

ZAGADNIENIE WYZNACZANIA POROWATOŚCI SKAŁ PIASKOWO-ILASTYCH NA PODSTAWIE INTERPRETACJI DANYCH PROFILOWANIA AKUSTYCZNEGO Z UŻYCIEM EMC

UKD 539.217.1:552.52'517.4:550.832.44:681.3.01:[551.763.33/781.33(438)]

OBLICZANIE PRĘDKOŚCI FALI SPRĘŻYSTEJ NA PODSTAWIE KRZYWYCH PROFILOWANIA AKUSTYCZNEGO ΔT , T_1 , T_2

Interpretacja ilościowa krzywych profilowania akustycznego powinna opierać się na dobrej informacji wyjściowej. Na kształt rejestrowanej w otworze krzywej ΔT obok czynników geologicznych (warstwowanie osrodka, zróżnicowana budowa strefy przyodwiertowej) wpływają również warunki aparaturowo-metodyczne. Zaliczyć do nich można dokładność rejestracji sygnału akustycznego, związana z typem aparatury pomiarowej oraz czynniki zależne od systemu pomiarowego i geometrii otworu.

Dominujący wpływ na mierzony czas przebiegu fali sprężystej ma zmienna średnica otworu wiertniczego, centralizacja lub decentralizacja sondy w otworze oraz skrzywienie osi sondy względem osi otworu. Niektóre z wymienionych powyżej przyczyn mają istotne znaczenie w przypadku zastosowania sondy dwuelementowej. Dodanie trzeciego elementu (nadajnik lub odbiornik) nie usuwa całkowicie błędów spowodowanych tymi czynnikami.

Zmienna średnica otworu wiertniczego (kawerny) może powodować powstanie dodatkowych, pozornych anomalii na krzywej ΔT , wynikających z niejednakowej drogi przebiegu fali sprężystej od nadajnika do dwóch odbiorników.

Anomalie te tworzą się w momencie przechodzenia sondy naprzeciw górnej i dolnej granicy kawerny (6).

W strefach silnie skawernowanych i szczelinowatych obserwuje się zanikanie pierwszych faz sygnału, co powoduje nadmierne wydłużenie czasu interwałowego ΔT . Można przyjąć, że gdy $\Delta T > 400 \mu\text{s/m}$, dla $H > 400 \text{ m}$ mierzymy czas pozorne (8). W przypadku, gdy w odwiercie rejestruje się równocześnie czas interwałowy ΔT oraz czas przebiegu sygnału akustycznego między pierwszym nadajnikiem a odbiornikiem T_1 można próbować zastąpić pozorny czas interwałowy czasem ΔT_{T_1} , odtworzonym na podstawie zapisu T_1 .

W tym celu należy z zapisu krzywej T_1 lub T_2 wyeliminować czas przebiegu sygnału akustycznego

w płuczce. Rozwiązanie tego zagadnienia, przy zastosowaniu EMC, zaproponowali Bandow, Riabkow i Asrijanc w pracy z 1975 r. (2). Metoda ta pozwala w sposób obiektywny wydzielać strefy o złej jakości profilowania ΔT i dość dokładnie określać prędkości z krzywej T_1 lub T_2 , gdy zapis ΔT jest „wybrakowany”.

Zakładając centryczne położenie sondy w odwiercie, stałość średnicy otworu i jednorodność osrodka w interwale między skrajnym nadajnikiem a odbiornikiem, prędkość w punkcie H_i z krzywej T_1 lub T_2 oblicza się następująco (2) (ryc. 1):

$$T_i = \frac{D_{i+m} - d_s}{2v_o \cos i} + \frac{l'}{v_i} + \frac{D_{i-m} - d_s}{2v_o \cos i} + \tau \quad [1]$$

$$l' = l - \frac{D_{i+m} + D_{i-m} - 2d_s}{2} \cdot \text{tg } i \quad [2]$$

$$i = \arcsin \frac{v_o}{v_i} \quad [3]$$

$$v_i = \frac{l - \frac{D_{i+m} + D_{i-m} - 2d_s}{2} \cdot \text{tg } i}{T_i - \frac{D_{i+m} + D_{i-m} - 2d_s}{2v_o \cos i} - \tau} \quad [4]$$

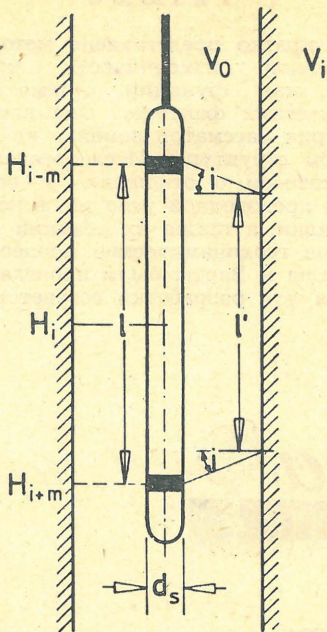
gdzie:

v_o — prędkość rozchodzenia się fali sprężystej w płuczce,
 v_i — prędkość rozchodzenia się fali sprężystej w skale na głębokości H_i ,

$m = \frac{0.5l}{\Delta H}$ — wartość zaokrąglona do najbliższej liczby całkowitej,
 ΔH — krok cyfrowania krzywych ΔT , T_1 , T_2 ,
 D_{i+m} , D_{i-m} — średnica otworu na głębokości H_{i+m} , H_{i-m} ,

d_s — średnica sondy pomiarowej,

τ — opóźnienie czasowe w aparaturze.



Ryc. 1. Przebieg fali sprężystej w odwiercie dla dwuelementowej sondy akustycznej.

Fig. 1. The course of elastic wave in drilling for bipartite acoustic sander.

Aby określić v_i należy znać kąt graniczny i . Prędkość w punkcie H_i oblicza się metodą kolejnych przybliżeń. W pierwszym przybliżeniu obliczamy v'_i wg wzoru:

$$v'_i = \frac{l}{T_i - \frac{D_{i+m} + D_{i-m} - 2d_s}{2v_0} - \tau} \quad [5]$$

Wartość v'_i służy do określenia kąta i wg wzoru [3] oraz kolejnego przybliżenia wartości prędkości v'_i wg wzoru [4]. Po uzyskaniu założonej dokładności obliczeń przerywa się procedurę iteracyjną.

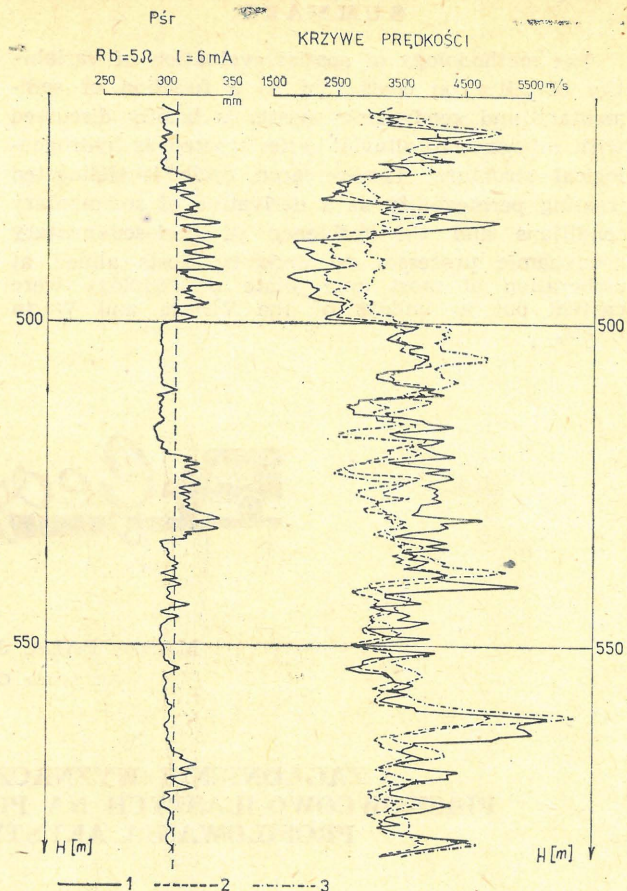
Przedstawioną metodę obliczania prędkości wykorzystano do ciągłej interpretacji z użyciem EMC krzywych profilowania akustycznego w otworze P-15 w interwale występowania warstw istebniańskich. Pomiary wykonane były sondą trójelementową USB A — 21 T, o długości bazy 0,53 m, przez PGGN Kraków na zlecenie MIGSiGN AGH w problemie węzłowym 01.1.1. Ze względu na zastosowanie miękkich, gumowych centralizatorów, ulegających szybkiemu zużyciu już w czasie opuszczania sondy do otworu wiertniczego nie można uznać jej za centralizowaną. Przyjmuje się, że sonda przesuwana się po ścianie, nachylonego zwykle otworu, nie przylegając jednak bezpośrednio do niej. Odsunięcie spowodowane jest obecnością resztek centralizatora (informacja ustna mgr inż. J. Nowaka, PGGN Kraków). Guma pozostałość po centralizatorze, o długości około 3—5 cm, powoduje odsunięcie sondy od ściany otworu na taką samą odległość i tym samym zwiększenie czasu przebiegu fali sprężystej w porównaniu z czasem rejestrowanym sondą dociskaną do ściany.

Poprawkę, związaną z przebiegiem fali sprężystej w płuczce, można oszacować na podstawie zapisu krzywych T_1 i T_2 w zarzutowanym odcinku otworu.

W interpretowanym otworze obliczono następującą poprawkę:

$$\delta T_1 = 10 \mu s \text{ — czas przebiegu fali akustycznej w płuczce, przy rejestracji krzywej } T_1.$$

$$\delta T_2 = 26 \mu s \text{ — czas przebiegu fali akustycznej w płuczce, przy rejestracji krzywej } T_2.$$



Ryc. 2. Zestawienie prędkości obliczonych na podstawie czasu interwałowego ΔT oraz poprawionych krzywych T_1 i T_2 w otworze P-15.

1 — prędkość $v_{\Delta T}$ obliczona na podstawie czasu interwałowego, 2 — prędkość v_{T_1} obliczona na podstawie czasu T_1 po wprowadzeniu poprawki na wpływ otworu, 3 — prędkość v_{T_2} obliczona na podstawie czasu T_2 po wprowadzeniu poprawki na wpływ otworu.

Fig. 2. Comparison of velocity values calculated on the basis of time interval ΔT and adjusted curves T_1 and T_2 for the borehole column P-15.

1 — velocity $v_{\Delta T}$ calculated on the basis of time interval, 2 — velocity v_{T_1} calculated on the basis of time T_1 after introducing correction for influence of drilling, 3 — velocity v_{T_2} calculated on the basis of time T_2 after introducing correction for influence of drilling.

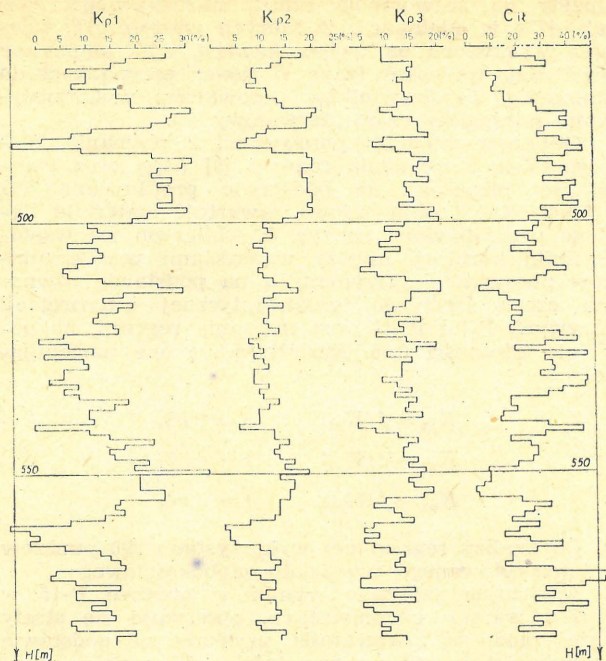
Przyjęto schemat obliczenia prędkości v_i analogiczny jak w omówionym przypadku sondy centralizowanej zwiększając tylko „pozornie” średnicę sondy na podstawie obliczonych poprawek δT_1 i δT_2 .

Wprowadzono również poprawkę eliminującą z krzywej ΔT pozorne anomalie, związane z przejściem sondy naprzeciw granic kawerny.

$$\Delta T_{popr} = \Delta T + \frac{D_{i+m} - D_{i-m}}{2 \cos i v_0} \quad [6]$$

Wykorzystując podaną metodykę wyliczono prędkości v_{T_1} , v_{T_2} i $v_{\Delta T}$ w otworze P-15. W celu zilustrowania wyników interpretacji przedstawiono krzywe prędkości na ryc. 2.

W pewnych interwałach głębokościowych obserwuje się wyraźną zgodność wszystkich trzech prędkości v_{T_1} , v_{T_2} oraz $v_{\Delta T}$. Zdecydowana rozbieżność w prędkościach, określonych na podstawie krzywych T_1 , T_2 i ΔT zaznacza się naprzeciw kawern. Jest ona spowodowana nadmiernym wydłużeniem czasu T_2 i ΔT wskutek przeskoków fazy. W tej sytuacji błąd obliczenia prędkości może dochodzić do 30%. W in-



Ryc. 3. Zestawienie współczynników porowatości obliczonych na podstawie krzywych PA, PG, PNG w otworze P-15.

K_{p1} współczynnik porowatości obliczony z PA na podstawie równania czasu średniego, K_{p2} współczynnik porowatości obliczony z Krzywej PA na podstawie równania regresji, K_{p3} współczynnik porowatości obliczony na podstawie geostatystycznej interpretacji krzywych PG i PNG (według metody J. A. Czubka), C_{II} objętościowa zawartość materiału ilastego (według metody J. A. Czubka).

Fig. 3. Comparison of porosity coefficients calculated on the basis of PA, PG, and PNG logs for the borehole P-15.

K_{p1} porosity coefficient calculated from PA logs on the basis of mean time equation, K_{p2} porosity coefficient calculated from PA logs on the basis of regression equation, K_{p3} porosity coefficient calculated on the basis of geostatistical interpretation of PG and PNG logs (using J. A. Czubek method), C_{II} volume content of clay matter (calculated using J. A. Czubek method).

nych przedziałach głębokościowych niezgodność w prędkościach ma charakter przypadkowy. Można go wyjaśnić różną detalizacją poszczególnych krzywych, związaną z długością sond dwu- i trójelementowych.

Rozejście się krzywych może wynikać także z błędów systematycznych, spowodowanych różną od założonej, geometrią otworu wiertniczego. Przyczyną powstawania tych błędów może być wykonanie pomiarów akustycznych i profilowanie średnicy w innych terminach.

Reasumując, należy stwierdzić przydatność zaproponowanej metody, pozwalającej obliczać zmiany prędkości w profilu otworu niezależnie z krzywych T_1 , T_2 i ΔT . W sytuacji, gdy zarejestrowane są trzy krzywe akustyczne istnieje możliwość kontroli poprawności wyznaczania prędkości i wniesienia ewentualnych poprawek, związanych z przeskokiem fazy. W otworach, w których profilowanie PA wykonano jedynie sondą dwuelementową i pomiar ten wykorzystywano tylko do jakościowej oceny litologii, można obecnie prowadzić ilościową interpretację dla określania modelu prędkościowego ośrodka i obliczać porowatość.

Mechanizm rozchodzenia się fal sprężystych w ośrodku skalnym jest uwarunkowany wpływem szeregu czynników, takich jak: skład litologiczny, porowatość, struktura i tekstura, własności medium nasycającego przestrzeń porową, stałe sprężyste ziarn budujących skałę oraz medium, ciśnienie, temperatura itp. Dominującym czynnikiem wpływającym na prędkość rozchodzenia się fal jest porowatość rozpatrywanego ośrodka oraz charakter nasycenia przestrzeni porowej. Najprostszym równaniem, wiążącym prędkość i porowatość, stosowanym szeroko w praktyce przemysłowej, jest liniowe równanie czasu średniego (14). Jest ono tylko pewnym przybliżeniem równania ośrodka rzeczywistego, pomimo wprowadzenia szeregu poprawek uwzględniających zailenie, zwięźłość skał i typ medium nasycającego.

$$K_p = \frac{\Delta T - \Delta T_{sz}}{\Delta T_m - \Delta T_{sz}} - C_{II} \frac{\Delta T_{II} - \Delta T_{sx}}{\Delta T_m - \Delta T_{sz}} \quad [7]$$

gdzie:

- K_p — współczynnik porowatości,
- ΔT_{sz} — czas interwałowy przebiegu fali sprężystej w szkielecie skalnym (przy $K_p = 0\%$),
- ΔT_m — czas interwałowy przebiegu fali sprężystej w medium (filtracie płuczkowym) wypełniającym przestrzeń porową w zasięgu sondy akustycznej,
- ΔT_{II} — czas interwałowy przebiegu fali sprężystej w łąkach,
- C_{II} — objętościowa zawartość materiału ilastego w interpretowanej warstwie.

Stają wartość ΔT_{sz} i v_{sz} określono dla piaskowców istebniańskich w rejonie Fałdu Potoka na podstawie danych laboratoryjnych i interpretacji materiałów geofizyki wiertniczej metodą cross-plotów (1 — probl. węzł. 01.1. zad. 03. 01. 03, 1977). Ustalono, że średnia wartość ΔT_{sz} wynosi 161 $\mu s/m$, co odpowiada prędkości szkieletowej $v_{sz} = 6211$ m/s. Dużą trudność sprawiało określenie czasu interwałowego ΔT_{II} . Przyjęcie tej za wysokiej wartości tego parametru powoduje, że na podstawie wzoru [7], przy dość znacznym zaileniu, uzyskuje się ujemne wartości porowatości. Zbyt mała wartość ΔT_{II} w sposób istotny podwyższa porowatość.

W przypadku warstwowanego modelu zailenia przyjmuje się wartość czasu interwałowego w łąkach w przedziale 260—300 $\mu s/m$ (7, 8, 4). Jest to wartość odczytana z krzywej ΔT naprzeciw kompleksu ilastego w pobliżu interpretowanej warstwy (w stropie lub spągu). W ośrodkach o zaileniu dyspersyjnym ΔT_{II} jest znacznie wyższy. Według niektórych autorów ΔT_{II} rozp. przyjmuje się różne wartości czasu interwałowego w medium (12). Rozpatrując charakter krzywej ΔT naprzeciw warstw ilastych w interpretowanym odcinku utworów istebniańskich w poziomie A i B, zdecydowano przyjąć $\Delta T_{II} = 330 \mu s/m$. Jest to wartość nieco większa od górnej granicy przedziału zmian ΔT_{II} warstw. Ze względu jednak na mieszany charakter zailenia występującego w interpretowanych piaskowcach przyjęcie takiej wartości jest w pełni uzasadnione.

Przy ciągłej, cyfrowej interpretacji krzywej ΔT w zailonym piaskowcu niezbędna jest ciągła informacja o zmianie zawartości materiału ilastego wzdłuż profilu otworu. Informacji tej dostarczyła geostatystyczna interpretacja profilowań PG i PNG, wykonana w ramach problemu węzłowego 01. 1 przez zespół pod kierownictwem prof. dr hab. inż. J. Czubka. Rozpatrywano też możliwość określenia zailenia na podstawie krzywych profilowania PS. Inny charakter zmian krzywej PS w porównaniu z krzywą ΔT oraz bardzo silny wpływ miąższości cienkich warstw zailonych piaskowców wymaga szczególowej, pełnej interpretacji nie tylko krzywej profilowania potencjałów naturalnych, ale i krzywych elektrycz-

nego sondowania oporności. Przy ciągłej, cyfrowej interpretacji zagadnienie to jest bardzo skomplikowane i wymaga szerszego opracowania.

Ze względu na to, że omówiony wyżej model Williego jest najprostszym przybliżeniem ośnodka skalnego, nie zawsze w pełni opisującym specyficzną budowę geologiczną interpretowanego rejonu, wyznaczona wartość porowatości może być obciążona wieloma błędami. W związku z tym podjęto próbę określenia współczynnika porowatości stosując metodę wielowymiarowej regresji liniowej.

Zagadnienie to rozwiązano następująco. Dla otworów P-15 i S-23, w których wykonane były profilowania akustyczne i ciągła interpretacja krzywych PG i PNG, dysponowano analizami laboratoryjnymi współczynników porowatości K_{pog} i K_{pef} (ogólnej i efektywnej). Analizy laboratoryjne wykonano w laboratorium IGNiG w Krakowie w ramach probl. węzł. 01. 1 zadania 03. 01. 03. Wykorzystując do obliczeń statystycznych dane z tych otworów otrzymano zbiór 55 punktów obserwacji, które zestawiono z parametrami geofizycznymi.

Dużą trudność sprawiało dowiązanie głębokościowe danych laboratoryjnych i pomiarów akustycznych oraz wyinterpretowanej z krzywych PG i PNG wartości C_{it} . Zaobserwowano, w pewnych interwałach przesunięcie krzywej ΔT i PG w stosunku do głębokości pobrania rdzenia. Powyższe zagadnienie było szeroko omówione przez Skalińskiego i Ossowskiego w rozdz. VII probl. węzł. 01. 1 zadania 03. 01. 03. Niezupełne dopasowanie głębokościowe wszystkich rozpatrywanych zmiennych oraz błędy pomiarów laboratoryjnych i geofizycznych miały istotny wpływ na obniżenie korelacji badanych zależności. Stosując metodę wielowymiarowej regresji liniowej (program biblioteczny STPR zmodyfikowany przez mgr inż. A. Ossowskiego) otrzymano następujące równania:

$$K_{pog} = -0,0953 + 0,00096 \Delta T - 0,1103 G_{it} \quad [8]$$

$$K_{pef} = -0,14136 + 0,00101 \Delta T - 0,0579 C_{it} \quad [9]$$

Błąd standardowy estymacji wynosi kolejno:

$$S_{(8)} = 0,033$$

$$S_{(9)} = 0,030$$

Wartość testu F :

$$F_{(8)} = 17,154,$$

$$F_{(9)} = 24,805,$$

Współczynnik korelacji wielokrotnej:

$$R_{w[8]} = 0.63$$

$$R_{w[9]} = 0.699$$

Analiza rozkładu reszt pozwala na stwierdzenie istotności obu równań regresji oraz poszczególnych współczynników na poziomie istotności 5%. Duża wartość testu F oraz fakt, że około 50% zmienności jest wyjaśniona w regresji wskazuje na to, że równanie [9] można stosować jako odpowiedni model do obliczeń. Zależność [9] jest też bardziej wiarygodna (wyższy współczynnik korelacji), ponieważ pomiary laboratoryjne porowatości efektywnej były wykonane 6-krotnie na każdej próbie, gdy pomiar K_{pog} przeprowadzono tylko pojedynczo.

Kolejnym etapem opracowania było zastosowanie omówionego modelu Williego i równania regresji [9] do obliczenia zmian współczynnika porowatości w profilu otworu P-15 w sposób ciągły. Zastosowano program TIT2, opracowany przez dr inż. J. Jarzyne, realizujący pełną interpretację danych profilowania akustycznego od wprowadzenia poprawek do krzywych T_1 , T_2 , ΔT , aż do uzyskania współczynników porowatości. Krzywe T_1 i T_2 , po wprowadzeniu poprawek na przebieg fali sprężystej w płucce, po-

służyły do odtworzenia czasu interwałowego ΔT_{T1} lub ΔT_{T2} w odcinkach, w których wartość ΔT , również poprawiona na wpływ kawern, była anomalnie wydłużona (przeskok fazy). W takich przypadkach do obliczania współczynników porowatości wykorzystywano minimalny czas interwałowy (8).

Obliczone wartości porowatości z równania Williego (K_{p1}), z równania regresji [9] (K_{p2}) oraz porowatości określone na podstawie profilowania PG i PNG (K_{p3}) i objętościową zawartość materiału ilastego przedstawiono na ryc. 3. Obliczono też współczynniki korelacji między wartościami współczynników porowatości otrzymanych na podstawie równania czasu średniego, geostatystycznej interpretacji krzywych PG i PNG oraz równania regresji, na poziomie istotności 0,95. Kształtują się one następująco:

$$K_{p1} = f(K_{p3}) \quad r = 0,58,$$

$$K_{p2} = f(K_{p3}) \quad r = 0,57,$$

$$K_{p1} = f(K_{p2}) \quad r = 0,96.$$

Do analizy regresyjnej wykorzystano 298 punktów z interpretowanego przedziału głębokościowego.

Analizując uzyskane wyniki w otworze P-15 w profilu warstw istebniańskich, obserwuje się strefy dużej zgodności porowatości, uzyskane na podstawie omówionych metod z porowatością, obliczoną w oparciu o geostatystyczną metodę interpretacji profilowania gamma PG i profilowania neutron gamma PNG. Równocześnie daje się zauważyć przedziały, w których wartości porowatości K_{p2} i K_{p3} są porównywalne, natomiast wartości K_{p1} wyraźnie różnią się od pozostałych.

Obserwuje się też interwały, w których wszystkie trzy rodzaje porowatości są rozbieżne. Największe niezgodności widać w strefach silnie zailonych — występowania kawern. Generalnie w tych przedziałach głębokościowych wartość K_{p1} (obliczona w oparciu o równanie Williego) jest zawyżona w stosunku do pozostałych wartości. Różnice w obliczonych wartościach porowatości w warstwach zailonych mogą być spowodowane niecałkowitym dopasowaniem przyjętego modelu piaskowców zailonych w tych strefach.

Wydaje się, że przyjęcie wyższej wartości C_{it} (objętościowej zawartości materiału ilastego), niż to zostało wprowadzone na podstawie wskazań krzywej PG, mogłoby w sposób istotny poprawić wartości porowatości, zwłaszcza wyznaczone na podstawie równania czasu średniego. Z drugiej strony ewentualna zmiana charakteru zailenia w poziomie łupków C (duży udział dyspersyjnego rodzaju zailenia) i nieuwzględnienie tego w przyjętym modelu mogłoby podobnie rzutować na obliczane porowatości. Rodzaj zailenia nie ma istotnego wpływu na profilowanie geofizyki jądrowej PG i PNG (11), natomiast wpływa zasadniczo na rejestrowaną wartość czasu interwałowego. Przyjęcie ΔT_{it} odpowiedniego dla dyspersyjnego modelu zailenia spowodowałoby zwiększenie składnika związanego z zaileniem w równaniu [7] i [9], a tym samym obniżenie wyznaczonej wartości porowatości.

Na wykresie zmian porowatości K_{p1} zaznacza się wyraźnie dość dużą oscylacją krzywej od bardzo wysokich do anomalnie niskich wartości, odpowiadających cienkim warstwom o miąższości około 1—2 m. Może to być wynikiem nakładania się oscylacji krzywych PA i PG niezupełnie skorelowanych ze sobą. Porównując wykresy K_{p2} i K_{p3} stwierdzać można lepszą niż poprzednio zgodność tych dwóch krzywych, w warstwach piaskowców mało zailonych. Stratygraficznie odpowiada to piaskowcom poziomemu A i górnej części poziomu B.

Krzywa porowatości, obliczona na podstawie wzoru otrzymanego w wyniku analizy regresji wielokrotnej, w wielu przedziałach głębokościowych przedstawia wartości pośrednie między pozostałymi krzywymi. Równanie regresji wyprowadzono w oparciu o badania laboratoryjne K_{pog} i K_{pef} wykonane na pró-

bach raczej czystych piaskowców. Może to powodować lepsze dopasowanie krzywej regresji do realnego modelu piaskowca zailonego w interwałach piaskowców niż w przedziałach zailonych.

Z porównania wartości współczynników porowatości otrzymanych różnymi metodami wynika, że nie można identyfikować ze sobą współczynnika porowatości obliczonego na podstawie interpretacji geostatystycznej i współczynników porowatości K_{p1} i K_{p2} , otrzymanych z krzywej PA. Wzajemne zestawienie krzywych porowatości, porównywalnych ze sobą w pewnych interwałach i rozbieżnych w innych, jest źródłem dodatkowych informacji o charakterze przewierconych warstw. Różnice w wartościach współczynników porowatości mogą świadczyć o zmianach zwieźłości skał wzdłuż profilu, o obecności przyodwiertowych stref zaburzeń struktury skał powstałych wskutek procesu wiercenia, trudnych do uwzględnienia zmian litofacjalnych oraz obecności węglowodorów w przestrzeni porowej.

Przedstawiona metodyka interpretacji krzywych profilowania akustycznego dla wyznaczania porowatości ma duże znaczenie w kompleksowej interpretacji materiałów geofizyki wiertniczej w utworach fliszowych Karpat, charakteryzujących się dużym zróżnicowaniem litologicznym. Możliwość wykorzystania tylko krzywej T_1 do obliczenia prędkości i współczynników porowatości pozwala w znacznym stopniu rozszerzyć dostępny materiał interpretacyjny i wykorzystać profilowanie akustyczne PA, wykonane sondą dwuelementową do ilościowej oceny tych parametrów.

LITERATURA

1. Bała M. i in. — Wykorzystanie profilowania akustycznego i oporności do oceny parametrów charakteryzujących typ skały w utworach fliszu karpackiego. Konf. nauk. techn. pt. Zagadnienia geofizyki wiertniczej, 1978.
2. Bandow W. P., Rjabkow W. W., Asrianc L. J. — Isspolzowanije wriemiennoj kriwoj dwuchelementnogo sonda pri obrabotkie dannych akusticeskogo karotaza „na ECWM”. Neftegaz. geol. i geof. 1975 nr 12.

SUMMARY

Velocity of acoustic waves in rock medium, taken from interpretation of sonic log curves ΔT , in cavernous zones and shales may be obtained with great error, because in these zones cycle skipping can be observed.

The paper presents the method of velocity calculation based on sonic log curves ΔT , T_1 , T_2 . It is introduced the correction to curves T_1 and T_2 for acoustic waves spread in mud, taking into consideration changes of bore hole diameter, too. It brings to perfection the velocity calculation. Based on correct sonic log curves porosity of shaly sandstones was obtained in bore hole P — 15. The Willie equation and the regresion equation obtained specially for istebniańskie beds, were taken to the calculations.

(Translated by the authors)

3. Brandt H. — Factors affecting compressional wave velocity in unconsolidated marine sand sediments. J. Acoust. Soc. Amer. 1960 no 2.
4. Desbrandes R. — Teorija i intierprietacija rezultatow geofiziceskich metodow issledowanija skwaziń. Moskwa 1972 (tłum. z j. francuskiego).
5. Gassman F. — Elastic wavesthrough packing of spheres. Geoph. 1951, no 4.
6. Kokesh F. P., Schdartz R. J. Wall W. B., Morris R. L. — A new approach to sonic logging and other acoustic measurements. J. of Petr. Techn. 1965, March.
7. Lepa J. — cz. III dok. zad. 03. 01. d01, 03.01 d02. „Profilowanie akustyczne”.
8. Pilarska A. — Problem węzł. 01. 1. 1, temat 03.00 zadanie 03. 01. d 06 „Opracowanie programu interpretacji profilowania akustycznego, eliminacja błędów pomiarowych poprawki na zasilenie. Program Sonic correct”. 1973.
9. Płochotnikow A. N., Dziebań J. P. — Izuczenije wlijanija napražennogo sostojanija na rozprostroiennije uprugich woin w skwazińach. Fizika Ziemi 1974 nr 1.
10. Problem węzłowy 01. 1, temat 03. 00, zadanie 03. 01. 03 „Opracowanie metodyki kompleksowych badań geofizycznych w utworach fliszu (utwory podmagurskie oraz jednostki śląskiej)”. 1977 — Zakład Geof. Otwor. MIGSiGN.
11. Schlumberger — Log Interpretation Principles. 1972.
12. Sostojanije i puti isspolzowanija EWM dla intierprietacji promysłowo-geofiziceskich dannych, 1974. Tematiczesk. nauczno.-techn. obzory. Moskwa.
13. White J. E., Sengbush R. L. — Velocity measurements in nearsurface formations. Geoph. 1953, no 1.
14. Willie M., Gregory A., Gardner L. — Elastic wave velocities in heterogenous and porous media. Ibidem 1956, no 1.

РЕЗЮМЕ

Скорость распространения упругих волн в породах, определена в результате интерпретации кривой акустического каротажа ΔT в зонах выступления каверн и повышенной глинистости, скажена большой ошибкой, потому что время T_2 и ΔT в этих зонах могут быть непропорционально длинные.

В статье представленный метод определения скорости по кривым T_1 и T_2 и ΔT . Поправки до кривых T_1 и T_2 на распространение акустической волны в буровом растворе тоже при изменении диаметра скважины, позволяют уточнить определение скорости. На основе исправленных кривых акустического каротажа определено коэффициенты пористости глинистых песчаников в скважине П-15. Расчёт коэффициентов пористости основано на известном уравнении среднего времени (Willie), а тоже на определенной для истебнянских пластов корреляционной зависимости $K_p = f(\Delta T, C_H)$.

(Tłum. autor)