne Polski. *Prz. Geol.*, 29, p. 209–217, nr 5.
- DEPOWSKI S., STOLARCZYK F., TYSKI S. (1979) – Ropo- i gazonośność paleozoiku polskiej części syneklizy perybaltyckiej. *Prz. Geol.*, 27, p. 593–599, nr 11.
- 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. 153–164, nr 4.
- GUTERCH A., GRAD M., MATERZOK R., PAJCHEL J., PERCHUĆ E., TOPORKIEWICZ S. (1979) – Refraction studies of structure of the earth's crust and upper mantle with deep seismic sounding method on the territory of Poland. *Proceedings I. p. 188–194, 24-th Geophysical Symposium. Kraków.*
- KMIECIK H., ŻELICHOWSKI A. (1980) – Profil osadów karbonu w podłożu brzeżnej niecki między Toruniem a Warszawą. *Prz. Geol.*, 28, p. 8–12, nr 1.
- KNIESZNER L., SOLAWA W. (1980) – Kartowanie sejsmiczne młodszego paleozoiku w północno-zachodniej Polsce. *Prz. Geol.*, 28, p. 165–168, nr 3.
- KRYNICKI T. (1965) – Zestawienie wyników sejsmicznych prac doświadczalnych wykonanych na Lubelszczyźnie. *Arch. PBG. Warszawa.*
- KRYNICKI T. (1978) – Metoda kierunkowego wzbudzenia fal i jej efektywność. *Wyd. Geol. Warszawa.*
- KRYNICKI T. (1980a) – Własności sprężyste utworów cechsztyńskich. *Kwart. Geol.*, 24, p. 593–610, nr 3.
- KRYNICKI T. (1980b) – Efekt statystyczny grupowania geofonów i otworów na długich bazach. *Tech. Poszuk. Geol.*, 19, p. 1–6, nr 6.
- KRYNICKI T. (1981a) – Badania głębokich granic sejsmicznych przy zastosowaniu układów interferencyjnych o ostrych charakterystykach kierunkowości. *Arch. Inst. Geol. Warszawa.*
- KRYNICKI T. (1981b) – Utwory cechsztyńskie a problem uzyskiwania głębokich granic sejsmicznych metodą refleksyjną. *Kwart. Geol.*, 25, p. 335–349, nr 2.

- KRYNICKI T. (1982a) – Wybrane zagadnienia metodyki prac polowych w badaniach geologicznych utworów paleozoicznych metodą refleksyjną. *Kwart. Geol.*, 26, p. 217–229, nr 1.
- KRYNICKI T. (1982b) – Granice sejsmiczne w świetle wyników prac metodyczno-doświadczalnych uzyskanych w rejonie Bydgoszczy. *Kwart. Geol.*, 26, p. 609–625, nr 3/4.
- KRYNICKI T. (1982c) – Efektywność grupowania otworów na długich bazach w badaniach głębokich granic sejsmicznych. *Geof. Stosowana*, nr 1 (1982).
- KRYNICKI T., HAŁOŃ E., MATERZOK W., STEFANIAK L., WOJAS A. (1975) – Opracowanie metodyki kierunkowego wzbudzenia drgań w warunkach Karpat. Arch. PBG. Warszawa.
- KRYNICKI T., MIKOŁAJCZAK A. (1980) – Badania budowy głębokiego podłoża w Polsce metodą fal odbitych w strefie przed punktem krytycznym. *Kwart. Geol.*, 24, p. 861–870, nr 4.
- POŻARYSKI W., TOMCZYK H., BROCHWICZ-LEWIŃSKI W. (1980) – Tektonika paleozoiku podpermskiego obszaru warszawskiego. *Prz. Geol.*, 28, p. 73–81, nr 2.
- SZTARSKI M.R. (1968) – Urządzenia radiolokacyjne. Wyd. Kom. i Łącz. Warszawa.
- TANER M.T., SHERIFF R.E. (1978) – Method for seismic exploration for enhanced results in simulated cylindrical or plane waves. Pat. USA nr 4072922.
- ГУРВИЧ И.И. (1970) – Сейсмическая разведка. Изд. Недра. Москва.
- ГУРЕВИЧ Г.И. (1974) – Деформируемость сред и распространение сейсмических волн. Изд. Недра. Москва.
- КРАСОВСКИЙ С.С. (1975) – Моделирование структур земной коры и верхней мантии. Стр. 53–57. Киев.
- НОМОКОНОВ В.П., РЯБОВ А.В., ЦВЕДЕЛЬ Ю.А. (1977) – Опыт группирования на длинных поперечных базах в юго-западной части Прикаспийской впадины. *Разв. Геоф.*, 77, стр. 93–97. Изд. Недра. Москва.
- РАТНИКОВА Л.И. (1973) – Методы расчета сейсмических волн в тонкослоистых средах. Изд. Наука. Москва.
- САВАРЕНСКИЙ Е.Ф. (1972) – Сейсмические волны. Изд. Наука. Москва.
- СОЛЛОГУБ В.Б., ЧЕКУНОВ А.В. (1977) – Строение земной коры и верхней мантии древних платформ. В: Глубинное строение и геофизические особенности структур земной коры и верхней мантии, стр. 14–27. Изд. Наука. Москва.
- ТУЛИНА Ю.В., ЯРОШЕВСКАЯ Г.А. (1976) – Внутренняя структура земной коры. Изд. Наука. Москва.

Тадеуш КРЫНИЦКИ

### ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ГЛУБОКИХ СЕЙСМИЧЕСКИХ ГРАНИЦ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫХ СИСТЕМ С ОСТРЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ НАПРАВЛЕННОСТИ

#### Резюме

Эффективность сейсмических исследований в большой степени зависит от применяемой методики измерений. За последний период (10–15 лет) изменения методики полевых работ состояли в увеличении кратности профилирования, что не принесло существенного улучшения качества получаемых данных, особенно по подцехштейновым отложениям, зато привело к подорожанию сейсмических работ. Во многих документациях и публикациях этот факт объясняется экранирующими свойствами цехштейнового комплекса, в связи с чем геофизики в сущности отказались от совершенствования методики исследований.



Эффективность сейсмических методов, особенно метода отраженных волн, можно повысить, если получить более благоприятное соотношение между амплитудами полезных волн и помехами. Такую возможность дают интерференционные системы с острыми характеристиками направленности. В статье в обобщенной форме представлены теоретические предпосылки интерференционных систем, а также рассмотрены важнейшие параметры методики замеров и их влияние на волновую картину. Рассмотрены результаты сейсмических работ, полученные при помощи интерференционных систем с острыми характеристиками направленности, подтверждающих верность теоретических предпосылок. Улучшилась четкость записи цехштейновых границ, а также регистрировались волны, отраженные от глубоких сейсмических границ, в том числе и от раздела Мохо. Приводимые в статье оптимальные параметры методики измерений применяются в настоящее время при сейсмических работах, по заказу Геологического института и института Геофизики ПАН.

Tadeusz KRYNICKI

ON INCREASE IN EFFECTIVITY OF SURVEYS OF DEEP SEISMIC BOUNDARIES  
IN RESULT OF THE USE OF INTERFERENTIAL SYSTEMS  
WITH SHARP ORIENTATION CHARACTERISTICS

S u m m a r y

The effectivity of seismic surveys markedly depends on the used measurement methods. In the last two decades, changes in methods of field works were mainly connected with increase in multiplicity of profiling. However, they failed to lead to any marked improvement in quality of seismic data, especially those concerning depth interval of pre-Zechstein strata, contributing at the same to marked increase in costs of the surveys. This failure was explained by screening effect of the Zechstein complex in numerous unpublished reports and some publications. That is the reason why we may speak about resignation from carrying out further attempts to improve methods of these surveys.

The effectivity of seismic methods, especially reflection ones, may be increased by achieving more advantageous ratio of amplitudes of useful waves and disturbances. This may be achieved by the use of interferential system with sharp orientation characteristics. The paper presents theoretical premises of such systems in a synthetic form as well as the major parameters of measurement methods and their influence on wave image. Results of seismic surveys carried out with the use of such interferential systems with sharp orientation characteristics, presented here, gave further support to the theoretical premises. The use of these systems made it possible to obtain more clear image of Zechstein boundaries and to record waves reflected at deep seismic boundaries, including the Moho discontinuity. Optimum parameters of the measurement methods, presented in this paper, are at present used in seismic surveys carried out for the Geological Institute and the Institute of Geophysics of the Polish Academy of Sciences.