

ZASTOSOWANIE METODY PROFILOWANIA AKUSTYCZNEGO DO WYZNACZANIA LITOLOGII I POROWATOŚCI SKAŁ

UKID 550.532.44:539.217.1:[532.541/.542+552.531+552.535]:551.733.1/.761(438.16)

Profilowanie akustyczne jest jedną z nowoczesnych metod geofizyki wiertniczej. Metoda ta na Zachodzie stosowana jest do rozwiązywania różnych problemów geologicznych od 1952 r. (5). Początkowo do wykonywania pomiarów używano sondy z jednym nadajnikiem i jednym odbiornikiem. Nie dawała ona jednak zadowalających wyników ze względu na duży wpływ warunków otworowych na mierzone parametry fizyczne skał. Stąd też w następnych latach skonstruowano sondy z dwoma odbiornikami i jednym nadajnikiem (2, 9, 3) oraz z trzema odbiornikami i jednym nadajnikiem. Te ulepszone sondy umożliwiały uzyskanie lepszych wyników niż sondą jednoodbiornikową, jednak nie udało się zlikwidować do minimum wpływu warunków otworowych na wyniki pomiarów profilowania akustycznego.

Od 1965 r. firma Schlumberger (4) wprowadziła do produkcji nową sondę typu BHC (borehole compensated sonic log). Obecnie jest to jedna z najnowocześniejszych sond stosowanych na Zachodzie. Sonda ta składa się z dwóch nadajników umieszczonych u dołu i u góry sondy, w odległości 3 stóp oraz z czterech odbiorników umieszczonych symetrycznie względem siebie w odległości 2 stóp. Dzięki zastosowaniu takiego systemu sondy pomiarowej (dwa nadajniki i cztery odbiorniki) wpływy warunków otworowych na wyniki pomiarów są eliminowane automatycznie w trakcie wykonywania badań. Sygnały z każdego nadajnika odbierane są przez dwa odbiorniki. Natomiast efekty zaburzeń rzeczywistych wartości czasów interwałowych, które są spowodowane nierównościami ścianek odwiertu są rejestrowane przez obie pary odbiorni-

ków, lecz ze znakiem przeciwnym i stąd też rejestrowane średnie wartości czasów interwałowych są wolne od błędów. Wartości czasów interwałowych (Δt) są uśredniane automatycznie przez elektroniczne urządzenie cyfrowe, które ma także za zadanie całkowanie wartości tych czasów.

Otrzymane w ten sposób czasy sumaryczne przedstawiają czas przejścia fal akustycznych od miejsca rozpoczęcia pomiarów na daną głębokość. Oprócz rejestracji czasów interwałowych ciągłych Δt rejestrowane są również czasy interwałowe nieciągłe — co jedną milisekundę. Te ostatnie są bardzo ważne w przypadku, gdy badany interwał jest niejednorodny — to znaczy Δt nie jest constans i w związku z tym trudno jest wyznaczyć go dokładnie. W takich przypadkach czas Δt wyznacza się z rejestracji czasów interwałowych nieciągłych, dzieląc wartości odczytanego czasu dla całego interwału przez jego długość. Dodatkowo wraz z pomiarem Δt ciągłym i nieciągłym wykonuje się za pomocą omawianej sondy pomiar naturalnego promieniowania gamma. Omawiana sonda jest przystosowana do wykonywania pomiarów w temperaturze do 260 °C i ciśnieniu 1360 atm.

W Polsce pomiary profilowania akustycznego wprowadzone zostały po raz pierwszy w 1965 r. przez Przedsiębiorstwo Geofizyki Przemysłu Naftowego, a używaną w nich sondę skonstruował Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN. Jest to sonda analogiczna w założeniach do sondy amerykańskiej z 1952 r., tj. z jednym odbiornikiem i jednym nadajnikiem. Obecnie skonstruowano sondę nowego typu (IPPT — PAN): z dwoma odbiornikami i jednym nadajnikiem, której zastosowanie znajduje się w stadium eksperymentalnym. Oprócz wspomnianej wyżej sondy jednodiodowej w Polsce wykonywane są od pewnego czasu przez ekspertów radzieckich również pomiary najnowszą sondą radziecką typu ŁAK — 2 (1967) z dwoma nadajnikami i jednym odbiornikiem, która jest przystosowana do prac w temperaturze do 120 °C. Otrzymane wyniki pomiarowe wykonywane sondą ŁAK-2 są zadowalające.

Profilowanie akustyczne służy przede wszystkim do określania litologii przewierconych warstw oraz ich porowatości. Oprócz tego metoda ta jest również bardzo przydatna do wykrywania wzdłuż badanego otworu wody i gazu oraz dla sporządzenia syntetycznego profilu sejsmicznego. Podstawowy parametr, który jest zarejestrowany z pomiarów profilowania akustycznego, to parametr Δt lub V — tj. czas, lub prędkość przebiegu fali ultradźwiękowej od nadajnika impulsów poprzez badaną skałę do odbiornika. Prędkość dźwięku teoretycznie określa się ze wzoru:

$$V = \left(\frac{E + 4/3 \mu}{\rho} \right)^{1/2} \quad [1]$$

gdzie: E — moduł sprężystości Younga;
 μ — współczynnik sztywności Lammego;
 ρ — gęstość badanego ośrodka.

Jak wynika z przytoczonej wyżej zależności prędkość rozchodzenia się fali ultradźwiękowej jest odwrotnie proporcjonalna do wartości gęstości badanej skały (ρ), a wprost proporcjonalna do parametrów E i μ . Omawiana zależność może być stosowana zarówno dla skał homogenicznych, jak i heterogenicznych przy założeniu, że wielkość średnicy ziaren wchodzących w skład ciała niejednorodnego (heterogenicznego) jest mniejsza od długości rozważanych fal ultradźwiękowych (λ). Fakt, że prędkość rozchodzenia się fal akustycznych (V) zależy w sposób prosty od własności sprężystych badanych skał, umożliwia zastosowanie omawianej metody do rozwiązywania różnych zagadnień geologicznych. Prędkość rozchodzenia się fal akustycznych uzależniona jest ściśle od rodzaju badanych formacji skalnych, ich struktury, tekstury porowatości, gęstości oraz rodzaju i ilości płynu wypełniającego pory. W związku z powyższym pomiar profi-

lowania akustycznego pozwala na zróżnicowanie w sposób szczegółowy profilu litologicznego przewierconych warstw w zależności od zmian parametrów Δt lub V , tj. zależnie od czasów interwałowych rozchodzenia się fal akustycznych lub prędkości warstwowych.

Profilowanie akustyczne stosowane jest przede wszystkim do badania skał związanych o jednorodnej i intergranularnej (pierwotnej) porowatości, bowiem w przypadku skał posiadających porowatość wtórną (skały spękane i szczelinowate) omawiana metoda nie może być zastosowana do wyznaczania porowatości rzeczywistych. W tym ostatnim przypadku metoda ta wykorzystywana jest w sposób pośredni przy jednoczesnym zastosowaniu pomiaru profilowania gamma-gamma gęstościowego, z którego otrzymuje się porowatość sumaryczną (pierwotna + wtórna). Mając porowatość pierwotną wyznaczoną z profilowania akustycznego (φ_1) oraz porowatość sumaryczną ($\varphi_1 + \varphi_2$) z FDC (profilowanie gamma-gamma gęstościowe) łatwo jest znaleźć porowatość wtórną (φ_2) w sposób następujący:

$$\varphi_2 = (\varphi_1 + \varphi_2) - \varphi_1 \quad [2]$$

Porowatość pierwotną (φ_1) można ustalić na podstawie następującego wzoru doświadczalnego ustalonego przez M.R.J. Wylliego (12).

$$\frac{1}{V} = \frac{\varphi_1}{Vf} + \frac{(1 - \varphi_1)}{Vma} \quad [3]$$

gdzie: V — średnia prędkość warstwowa rozchodzenia się fal akustycznych odczytana bezpośrednio z diagramów profilowania akustycznego;

Vf — prędkość fali w płynie wypełniającym pory skał;

Vma — maksymalna prędkość w szkielecie badanych skał.

Ponieważ prędkość rozchodzenia się fal akustycznych na jednostkę długości sondy równa się $\frac{10^6}{\Delta t}$ (gdzie: Δt — średni czas interwałowy w mikrosekundach [3, 6], to stawiając te wartości na miejscu $\frac{1}{V}$ ze związku [3] otrzymujemy zależność:

$$\varphi_1 = \frac{\Delta t - \Delta tma}{\Delta tf - \Delta tma} \quad [4]$$

gdzie: Δt — czas interwałowy odczytany bezpośrednio z diagramów pomiarowych;

Δtf — czas przejścia fal akustycznych przez płyn wypełniający pory skał = 180 μ s/stope;

Δtma — najmniejsza wartość Δt badanych skał.

Wzór [4] może być zastosowany tylko wtedy, gdy skały o jednolitej porowatości intergranularnej nie są zailone i nie są nasycone węglowodorami. W przypadku, gdy badane skały zawierają materiał ilasty (7, 8) ich porowatość wyznaczamy ze wzoru:

$$\varphi = \varphi_1 + P \frac{\Delta ti - \Delta tma}{\Delta tf - \Delta tma} \quad [5]$$

gdzie: φ — rzeczywista porowatość badanych skał;

φ_1 — porowatość tych samych litologicznie skał, lecz niezailonych;

P — % zawartość materiału ilastego w skale;
 t_i — wartość Δt odczytana z diagramów pomiarowych dla skał ilastych.

Wartość P wyznacza się albo ze specjalnie sporządzonych wykresów (3—14), albo z następujących wzorów:

$$P = \frac{GR - GR_1}{GR_i - GR_1} \dots \dots \dots [6]$$

$$P = 1 - \frac{PSP}{SSP} \dots \dots \dots [7]$$

$$P = \sqrt{\frac{R_i}{R_t}} \dots \dots \dots [8]$$

- gdzie: GR — wielkość natężenia promieniowania gamma odczytana z diagramów pomiarowych naprzeciw warstwy zailonej;
 GR_1 — jak wyżej, lecz odczytana naprzeciw warstwy czystej;
 GR_i — wielkość natężenia promieniowania gamma odczytana naprzeciw warstwy ilastej;
 PSP — pseudostatyczne wartości profilowania potencjałów polaryzacji własnej (PS) odczytane z diagramów PS;
 SSP — statyczne wartości PS odczytane z diagramów profilowania potencjałów polaryzacji własnej;
 R_i — oporność rzeczywista warstwy zailonej;
 R_t — oporność rzeczywista tej samej litologicznej warstwy lecz niezailonej.

W przypadku, gdy badane skały są nasycone węglowodorami (14) porowatość rzeczywistą tych skał (φ) wyznacza się ze wzoru:

$$\varphi = \varphi_1 \cdot S_{rh} \cdot \frac{\Delta t_h - \Delta t_{ma}}{\Delta t_f - \Delta t_{ma}} \dots \dots \dots [9]$$

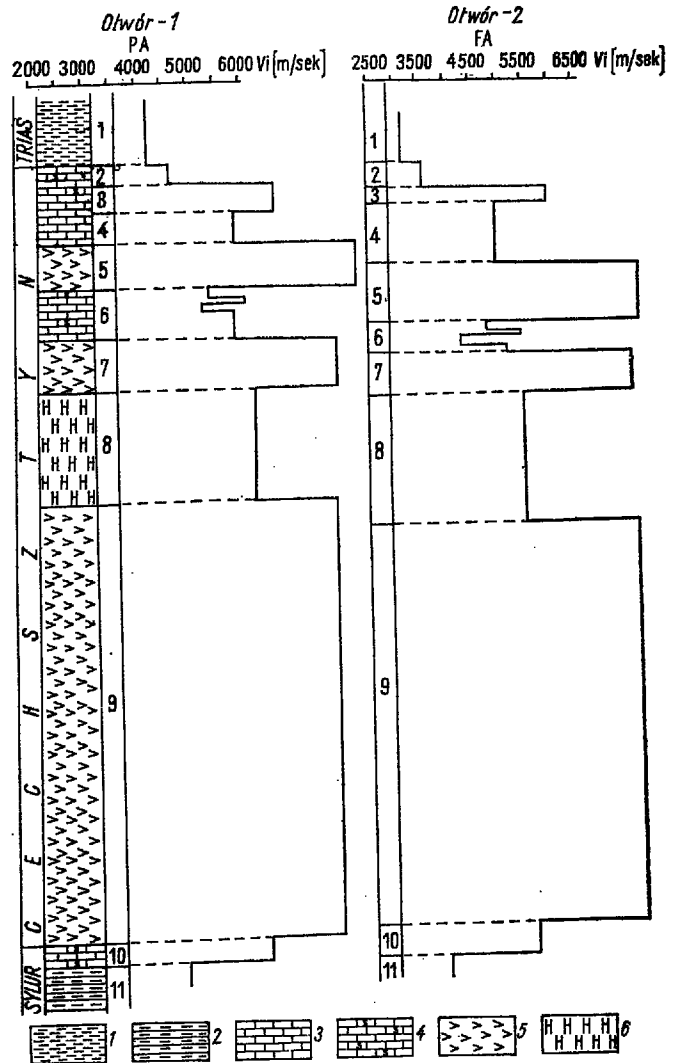
- gdzie: Δt_h — wartość Δt odczytana z diagramów profilowania akustycznego naprzeciw warstw nasyconych węglowodorami;
 S_{rh} — resztkowe nasycenia węglowodorami (%).

Wartość S_{rh} (14) można wyznaczyć ze wzoru:

$$\frac{1}{R_{zo}} = \frac{\varphi_1^2 (1 - S_{rh})^2}{0,8 R_{mf}} \dots \dots \dots [10]$$

- gdzie: R_{zo} — oporność rzeczywista strefy przepłukanej wyznaczona z mikroprofilowania oporności sterowanego;
 R_{mf} — oporność filtratu płuczki.

Wymienione wyżej wzory [2—5, 9] nie mogą być stosowane bezpośrednio do wyznaczenia porowatości skał luźnych, jak np. piasków. W tym przypadku trzeba przeprowadzić kalibrację otrzymanych wartości pozornych φ_1 w stosunku do wielkości porowatości otrzymanych z innych metod pomiarowych (np. z FDC) w celu określania w przybliżeniu wartości rzeczywistych.



Geologiczna interpretacja wyników badań profilowania akustycznego (PA).

- 1 — ilowiec, 2 — iłokupak, 3 — wapień, 4 — wapień marliasty, 5 — anhydryt, 6 — sól kamienna.

Geological interpretation of the results of acoustic velocity logging (PA).

- 1 — claystone, 2 — clay shale, 3 — limestone, 4 — marly limestone, 5 — anhydrite, 6 — rock salt.

OKREŚLENIE LITOLOGII PRZEWIERCONYCH WARSTW

Podstawowym zagadnieniem, będącym głównym celem niniejszego artykułu, jest wyznaczenie litologii jakościowo i ilościowo na podstawie wyników pomiarów profilowania akustycznego. Jakościowa interpretacja wyników badań profilowania akustycznego polega na wyznaczaniu wzdluz badanych odwiertów szeregu poziomów różniących się między sobą wielkościami mierzonych parametrów V lub Δt .

Zróznicowanie profilu geofizycznego w funkcji zależności Δt lub V od głębokości badanych odwiertów jest niewątpliwie związane ze zróznicowaniem profilu litologicznego i z własnościami fizycznymi badanych skał (patrz związki 1, 3, 4). Stąd też wyznaczone jednolodne, jeśli chodzi o własności fizyczne, poziomy są podporządkowane następnie odpowiedniemu warstwowi litologicznemu (ryc.). Takie udokumentowanie wyznaczonych geofizycznie poziomów w kilku odwiertach ba-

danego rejonu umożliwia dalsze przeprowadzenie interpretacji geologicznej wyników badań geofizycznych dla szeregu innych otworów badanego obszaru za pomocą korelacji geofizycznej, bez znajomości profili litologicznych przewierconych warstw. Pozwala to także na przeprowadzenie w dużym, rozpoznanym z punktu widzenia geofizycznego rejonie, wierceń bezrzedniowych, aby tym samym zmniejszyć ogólne koszty badań geologicznych.

Załączona rycina przedstawia przykładowo korelację wyznaczonych poziomów geofizycznych na podstawie wartości średnich prędkości interwałowych rozchodzenia się fal akustycznych w skałach (v). Pomiarów czasów interwałowych wykonano aparaturą radziecką typu ŁAK-2. Wartości średnich prędkości interwałowych wyznaczono ze wzoru:

$$V_i = \frac{L \cdot 10^6}{\Delta t} \dots \dots \dots [11]$$

gdzie: L — długość sondy;

Δt — czas interwałowy odczytany z diagramów w mikrosekundach.

Otwory wiercone były w rejonie wyniesienia Łęby. Charakterystykę geofizyczno-geologiczną skorelowanych poziomów geofizycznych przedstawia tab. I. Dla jej sporządzenia przeanalizowano pomiary profilowania akustycznego wykonane w 6 otworach wymienionego rejonu, a przykładowo przedstawiono dwa z nich na załączonej rycinie. Podane wartości prędkości są wartościami średnimi arytmetycznymi.

Jak wynika z powyższej tabeli i z ryciny na podstawie parametru V_i wyznaczono w obrębie utworów cechsztyńskich 9 odrębnych poziomów geofizycznych, zdecydowanie różniących się między sobą wielkością tego parametru. Litologicznie poziomy te odpowiadają: 5, 7, 9 — anhydrytom; 2, 4, 6 — wapieniom lub wapieniom dolomitycznym mniej lub bardziej marglistym; 3 — 10 — wapieniom lub wapieniom dolomitycznym; 8 — solom kamiennym. Poziom 1 niższego pstręgo piaskowca odpowiada łowcom, a poziom 11 syluru — łożupkom.

Charakteryzując badane skały w oparciu o parametr V_i można stwierdzić, że największą wartość V_i posiadają anhydryty, tj. — 6000 — 6400 m/s, a najmniejszą łożwce niższego pstręgo piaskowca, — 2300 m/s. Czyste wapienie posiadają prawie stałą wartość wynoszącą 4700 — 4870 m/s. Natomiast dla wapieni marglistych wartość V_i zmienia się zależnie od stopnia zailenia i w tym przypadku wynosi ona od 2700 — 4200 m/s. łożupki sylurskie mają wartość V_i zbliżoną do łożwców triasowych. Różnica V_i między tymi utworami, wynosząca zaledwie 300 m/s spowodowana jest tym, że łożupki sylurskie posiadają tylko nieco większą gęstość niż łożwce triasowe.

Jak widać z tej krótkiej analizy badanych utworów wielkości wartości V_i są ściśle uzależnione od własności sprężystych skał, zmian modułów, gęstości (patrz wzór 1) i stopnia zailenia. Z danych zestawionych w tab. I łatwo jest zauważyć, że zailenie skał ma dość duży wpływ na wyniki pomiarów V_i , a to z kolei na wyniki wyliczonych z V_e wartości porowatości (patrz wzór 5). Jak widać bowiem z zestawionych wartości V_i maleje ze zwiększeniem zawartości materiału ilastego w badanej skale, co jak wynika ze wzoru [3] powoduje zmniejszenie wielkości porowatości rzeczywistej ϕ_1 .

Na podstawie wykresu korelacji wyników badań profilowania akustycznego można stwierdzić, że pomiędzy poszczególnymi wydzielonymi poziomami, tj. pomiędzy łożwcami, wapieniami, anhydrytami i solami kamiennymi istnieje wyraźnie dość duży kontrast prędkościowy. Pozwala to na dość jednoznaczne wyznaczenie litologii utworów cechsztyńskich i cechsztyńskich — syluru — w oparciu o dane geofizyki wiertniczej.

Tabela I

Poziomy geofizyczne	Wartości średnie V_i w m/s	Skrócony opis litologiczny	Opis stratygraficzny
1	2300	łożwce	Trias Niższy pstry piaskowiec
2	2700	wapienie	Perm cechsztyń
3	4870	margliste	
4	4200	wapienie	
5	6400	margliste	
6	4000	anhydryty	
7	6000	wapienie	
8	4600	margliste	
9	6300	anhydryty	Sylur ludłow
10	4700	sól kamienna	
11	2600	anhydryty	
		wapienie	
		łożupki	

Tabela II

Opis litologiczny	Prędkość rozchodzenia się fal akustycznych V_i w m/s		
	wg Schlumbergera	wg Dortmana	wg Komarowa
piaskowiec	5400—6300	750—8000	2000—3600
wapienie	6300—6900	1500—5000	3200—5500
dolomity	6900	2400—6000	—
anhydryty	6060	5500—6000	6000
sole kamienne	4500	—	4500—5500
gipsy	—	1900—5200	—
ity	—	2000—1400	1670—1760
woda, płuźka	—	—	1800—2400

Dla analogicznych skał podobną charakterystykę na podstawie badań akustycznych przeprowadzili również inni autorzy, jak N. B. Dortman (16), C. G. Komarow (15) oraz firma Schlumberger (6). Charakterystykę tę przedstawia tabela II, w której zestawione wartości V_i dla poszczególnych skał wyznaczono laboratoryjnie. Jak widać z tab. II i I wartości V_i dla soli kamiennej, anhydrytów i łożwców są prawie takie same, według wszystkich autorów. To samo dotyczy wartości V_i dla wapieni, z wyjątkiem wartości podanych przez firmę Schlumberger. Biorąc pod uwagę fakt, że wartości V_i umieszczone w tab. I są wyznaczone bezpośrednio z pomiarów profilowania akustycznego wykonanych w naturalnych warunkach zalegania skał oraz w warunkach zmienności geometrii otworów trzeba zaznaczyć, że prawie idealna zgodność wyników badań geofizycznych świadczy o wysokiej klasie aparatury ŁAK-2.

Pomimo jednak istniejących zgodności parametrów V_i dla tych samych litologicznie skał, określonych w różnych warunkach i przez różnych autorów dane zawarte w tab. I i II, a przede wszystkim w tab. I nie mogą być brane pod uwagę dla innych rejonów, bowiem ta sama litologicznie skała należąca do tej samej formacji geologicznej może wykazać w różnych rejonach różne wartości V_i lub Δt , różne bowiem warunki lokalne, geologiczne, tektoniczne, mikrotektoniczne, hydrogeologiczne i inne wybitnie wpływają na wielkości mierzonych wartości V_i i Δt (związek 1). Stąd też dla każdego badanego obszaru i formacji geologicznej trzeba ustalić lokalną charakterystykę geofizyczną badanych utworów, a następnie przeprowadzić korelację wydzielonych i udokumentowanych z punktu widzenia geologicznego poziomów geofizycznych między obszarami. Taka korelacja pozwoli śle-

dzić w obrębie każdej badanej formacji zmiany facjalne, mikrofacjalne, sedimentacyjne i inne, co z kolei umożliwi dokładniejsze rozpoznanie budowy geologicznej rejonów badań. W oparciu o taką korelację można również ustalić systematykę fizyczną badanych skał w zakresie mierzonych parametrów fizycznych dla znacznego obszaru. Systematyka taka byłaby odpowiednikiem „stratygrafii”.

W oparciu o badania geofizyczne, a w tym również i o metody akustyczne można również przeprowadzić ilościową interpretację wyników badań w zakresie wyznaczania w procentach zawartości poszczególnych minerałów w badanej skale. Metody interpretacji ilościowej w tym zakresie ustalone zostały przez firmę Schlumberger (14, 13, 4, 8, 1). Celem określenia procentu zawartości poszczególnych minerałów w badanych skałach firma Schlumberger bierze pod uwagę następujące metody pomiarowe:

- 1) profilowanie akustyczne — BHC,
- 2) profilowania gamma-gamma gęstościowe — FDC (The Formation Density Log),
- 3) profilowanie neutron-neutron epitermiczne — SNP (The Sidewall Epithermal Neutron — Porosity Log).

Krzywe pomiarowe SNP skalowane są w jednostkach porowatości wapieni, stąd też odczytuje się bezpośrednio porowatość badanych skał — φ_N , natomiast krzywe pomiaru FDC skalowane są w jednostkach gęstości φ_b w g/cm^3 , a porowatość badanych warstw wyznaczamy ze wzoru:

$$\varphi_D = \frac{\varrho_{ma} - \varrho_b}{\varrho_{ma} - \varrho_f} \dots \dots \dots [12]$$

gdzie: φ_D — porowatość wyznaczona z pomiarów FDC;

ϱ_b — gęstość danej warstwy odczytana bezpośrednio z krzywych FDC;

ϱ_f — gęstość filtratu, dla wody złożowej czystej = 1 g/cm^3 ;

ϱ_{ma} — największa gęstość badanej skały wyznaczona laboratoryjnie.

Gdy badane skały są zailone (14), to wartości porowatości φ_N i φ_D są wartościami pozornymi. Rzeczywiste wartości φ_e w tym przypadku określamy ze wzoru:

$$\varphi_e = \varphi_D - P \frac{\varrho_{ma} - \varrho_i}{\varrho_{ma} - \varrho_f} \dots \dots \dots [13]$$

$$\varphi_e = \varphi_N - P \cdot A \dots \dots \dots [14]$$

gdzie: ϱ_i — gęstość warstwy ilastej;

P — procent zawartości materiału ilastego w badanej skale;

A — wskaźnik porowatości ilów; w przypadku, gdy pomiary wykonane są metodą SNP — współczynnik ten wynosi 0,27.

Mając wartości φ_N (lub φ_e — gdy skały są zailone), φ_D (lub φ_e), V , V_{ma} lub Δt i Δt_{ma} — sporządza się następujące wykresy zależności:

- 1) $\Delta t = f(\varphi_N, \varphi_e)$
- 2) $\Delta t = f(\varphi_D, \varphi_e)$
- 3) $M = f(N)$

gdzie:

$$M = \frac{\Delta t_f - \Delta t_{ma}}{\varrho_{ma} - \varrho_f} \cdot 0,01 \dots \dots \dots [15]$$

$$N = \frac{\varphi_{Nf} - \varphi_N}{\varrho_{ma} - \varrho_f} \dots \dots \dots [16]$$

Wartość φ_{Nf} we wzorze [16] oznacza porowatość wody czyli $\varphi_{Nf} = 100\%$.

Na wykresach wyżej wymienionych zależności wykreślono linie odpowiadające różnym skałom. Linie te są dodatkowo skalowane w jednostkach porowatości. Na tak sporządzone wykresy (13, 14) nanosi się następnie odczytane dla każdej badanej warstwy wartości V_i lub Δt oraz φ_N lub φ_D i określa się procent zawartości minerałów w skale np. wapieniu, dolomicie oraz ich porowatości. Gdy litologia przewierconych warstw jest nieznana, to ze wspomnianych wyżej wykresów można ją również określić jakościowo. Ze względu na niemożliwość opublikowania wspomnianych wyżej wykresów zainteresowanym czytelnikom polecamy niżej wymienioną literaturę.

LITERATURA

1. Burke J. A., Campbell R. L., Schmidt R. W. — The litho-porosity cross plot. SPWLA Tenth Annual Logging Symposium, 1969.
2. Interpretation conference — Schlumberger, 1960.
3. Introduction to Schlumberger Well Logging. Schlumberger document, 1958, nr 8.
4. Kokesch F. P., Schwartz R. J., Wall W. B., Morris R. L. — A new approach to sonic logging and other acoustic measurements. Schlumberger Well Surveying Corporation Houston, 1964.
5. Lynch E. J. — Formation Evaluation. New York, 1962.
6. Log Interpretation Principles. Schlumberger, 1969.
7. Misk A., Contesso P. — Combination of porosity tools for evaluating shaly formations. Schlumberger, 1965.
8. Poupon A. Contribution of the formation density log and of the other porosity logs to formation evaluation. Association Française des Techniciens du Pétrole, 1962.
9. Sonic loginy in consolidated formation. Schlumberger Engineering report 2. Houston, 1958.
10. Topulos Th. — Analiza pomiarów geofizycznych wykonanych w odwiertach rejonu Zatoki Puckiej. Arch. IG. 1970.
11. Topulos Th. — Sprawozdanie z pobytu we Francji i Włoszech. Ibidem.
12. Wyllie M. R. J., Gregory A. R., Gardner G. H. F. — An experimental investigation of factors affecting elastic wave velocities in porous media. Geophysics. Vol. XXIII, 1958, nr 3.
13. Well evaluation conference. Schlumberger, 1970.
14. Well evaluation conference Middle East. Schlumberger, 1967.
15. Komarov C. G. — Geofizicheskiye metody issledowania skważyn. T. II, 1961.
16. Dortman N. B. — Fizicheskiye svojstva gornych porod i poleznych iskopajemych SSSR. Niedra, 1964.

SUMMARY

The article presents an interpretation method of the results obtained from acoustic velocity log examinations of lithology and porosity of rocks. On the basis of V_i parameter (mean velocities of acoustic wave propagation) a correlation has been made of geophysical horizons, homogeneous as concerns the parameter considered, between bore holes made in the region of Łeba elevation. The interpretation of the acoustic logging curves allowed 9 geophysical

(correlation) horizons, characterized by given properties as concerns the measured V_i parameter, to be determined. These horizons correspond to limestones, marly limestones, anhydrites and rock salts.

Moreover, there has been ascertained that, based on acoustic log, we can univocally determine the stratigraphic boundaries between the Triassic and Zechstein deposits, and the Zechstein and Silurian ones.

In addition to the qualitative interpretation of the lithological section of the strata penetrated by drillings, the article deals with the up-to-date methods of quantitative interpretation of the results obtained during the investigation of porosity and lithology of the rocks drilled. The methods of quantitative interpretation have been worked out by the American company „Schlumberger“. The results of the interpretation of geophysical measurements are presented in Table I and in diagram. The data from Table I have been compared with those from Table II (mean values V_i), obtained by laboratory methods by various authors for the same rocks. The results of such a comparison demonstrate a considerable scattering of results (V_i), despite of a fact that they have been obtained by various authors using various methods.

РЕЗЮМЕ

В статье рассмотрена методика интерпретации данных акустического профилирования для определения литологии и пористости пород. На осно-

вании параметра V_i (средние слоистые скорости распространения звуковых волн) проводилась корреляция однородных геофизических горизонтов между буровыми скважинами, пройденными в районе поднятия Лэбы. В итоге интерпретации кривых акустического профилирования в толще цехштейна было определено 9 геофизических (корреляционных) горизонтов, характеризующихся определенными свойствами, которые соответствуют известнякам, мергелистым известнякам, ангидридам и каменным солям.

Кроме того констатируется, что по данным акустического профилирования можно достоверно определить стратиграфические границы между триасом и цехштейном и силуром.

Кроме качественной интерпретации, направленной на определение литологического состава пробуренных пород, в статье рассматриваются также новейшие методы количественной интерпретации данных для определения пористости и литологии пород. Методы количественной интерпретации разработаны американской фирмой „Шлumberger“. Результаты интерпретации геофизических измерений представлены в таблице I и на графике. Данные, содержащиеся в таблице I, сопоставлялись с данными таблицы II (средние значения V_i), которые были получены опытным путем разными авторами в отношении одних и тех же пород. В итоге сопоставления констатировано большое сходство данных (V_i), несмотря на то, что они были получены разными методами и разными авторами.