

UKD 551.736.3.022.4:550.344.094.43'46:550.834.5(438)

Tadeusz KRYNICKI

Utwory cechsztyńskie a problem uzyskiwania głębokich granic sejsmicznych metodą refleksyjną

Przedstawiono pogląd na temat powstawania fal odbitych na granicach utworów podcechsztyńskich w nawiązaniu do sprężystych parametrów ośrodka, wyników sejsmogramów syntetycznych oraz pionowych profilowań sejsmicznych. Fale odbite mogą być rejestrowane pod warunkiem zastosowania optymalnej metodyki badań refleksyjnych.

WSTĘP

Utwory cechsztyńskie stanowią kompleks skalny, na którym kończą się w zasadzie w miarę pełne dane sejsmiczne o budowie geologicznej paleozoiku, nie licząc wyników metody refrakcyjnej, które umożliwiają dość dokładne odtworzenie jedynie hipsometrii podłoża krystalicznego lub skonsolidowanego. Z kolei istnieją duże perspektywy odkrycia pod cechsztyнем złóż, zwłaszcza węglowodorów (W. Pożaryski i in., 1980; H. Kmicik, A. Żelichowski, 1980). Należy zatem sądzić, że zainteresowanie budową geologiczną utworów podcechsztyńskich będzie wzrastać.

Wydaje się, że uzyskiwane dotychczas dość skąpe informacje o paleozoiku podcechsztyńskim wynikają z przypisywania utworom cechsztyńskim pewnych wyjątkowych własności sprężystych i w związku z tym dochodzi do ograniczenia, a nawet zaniechania prac doświadczalno-metodycznych dla zapewnienia rejestracji refleksów podcechsztyńskich.

Zagadnienie rejestracji tych refleksów rozważać można w różnych aspektach. W artykule ograniczę się do rozpatrzenia wpływu skał cechsztyńskich na intensywność zapisu sejsmicznego oraz próby wyjaśnienia związku budowy geologicznej kompleksu podcechsztyńskiego z powstającym obrazem falowym.

SEJSMICZNE GRANICE CECHSZTYŃSKIE

Budowa utworów cechsztyńskich prawie na całym obszarze może być z dużą dokładnością określana sejsmiczną metodą refleksyjną. W zależności od miąższości kompleksu cechsztyńskiego uzyskuje się od 1 do 4 granic sejsmicznych. W rejonach, w których miąższość cechsztynu nie przekracza 150–200 m (0,1 s), rejestruje się 2 granice, niekiedy trudne do rozdzielenia. Natomiast w obszarze, gdzie odstęp czasowy między stropem i spągami cechsztynu przekracza 0,5–0,6 s, rejestruje się 3 lub nawet 4 granice oznaczane literami Z_4 , Z_3 , Z_2 , Z_1 . Na podstawie pomiarów pionowych profilowań sejsmicznych i akustycznych granice te przyporządkowano: Z_4 – spągowej partii cyklotemu aller (czerwone iły solne), Z_3 – stropowi anhydrytu głównego cyklotemu leine, Z_2 – stropowi anhydrytu podstawowego cyklotemu stassfurt oraz Z_1 – stropowi anhydrytu dolnego cyklotemu werra. Niekiedy wyodrębnia się także refleks Z_1/P_1 pochodzący od spągu cyklotemu werra.

W świetle pracy R. Chlebowskiego (1977) granice między różnymi typami litologicznymi są bardzo nieostre wskutek wielokrotnych przewarstwień skał węglanowych z anhydrytami i solami. Fakt ten może rzutować na dokładność przyporządkowania granic sejsmicznych poszczególnym warstwom geologicznym. Niemniej w dalszych rozważaniach przyjmować się będzie, że refleksy cechsztyńskie zwłaszcza oznaczane symbolami Z_1 , Z_2 i Z_3 , mające największe znaczenie ze względu na zasięg terytorialny, powstają w zasadzie na granicy anhydrytów i soli.

WSPÓŁCZYNNIKI ODBICIA I INTENSYWNOŚĆ ZAPISU CECHSZTYŃSKICH I PODPERMSKICH GRANIC SEJSMICZNYCH

Własności sprężyste takich skał cechsztyńskich, jak sole i anhydryty w niewielkim stopniu zmieniają się w zależności od głębokości i rejonu występowania (T. Krynicki, 1980). W związku z tym również współczynniki odbicia od granic soli i anhydrytów będą mieć zbliżone wartości. Współczynniki odbicia od granic cechsztyńskich, obliczone na podstawie pomiarów akustycznych wykonanych w otworach usytuowanych w różnych jednostkach geologicznych, obrazuje fig. 1. Jak wynika z przedstawionych wykresów i pomiarów akustycznych wykonanych również w innych otworach, współczynniki odbicia od granic anhydrytów z dolomitami mają przeważnie wartości od 0,05 do 0,10, podczas gdy od granic anhydrytów z ilowcami lub łupkami od 0,25 do 0,30. Współczynniki odbicia od granic anhydrytów z solami, a więc granic, na których powstaje większość refleksów cechsztyńskich, zawarte są najczęściej w przedziale 0,10–0,20, podobnie zresztą jak i od granic soli z węglanami.

O intensywności zapisu granic sejsmicznych decydują przede wszystkim współczynniki odbicia (I.I. Gurwicz, 1970). W związku z tym można uważać, że refleksy Z_1 , Z_2 i Z_3 powstające na granicach soli z anhydrytami winny charakteryzować się podobną wyrazistością zapisu, co ogólnie znajduje potwierdzenie w materiałach sejsmicznych. Jednocześnie, gdyby przyjąć tezę o ekranujących własnościach skał cechsztyńskich, wypowiedianą także obecnie (L. Knieszner, W. Solawa, 1980), wówczas należałoby oczekiwać zmniejszenia dynamiki refleksów cechsztyńskich od granic najpłytszych do najgłębszych, czyli od Z_3 do Z_1 . Należy zatem rozpatrzyć zmianę intensywności zapisu granic cechsztyńskich na przykładzie wyników sejs-

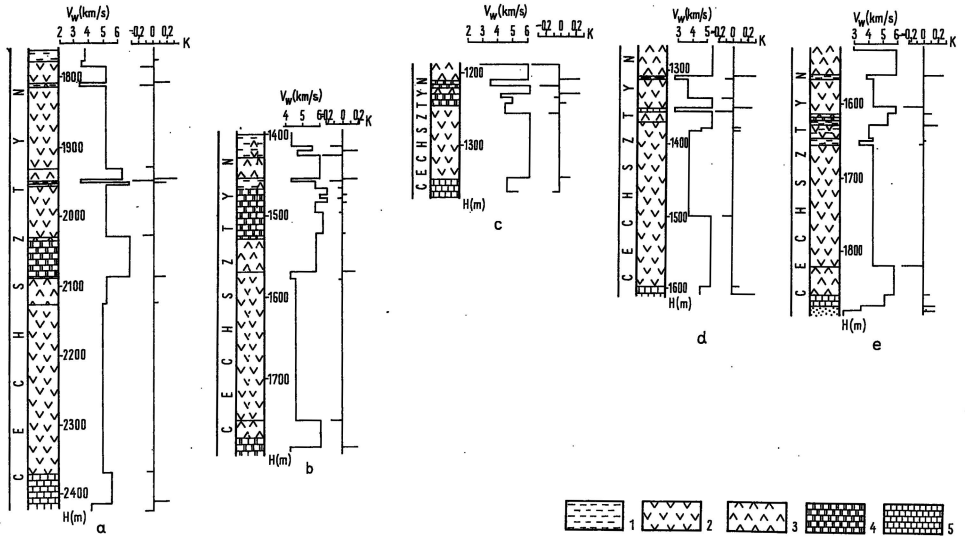


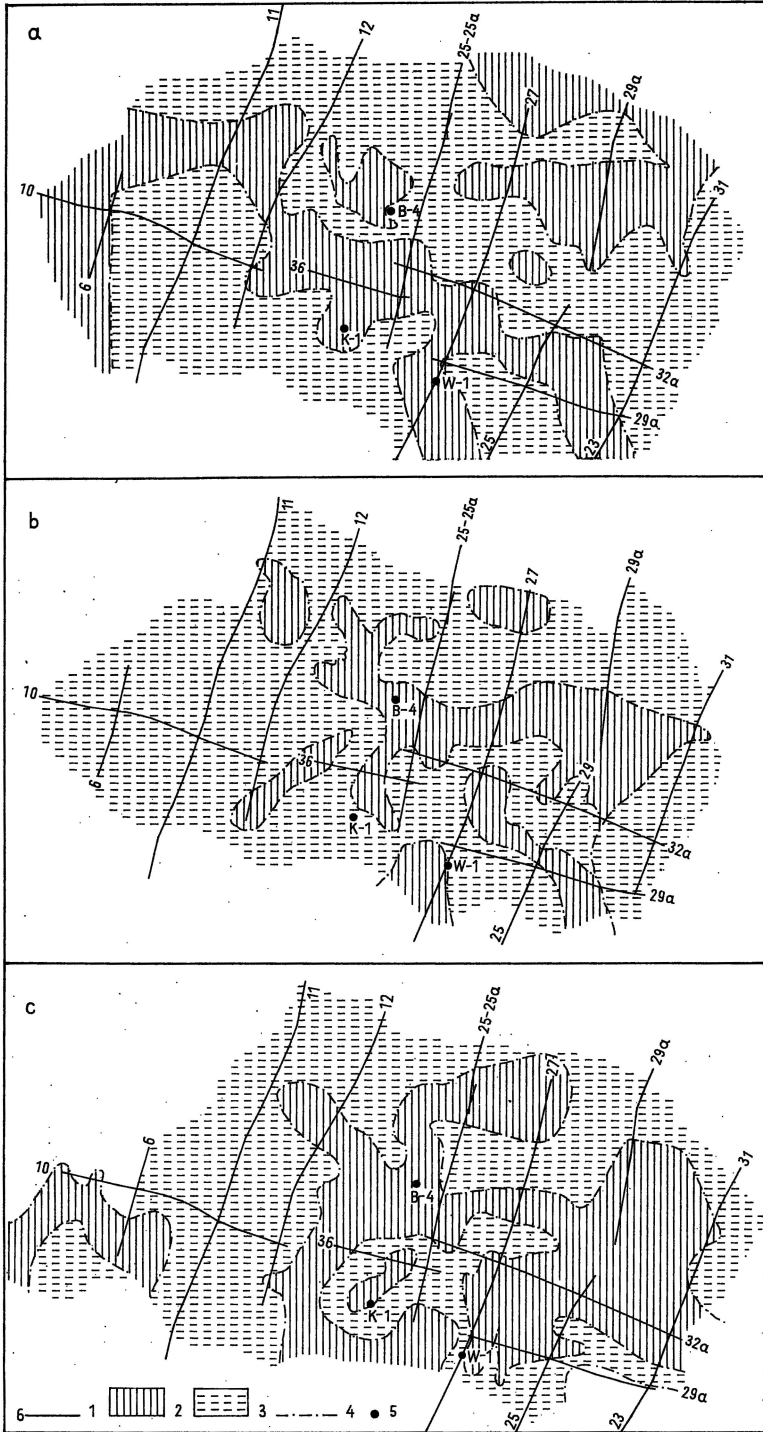
Fig. 1. Prędkości warstwowe (V_w) i współczynniki odbicia (K) fal od skał cechsztyńskich nawierconych w otworach: Pomorsko 10 (a), Tarchały 5 (b), Sępopol 1 (c), Krynica Morska IG 1 (d) i Żelazna Góra 5 (e)

Layer velocities (V_w) and reflection coefficients (K) of waves reflected from Zechstein rocks encountered by the drillings Pomorsko 10 (a), Tarchały 5 (b), Sępopol 1 (c), Krynica Morska IG 1 (d) and Żelazna Góra 5 (e)

- 1 – ility; 2 – sole; 3 – anhydryty; 4 – dolomity; 5 – wapienie
- 1 – clays; 2 – salts; 3 – anhydrites; 4 – dolomites; 5 – limestones

micznych z rejonu Wolsztyna – Babimostu. Na przekrojach czasowych wizualnie dość jednoznacznie można wyznaczyć refleksy o dobrej i bardzo dobrej dynamice oraz o słabej intensywności, jak również odcinki, na których brak jest refleksów. Na podstawie intensywności i wyrazistości zapisu faz fal interpretowanych na przekrojach czasowych wyodrębniono dwie grupy refleksów, których obszar występowania przedstawia fig. 2. Sporządzone szkice wskazują, że w obszarze Wolsztyna – Babimostu intensywność zapisu poszczególnych granic zmienia się w poziomie. Na szkicach wydzielić można pewne strefy o różnej intensywności zapisu. Trudniej natomiast jest uchwycić prawidłowości w występowaniu stref w kierunku pionowym, czyli że odcinek przekroju o wyraźnym zapisie refleksu Z_3 nie musi pokrywać się z podobną intensywnością np. refleksów Z_2 lub Z_1 . Niekiedy (np. północno-wschodnia część obszaru) strefy o intensywnym zapisie występują na tych samych odcinkach przekroju, co mogłoby świadczyć, że zarówno na granicę Z_3 , jak i Z_2 lub Z_1 pada dostatecznie duża część energii, wystarczająca do powstania refleksów dynamicznych. Wydaje się, że w omawianym obszarze na intensywność refleksów mogą mieć wpływ zmiany litologiczno-facjalne utworów cechsztyńskich, rzutujące na własności sprężyste, a tym samym i na wielkości współczynników odbicia.

W celu określenia ewentualnego wpływu zmian litologiczno-facjalnych i miąższościowych utworów cechsztyńskich na intensywność zapisu refleksów przeprowadzono analizę wyników sejsmicznych z obszaru położonego około 20 km na NE



od Sierpca. Na przekrojach sejsmicznych wyznaczono trzy granice cechsztyńskie Z_1 , Z_2 i Z_3 . Postępując podobnie jak w rejonie Wolsztyna – Babimostu na szkicach określono strefy o odpowiedniej intensywności refleksów (fig. 3). Ponadto na szkicach wykreślono izoliny miąższości między omawianymi granicami cechsztyńskimi. Analizując obraz dynamiki zapisu poszczególnych refleksów, przedstawiony na fig. 3, łatwo zauważyć, iż na tych samych odcinkach przekrojów mogą występować refleksy o różnej intensywności. Tak więc w omawianym rejonie, podobnie jak i w obszarze Wolsztyna – Babimostu, niełatwo jest uchwycić prawidłowość zmian intensywności w kierunku pionowym. Należy przy tym podkreślić, że granica Z_1 , mimo że jest najgłębsza, może mieć również zapis dynamiczny.

Omawiając związek własności sprężystych skał z intensywnością zapisu granic cechsztyńskich, uzasadnione jest nawiązanie do współczynników odbicia utworów podpermских oraz nadkładu cechsztynu, co może ułatwić określenie wpływu kompleksu cechsztyńskiego na obraz falowy. Wartości współczynników odbicia obliczone na podstawie pomiarów akustycznych (A. Klecan, F. Kochel, 1973) dla utworów różnego wieku (nawierconych w otworach położonych w kilku jednostkach geologicznych) zestawiono w tabl. 1. Zawarto tu także informacje o najmniejszych i największych prędkościach warstwowych. Z porównania danych wynika, że cechsztyń generalnie ma duże prędkości (niezależnie od głębokości występowania), porównywalne z wartościami tego parametru dla skał dolnego paleozoiku.

Rozpatrując liczbę współczynników odbicia (n) dla utworów poszczególnych okresów można stwierdzić, że cechsztyń nie zajmuje pod tym względem miejsca wyjątkowego. Najmniejszą liczbę współczynników odbicia uzyskano dla cechsztynu nawierconego w otworze Izdebno IG 1, zaś największą w otworze Obrzycko 1, przy czym w tym ostatnim omawiany kompleks skał nie został przebity. Natomiast utwory karbonu i w pewnej mierze dewonu charakteryzują się zróżnicowanymi własnościami sprężystymi w pionie, o czym świadczy liczba współczynników odbicia (tab. 1). Granice cechsztynu, sądząc ze średnich i największych wartości współczynników odbicia, winny odznaczać się dużą dynamiką refleksów. Biorąc za podstawę maksymalne wartości tych współczynników można uważać, że intensywne fale będzie się rejestrować także od utworów kredy i jury (rejon otworów Izdebno IG 1 i Kościerzyna IG 1). Należy podkreślić, że duże współczynniki odbicia uzyskano dla granic w karbonie i dewonie nawierconych w otworze Izdebno IG 1. Parametry te obliczone dla pozostałych skał podcechsztyńskich, w tym także i sylurskich, mają na tyle duże wartości, że przemawiają za celowością podjęcia prac doświadczalnych dla ustalenia metodyki badań refleksyjnych zapewniającej uzyskiwanie w obszarze basenu permского informacji o budowie geologicznej całego paleozoiku, a nie tylko jego górnej części.

Fig. 2. Szkic rozkładu dynamiki zapisu granic sejsmicznych Z_1 (a), Z_2 (b), i Z_3 (c) w rejonie Wolsztyna – Babimostu

Sketch map of distribution of seismic record dynamics for the boundaries Z_1 (a), Z_2 (b) and Z_3 (c) in the Wolsztyn – Babimost area

1 – profile sejsmiczne; 2 – strefy o refleksach intensywnych; 3 – strefy o niskiej dynamice refleksów; 4 – granica stref intensywności zapisu; 5 – otwory wiertnicze

1 – seismic profiles; 2 – zones of occurrence of intense reflections; 3 – zones of low reflection dynamics; 4 – boundary of zones differing in intensity of reflections; 5 – boreholes

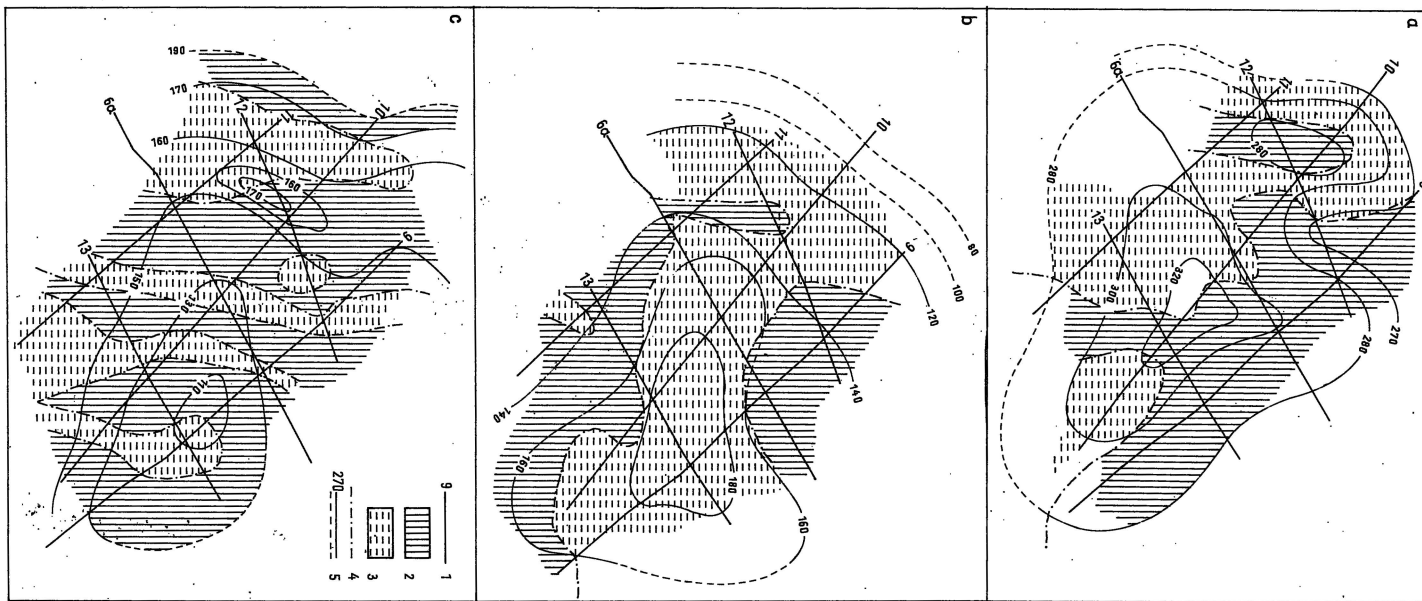


Fig. 3. Szkic rozkładu dynamiki zapisu granic cechsztyńskich Z_1 (a), Z_2 (b) i Z_3 (c) w rejonie Sierpca

Sketch map of distribution of reflection dynamics for Zechstein boundaries Z_1 (a), Z_2 (b) and Z_3 (c) in the Sierpc area

1 – profile sejsmiczne; 2 – strefy o refleksach intensywnych; 3 – strefy o niskiej dynamice refleksów; 4 – granice stref intensywności zapisu; 5 – izolinie miąższości skał w ms między granicami Z_1 i Z_3 , (a), między Z_1 i Z_2 , (b) i między Z_2 i Z_3 , (c); linia ciągła – przebieg pewny, linia przerywana – przebieg mniej pewny
 1 – seismic profiles; 2 – zones of occurrence of intense reflections; 3 – zones of low reflection dynamics; 4 – boundary of zones differing in intensity of reflections; 5 – isopachs in ms between boundaries Z_1 and Z_3 (a), between Z_1 and Z_2 (b), and between Z_2 and Z_3 (c); continuous line – controlled course, broken line – inferred course

Tabela 1

Zestawienie współczynników odbicia (K) dla skał nawierconych w otworach: Krynica Morska 2, Kościerzyna IG 1, Izdebno IG 1 i Obrzycko 1

Otwór	Okres	Głębokość (m)	Przedział zmian V_w (km/s)	Suma K/n $+K$	Suma K/n $-K$	Wartość śr. $\pm K$	Przedział zmian $\pm K$	Uwagi
Krynica Morska 2	Q+Trz	0-105	1,1-1,8	0,05/1	0,94/3	0,09	0,06-0,6	na granicy z permem 0,045
	K	105-520	1,6-2,5	0,00/0	0,13/3	0,04	0,04-0,06	
	J	520-690	2,0-2,6	0,15/2	0,06/1	0,06	0,02-0,13	
	T	690-1210	2,3-2,75	0,09/4	0,59/3	0,08	0,01-0,09	
	P	1210-1565	3,7-6,3	1,36/6	1,42/6	0,23	0,05-0,33	
	S	1565-2735	2,75-4,7	0,28/10	0,50/11	0,04	0,01-0,12	
	O	2735-2810	3,3-5,2	0,27/5	0,21/4	0,05	0,02-0,12	
	Cm	2810-3070	4,2-5,3	0,50/9	0,50/9	0,05	0,02-0,10	
Pt	3070-3100	6,3		0,22/1	0,22	0,22	na granicy z kambrem	
Kościerzyna IG 1	Q+Trz	0-240	1,75-1,85	0,07/3	0,06/5	0,02	0,01-0,04	-
	K	240-850	2,1-5,0	0,87/7	1,02/8	0,12	0,03-0,39	
	J	850-1090	2,45-4,7	0,50/8	0,35/2	0,08	0,04-0,30	
	T	1090-1716	2,5-3,8	0,82/18	0,99/22	0,04	0,02-0,09	
	P	1716-2100	4,55-6,05	0,83/5	0,70/3	0,19	0,06-0,29	
	S	2100-4390	3,4-5,3	1,48/53	1,42/52	0,03	0,01-0,11	
	O	4390-4420	3,8-6,4	0,15/2	0,25/3	0,08	0,03-0,17	
	Cm	4420-5030	4,7-6,4	0,62/21	0,58/20	0,03	0,01-0,07	
	Eo	5030-5150	4,85-5,5	0,12/6	0,11/5	0,02	0,01-0,14	
Pt	5150-5200	5,2-7,0	0,16/2	0,28/3	0,09	0,02-0,15		
Izdebno IG 1	Q	0-120	1,75-2,05	0,08/2	0,07/1	0,05	0,04-0,07	na granicy z permem 0,35
	K	120-1000	1,9-5,2	0,38/5	1,38/15	0,09	0,02-0,33	
	J	1000-1370	2,6-5,2	1,39/12	1,11/12	0,1	0,03-0,37	
	T	1370-1750	2,45-5,2	1,13/11	1,25/15	0,09	0,03-0,12	
	P	1750-1886	4,05-6,2	0,33/2	0,45/5	0,11	0,02-0,25	
	C	1886-2898	2,0-5,3	5,89/60	6,1/54	0,11	0,02-0,23	
	D	2898-3750	4,0-6,1	1,4/23	1,35/24	0,06	0,01-0,18	
Obrzycko 1	Q+Trz	0-190	1,6-1,8	0,05/1	0,83/3	0,22	0,05-0,65	-
	K	190-1020	2,1-3,3	0,37/9	0,54/12	0,04	0,02-0,1	
	J	1020-1695	2,65-3,8	1,09/19	1,12/18	0,06	0,01-0,15	
	T	1695-3230	2,6-5,9	2,6/31	3,08/37	0,08	0,02-0,25	
	P	3230-4160	3,2-6,2	1,23/9	1,2/7	0,15	0,05-0,30	

Uwaga: w zestawieniu pominięto wartości K w strefie małych prędkości.

REFLEKSY CECHSZTYŃSKIE I GŁĘBSZE W ŚWIETLE WYNIKÓW PIONOWYCH PROFILOWAŃ SEJSMICZNYCH I SEJSMOGRAMÓW SYNTETYCZNYCH

Wyniki pionowych profilowań sejsmicznych stanowią ważną informację o kinematycznych i dynamicznych cechach fal, powstających i rozchodzących się w ośrodku skalnym, jak również pozwalają na dokładne przyporządkowanie refleksów granicom geologicznym. Zasadnicza uwaga zostanie dalej zwrócona na liczbę i intensywność zapisu refleksów cechsztyńskich oraz głębszych, paleozoicznych. Wyniki pionowych profilowań sejsmicznych (PPS), uzyskane podczas pomiarów w otworach usytuowanych w różnych jednostkach geologicznych, ilustrują fig. 4–7. Otwory Krynica Morska 2 i Kościerzyna IG 1 położone są na obszarze syneklizy perybałtyckiej, gdzie miąższość cechsztynu nie przekracza 400 m. Istnieje tu duże zróżnicowanie prędkości warstwowych utworów cechsztyńskich i nadkładu (T. Krynicki, 1980), co znajduje odzwierciedlenie w intensywności fal odbitych od stropu cechsztynu, uzyskanych przy pomiarach PPS oraz badaniach powierzchniowych. Na podstawie wyników z otworu Krynica Morska 2 (fig. 4) można stwierdzić, że fale odbite I i III są najintensywniejsze i pochodzą od przystropowej i przyspągowej partii cechsztynu. Podobny zapis pod względem liczby i dynamiki fal cechsztyńskich uzyskano w otworze Kościerzyna IG 1 (fig. 5). Oprócz refleksów cechsztyńskich dobrze widoczne są także fale odbite od kompleksu skał niżej występujących. W przedziale utworów sylurskich wyznaczyć można 4 granice odbijające, chociaż intensywność fal je tworzących (IV, V, VI i VII) jest niska. Refleksy głębsze, prawdopodobnie podsylurskie (VIII, IX i X), są dynamiczne i ich wyznaczenie nie stwarza trudności. Ostatni z nich występuje na czasie około 3,1 s.

W pionowym profilowaniu sejsmicznym w otworze Śrem 1 (fig. 6) odwierconym na monoklinie przedsudeckiej granice cechsztyńskie I, II i III należy zaliczyć do najbardziej dynamicznych. Charakterystyczne jest, że na sejsmogramie połowym najlepszą wyrazistością odznacza się fala I, podczas gdy w materiałach pionowych profilowań sejsmicznych najlepszą dynamikę mają fale II i III. Oprócz refleksów cechsztyńskich wyniki pionowych profilowań pozwalają prześledzić także dwie fale głębsze, podcechsztyńskie IV i V, które nie wydają się być wielokrotne. Jednocześnie trzeba stwierdzić, że są one bardzo trudne do wyznaczenia na połowym sejsmogramie powierzchniowym.

Interesujący obraz falowy uzyskano podczas pomiarów w otworze Obrzycko 1 (fig. 7) położonym w niecce szczecińskiej, mimo że w przedziale głębokości 50–750 m występują intensywne zakłócenia. Zarejestrowano 4 fale odbite od granic wiązanych z utworami cechsztyńskimi, przy czym najbardziej intensywna jest fala III, podczas gdy na sejsmogramie powierzchniowym najlepszą dynamikę ma fala II. Na podstawie obrazu falowego można stwierdzić, że metodą refleksyjną winno się uzyskiwać także granice głębsze, podcechsztyńskie, chociaż ze względu na wspomniane zakłócenia trudno jest określić ich drogę przebiegu i czasy rejestracji.

Możliwości metody refleksyjnej mogą być także oceniane na podstawie sejsmogramów syntetycznych. Obliczono je przy założeniu pewnych uproszczeń budowy ośrodka skalnego (A. Klecan, F. Kochel, 1973). Należy odnotować, że uproszczenia wprowadzane przy obliczeniach mogą być przyczyną różnic w zapisie obrazu falowego na sejsmogramach syntetycznych i połowych.

Charakter zapisu granic cechsztyńskich i głębszych można rozpatrzyć na przykładzie sejsmogramu syntetycznego, obliczonego na podstawie pomiarów uzyskanych w otworze Izdebno IG 1 (fig. 8). W przedziale czasu występowania cechsztynu

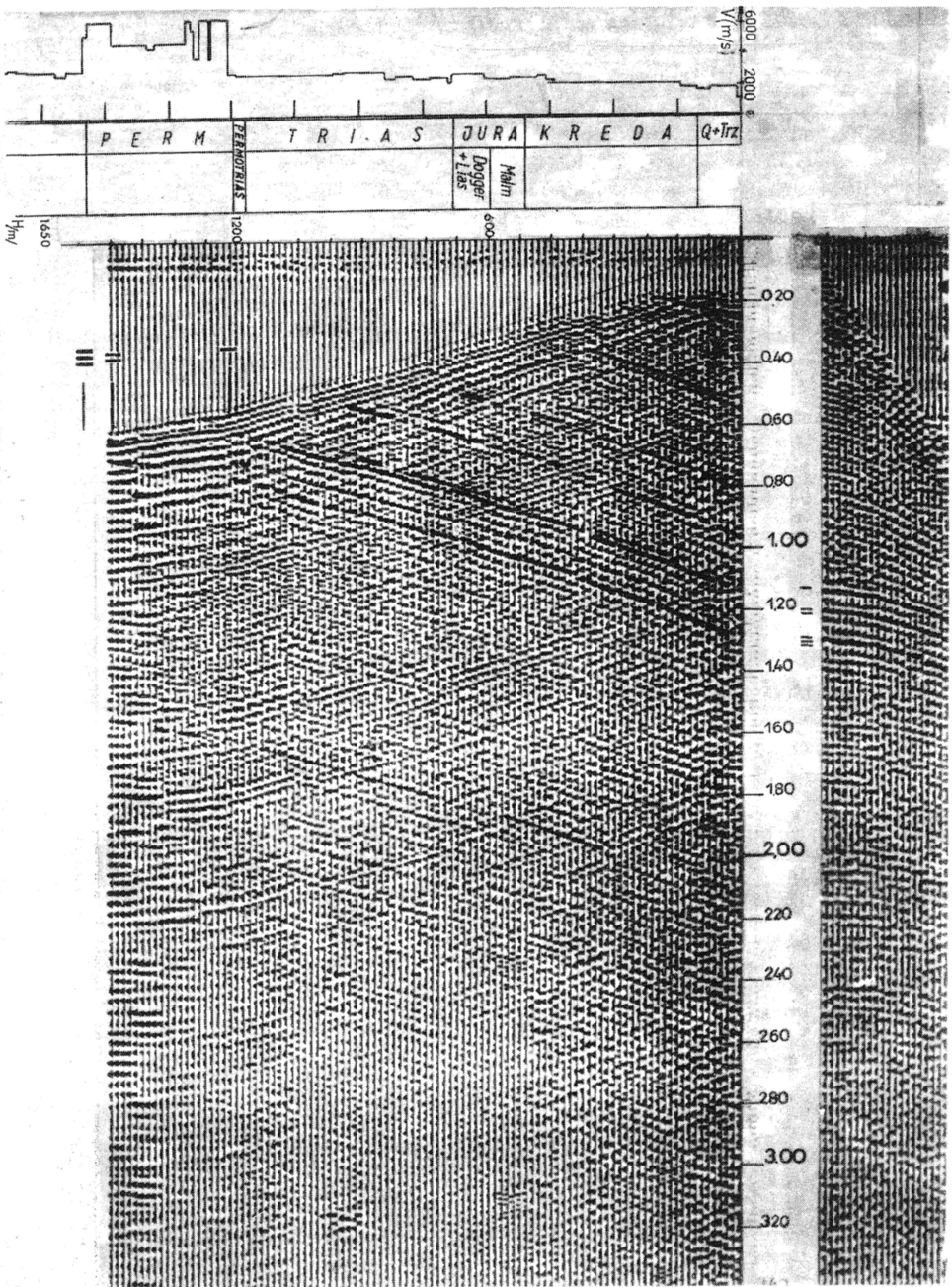


Fig. 4. Wyniki pionowych profilowań sejsmicznych uzyskane w otworze Krynica Morska 2
Results of vertical seismic profiling in the borehole Krynica Morska 2

I, II, III – refleksy cechstyńskie
I, II, III – Zechstein reflections

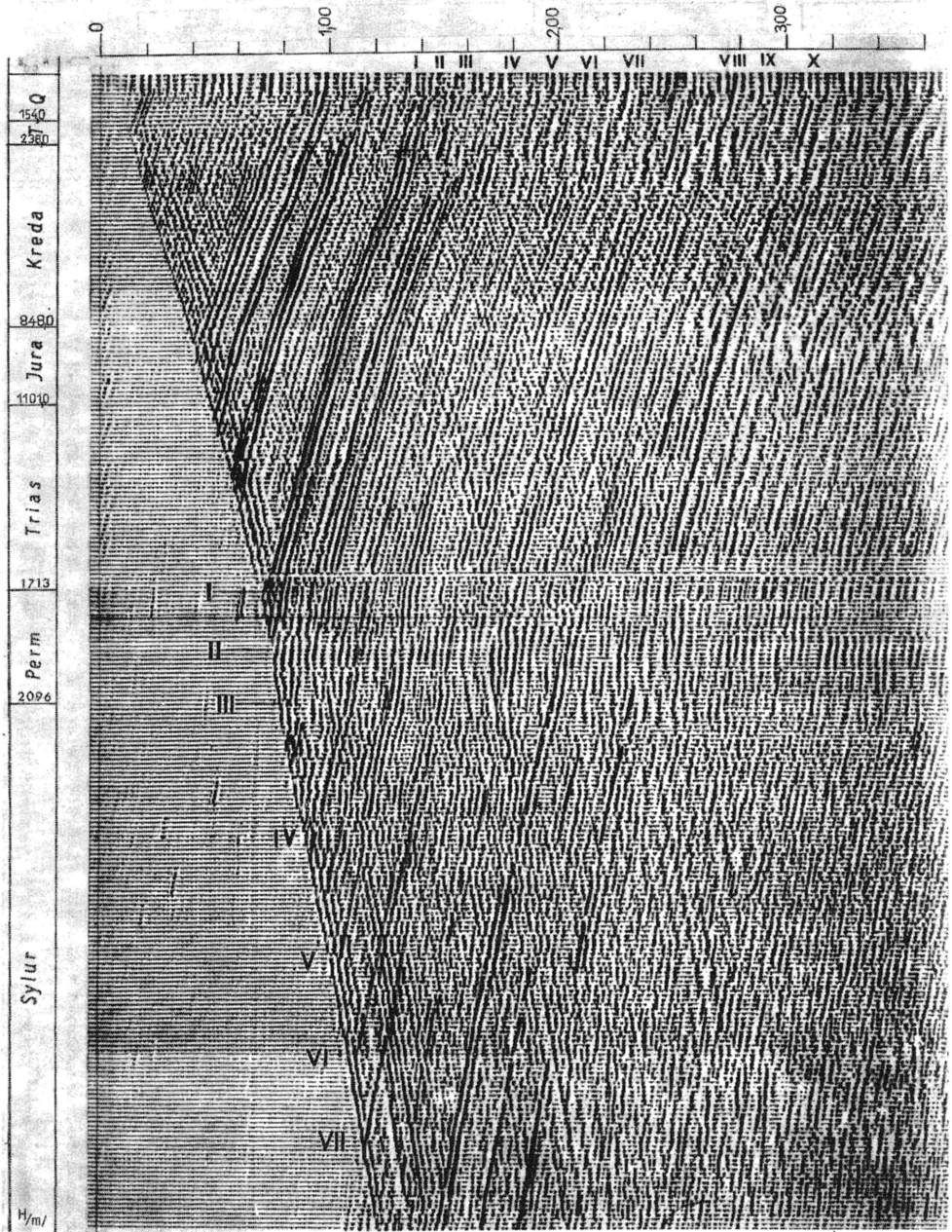


Fig. 5. Wyniki pionowych profilowań sejsmicznych uzyskane w otworze Kościerzyna IG 1
Results of vertical seismic profiling in the borehole Kościerzyna IG 1

I, II, III – refleksy cechsztyńskie; IV, V, VI, VII – refleksy sylurskie; VIII, IX, X – granice odbijające, dolno-paleozoiczne
I, II, III – Zechstein reflections; IV, V, VI, VII – Silurian reflections; VIII, IX, X – Lower Paleozoic reflectors

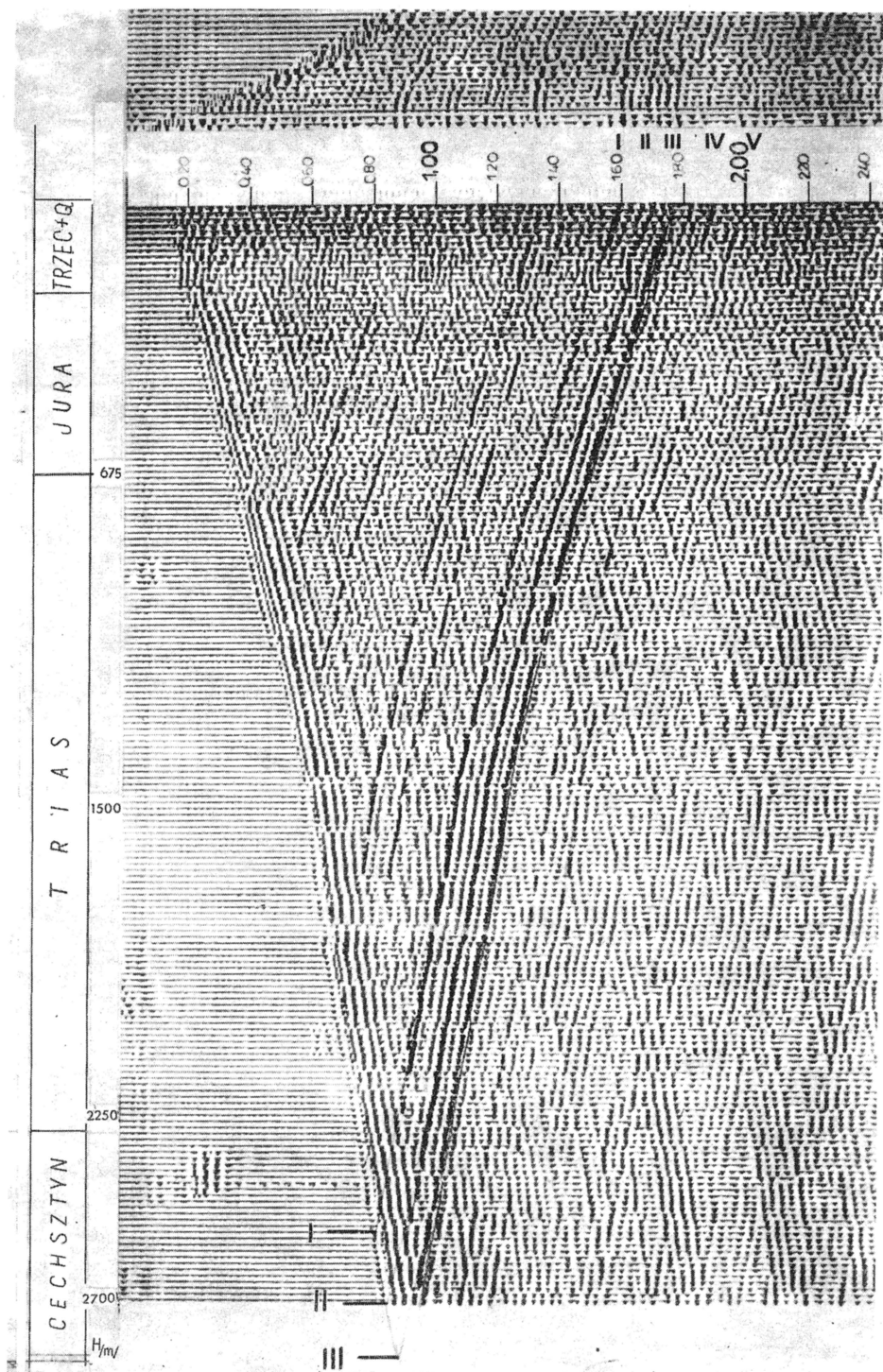


Fig. 6. Wyniki pionowych profilowań sejsmicznych uzyskane w otworze Śrem 1
 Results of vertical seismic profiling in the borehole Śrem 1

I, II, III – refleksy cechsztyńskie; IV, V – fale odbite od utworów podcechsztyńskich
 I, II, III – Zechstein reflections; IV, V – waves reflected from sub-Zechstein rocks

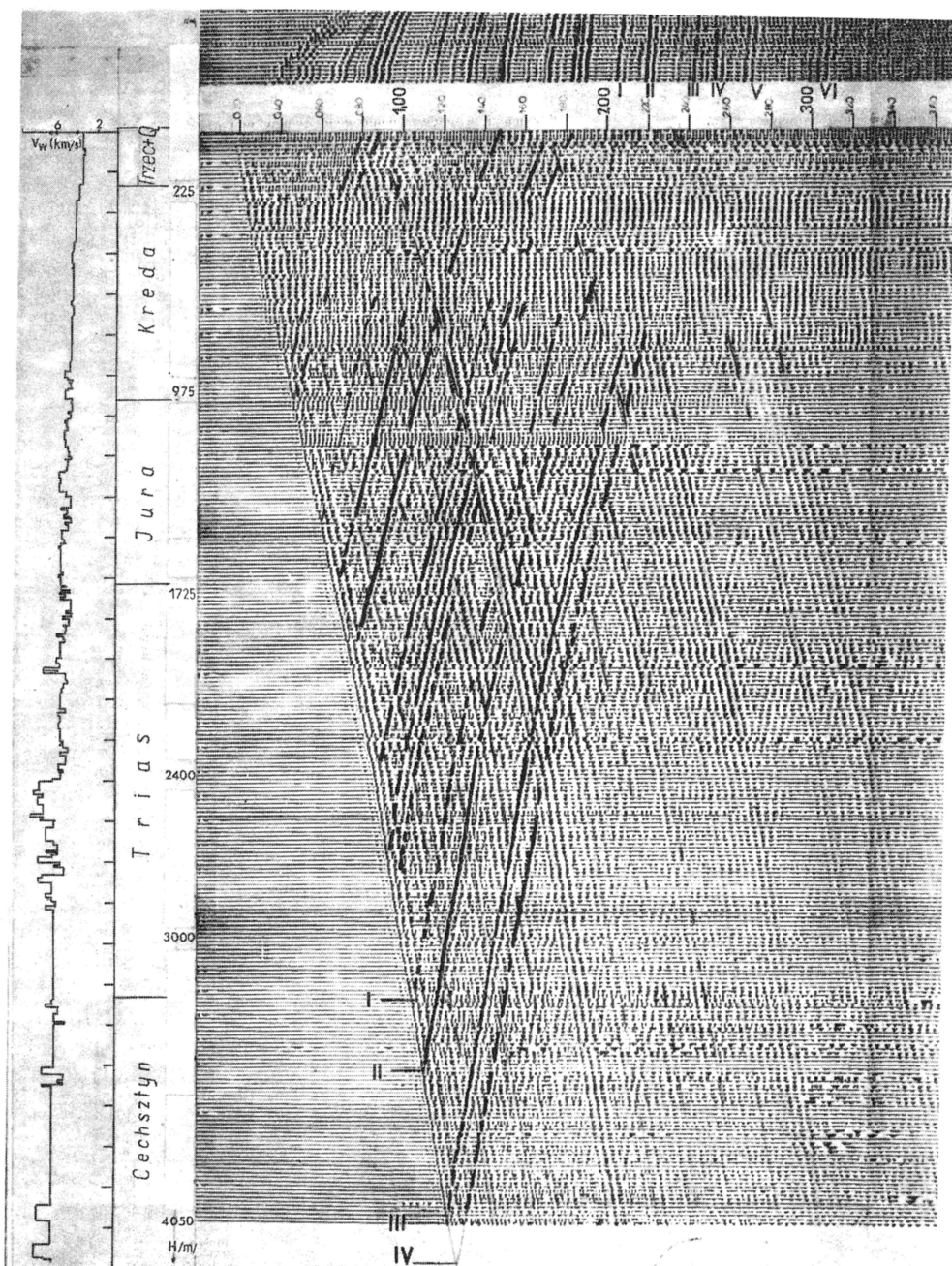


Fig. 7. Wyniki pionowych profilowań sejsmicznych uzyskane w otworze Obrzycko 1
 Results of vertical seismic profiling in the borehole Obrzycko 1

I, II, III, IV – refleksy cechsztyńskie, V, VI – prawdopodobnie fale rzeczywiste, podcechsztyńskie
 I, II, III, IV – Zechstein reflections; V, VI – presumably real sub-Zechstein waves

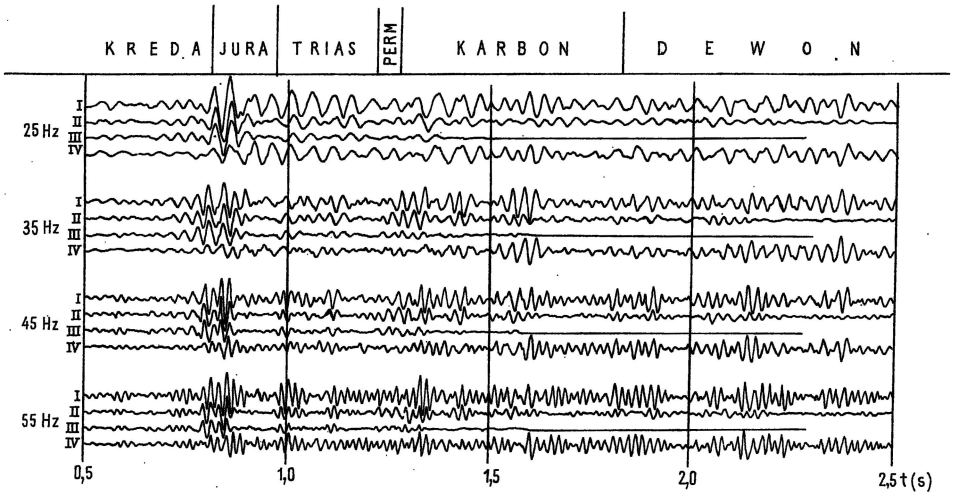


Fig. 8. Sejsmogram syntetyczny obliczony na podstawie danych pomierzonych w otworze Izdebnio IG 1
Synthetic seismogram, calculated on the basis of measurements taken in the borehole Izdebnio IG 1

25, 35, 45, 55 Hz – dominujące częstotliwości stosowane w obliczeniach; I – trasy ilustrujące fale rzeczywiste i wielokrotne odbite od powierzchni ziemi; II – trasy obrazujące zapis bez uwzględnienia fal wielokrotnych związanych ze strefą małych prędkości; III – trasy przedstawiające tylko fale rzeczywiste; IV – trasy z zapisem fal wielokrotnych związanych ze strefą małych prędkości

25, 35, 45, 55 Hz – dominating frequency, used in calculations; I – paths illustrating real waves and those repeatedly reflected at the surface; II – paths illustrating record neglecting multiple waves, related to low velocity zone; III – paths illustrating real waves only; IV – paths illustrating multiple waves, related to low velocity zone

i częściowo karbonu wyodrębniono trójfazowy refleks, przy czym ostatnia faza ma największą amplitudę. Podczas stosowania filtrów przenoszących wyższe częstotliwości (45 Hz) uzyskuje się wyraźne rozdzielenie refleksu, przy czym fala odbita od granicy karbońskiej ma większe amplitudy niż fala cechsztyńska. Charakterystyczne jest, że na trasie III przedstawiającej sejsmogram syntetyczny bez uwzględnienia fal wielokrotnych nie obserwuje się refleksów rzeczywistych powyżej czasu 1,350 s (A. Klecan, F. Kochel, 1973). Nie wydaje się jednak, aby na granicach utworów karbonu i dewonu zalegających głębiej nie mogły powstawać fale odbite, co wynikałoby z zapisu trasy III. Nie wnikając w przyczyny takiego obrazu falo-wego, występującego na trasie III sejsmogramu syntetycznego, można uważać, że cechsztyń w rejonie otworu Izdebnio IG 1 nie powinien stanowić przeszkody w powstaniu refleksów od utworów karbońskich i ewentualnie głębszych. Refleksy takie winny powstawać, gdyż występuje zróżnicowanie oporności akustycznych, od których zależą wielkości współczynników odbicia (tab. 1). Na sejsmogramie syntetycznym opracowanym bez uwzględnienia fal wielokrotnych, odbitych od spągu strefy małych prędkości (trasa II – fig. 8) w przedziale czasów występowania karbonu i dewonu, zaznaczają się niewielkie amplitudy fal, które można uważać za odbicia rzeczywiste. Refleksy podcechsztyńskie są dobrze widoczne także na sejsmogramach syntetycznych otworów Krynica Morska 2 i Kościerzyna IG 1 (A. Klecan, F. Kochel, 1973). Na sejsmogramie obliczonym na podstawie pomiarów wykonanych w pierwszym otworze uzyskano falę odbitą od skał sylurskich występującą na czasie około 1,780 s i następnie fale głębsze na czasach 1,9, 2,1 i 2,2 s.

Podobne refleksy sylurskie widoczne są na sejsmogramie syntetycznym opracowanym dla otworu Kościerzyna IG 1. Występują one na czasach około 1,850,

2,050, 2,200 i 2,550 s, a refleksy niższe na czasach 2,750, 2,950, 3,050 i 3,200 s. Należy odnotować, że obraz falowy przedstawiony na sejsmogramach syntetycznych jest zgodny z wynikami pionowych profilowań sejsmicznych. Tak więc zarówno pionowe profilowania sejsmiczne, jak i sejsmogramy syntetyczne potwierdzają powstawanie fal odbitych na granicach skał występujących poniżej kompleksu cechsztyńskiego.

Jednakże na sejsmogramach połowych i przekrojach uzyskanych przy zastosowaniu wysokiej krotności pokrycia nie obserwuje się w zasadzie wyraźnych refleksów od paleozoiku podpermskiego, a te granice, które są nawet wyznaczane (L. Knieszner, W. Solawa, 1980), należy zaliczyć do umownych. Niemniej, zdaniem autora, brak jest podstaw do twierdzenia o szczególnych własnościach skał cechsztyńskich, ekranujących energię fal sprężystych. Przeciwno takiemu twierdzeniu wydaje się świadczyć wiele faktów. Wyniki pionowych profilowań sejsmicznych wskazują, że fale sprężyste przenikają poniżej utworów cechsztyńskich i odbijają się od granic głębszych.

Trudno jest także mówić o zauważalnym zmniejszaniu się intensywności zapisu refleksów cechsztyńskich wraz z głębokością niezależnie od liczby fal odbitych od granic utworów cechsztynu, co winno nastąpić, gdyby przyjęć istnienie ekranujących własności tego kompleksu skalnego.

W innych basenach sedymentacyjnych, w których występują znaczne miąższości soli, anhydrytów i dolomitów, a więc skał typowych dla cechsztynu, rejestruje się fale odbite spod tych warstw (N.W. Niewolin, N.J. Kunin, 1977), jednak pod warunkiem zastosowania bogatej metodyki prac połowych.

Jednocześnie faktem jest, iż fala sprężysta po przejściu przez skalny ośrodek cienkowarstwowy, a do takiego trzeba zaliczyć kompleks cechsztyński, ma 2–3-krotnie mniejszą amplitudę niż w przypadku przejścia przez warstwy o większych miąższościach i podobnych własnościach fizycznych (L.I. Ratnikowa, 1973). Jednakże nie wydaje się, ażeby ten czynnik miał decydujący wpływ na intensywność zapisu fal podcechsztyńskich, ponieważ zarówno skały tworzące nadkład, jak i podłoże cechsztynu należy zaliczyć do cienkich, gdyż ich miąższości nie przekraczają w zasadzie podwójnej długości fal rozchodzących się w ośrodku skalnym.

W związku z powyższym należy uważać, iż trudności w uzyskiwaniu fal podcechsztyńskich tkwią w złożonej budowie paleozoiku podpermskiego, przejawiającej się występowaniem licznych uskoków oraz nierównych granic odbijających powodujących rozproszenie energii fal sprężystych. Nierówności granic odbijających ograniczają możliwości wykorzystania efektu składania, a zatem i wzmacniania fal odbitych od tych samych punktów na granicach sejsmicznych, co utrudnia wykorzystanie zalet metody wielokrotnych profilowań.

Należy sądzić, że podstawową przeszkodę w uzyskiwaniu refleksów podcechsztyńskich stanowią fale zakłócające, dla stłumienia których niezbędne jest stosowanie wydłużonych do kilkuset metrów baz otworów i geofonów, prostopadłych do profilu. Poza tym wydłużone bazy grupowania otworów pozwalają na emisję maksymalnej ilości energii w żądanym kierunku, a tym samym na zwiększenie amplitud fal odbitych.

PIŚMIENNICTWO

- CHLEBOWSKI R. (1977) – Dedolomityzacja w anhydrytach cechsztynu monokliny przedsudeckiej. *Prz. Geol.*, **25**, p. 445–450, nr 8–9.
- KLECAN A., KOCHÉL F. (1973) – Sejsmogramy syntetyczne i wyniki profilowań akustycznych. Arch. PGGN. Toruń.
- 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. (1980) – Sprężyste własności utworów cechsztyńskich. *Kwart. Geol.*, **24**, p. 593–610, nr 3.
- POŻARYSKI W., TOMCZYK H., BROCHWICZ-LEWIŃSKI W. (1980) – Tektonika paleozoiku podpermskiego obszaru warszawskiego. *Prz. Geol.*, **28**, p. 73–81, nr 2.
- ГУРВИЧ И.И. (1970) – Сейсмическая разведка. Изд. Недра. Москва.
- НЕВОЛИН Н.В., КУНИН Н.Я. (1977) – Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности солянокупольных бассейнов материков по геофизическим данным. Изд. Недра. Москва.
- РАТНИКОВА Л.И. (1973) – Методы расчёта сейсмических волн в тонкослоистых средах. Изд. Недра. Москва.

Тадеуш КРЫНИЦКИ

ЦЕХШТЕЙНОВЫЕ ПОРОДЫ И ПРОБЛЕМА РЕГИСТРАЦИИ ГЛУБОКИХ СЕЙСМИЧЕСКИХ ГРАНИЦ МЕТОДОМ ОТРАЖЕННЫХ ВОЛН

Резюме

Изучение геологического строения цехштейна методом отражённых волн является весьма сложной задачей. Существует мнение, что причиной неудовлетворительных сейсмических данных, получаемых по упомянутому комплексу, является влияние цехштейновых пород, экранирующих волны. В статье приводится характеристика записи волн, отражённых от цехштейновых границ. Дан анализ величины коэффициента отражения от палеозойских пород. Рассмотрены результаты вертикального сейсмокаротажа и сводных сейсмограмм, с особым учётом волновой картины по цехштейновым и более глубоким отложениям. Согласно анализу волновой картины высказывается мнение о том, что цехштейновые породы не обязательно должны быть экраном, не позволяющим получать отражения от подцехштейнового комплекса, а эффективность сейсмического метода отражённых волн может быть увеличена за счёт ослабления поверхностных волн-помех. Поверхностные волны будут эффективно гаситься путём группировки геофонов на удлинённых базах, в том числе перпендикулярных к направлению профиля.

Tadeusz KRYNICKI

**ZECHSTEIN DEPOSITS AND THE QUESTION OF SURVEYING DEEP SEISMIC
BOUNDARIES WITH THE USE OF REFLECTION METHOD**

S u m m a r y

The studies on geological structure of sub-Zechstein rocks with the use of reflection seismic method appear difficult. It is widely held that unsatisfactory results of seismic surveys of that complex are due to screening of energy of elastic waves by Zechstein cover. The paper presents characteristics of waves reflected from Zechstein boundaries and analysis of values of reflection coefficients for Paleozoic rocks. The results of vertical seismic profiling and synthetic seismograms are discussed and a special attention is paid to wave image obtained for Zechstein and deeper-seated rocks. The analysis of that wave image showed that Zechstein rocks may not act as a screen precluding any record of waves reflected from sub-Zechstein complex. The effectiveness of reflection seismic surveys may be increased by weakening of disturbing surface waves. Such waves may be effectively kept down by appropriate distribution of boreholes and geophones along elongate bases, also in directions perpendicular to the profile.