

WYNIKI BADAŃ GEOFIZYCZNYCH

Lidia DZIEWIŃSKA, Waldemar JÓŹWIAK

POMIARY ŚREDNICH PRĘDKOŚCI W OTWORZE WIERTNICZYM ZARĘBY IG 2

Opracowanie pomiarów średnich prędkości w otworze Zaręby IG 2 wykonał na zlecenie Instytutu Geologicznego Zespół Średnich Prędkości Geofizyki Wiertniczej w Dziale Geofizyki Wiertniczej Przedsiębiorstwa Poszukiwań Geofizycznych w Warszawie (Świtek, Pietrzykowski, 1964). Pomiary wykonano w dniach 18–20.08.1964 r. Maksymalna głębokość pomiaru, przy końcowej głębokości otworu 1375 m osiagającej kambr, wynosiła 1165 m. Stratygrafia poziomu, w którym kończy się pomiar dotyczy piętra dewonu dolnego. Poziom odniesienia pomiarów wynosi 307 m n.p.m., zaś wysokość wylotu otworu – 330 m n.p.m.

Prędkość poniżej strefy małych prędkości (VSMP) 2300 m/s określono na podstawie hodografu pionowego i prędkości pod SMP przyjętych w otworach otaczających.

Metodyka pomiaru była determinowana ówczesnymi możliwościami technicznymi.

Prace pomiarowe w otworze Zaręby IG 2 wykonano aparaturą radziecką SS-24P oraz geofonem głębinowym SIS-49 produkcji radzieckiej. Interwał pomiaru ustalono na 25 m, od głębokości 25 m do 1165 m. Prace strzelnicze wykonano z trzech otworów strzałowych przy użyciu dynamitu IG-3 i zapalników elektrycznych RALT-1.

Otwory strzałowe były usytuowane w sposób opisany poniżej. Dla punktu strzałowego (PS) 1 przy odległości (d) PS od otworu 100 m i azymucie (A) 280° wysokość PS w stosunku do wylotu głębokiego otworu (N) wynosiła +2 m. Dla PS 2 przy tej samej odległości PS od otworu i azymucie 190° wysokość PS w stosunku do głębokiego otworu wynosiła –2 m. Dla PS 3 przy odległości PS od otworu również 100 m i azymucie 100° wysokość PS w stosunku do głębokiego otworu wynosiła –3 m.

Wielkość ładunków wybuchowych oraz głębokości strzelania z poszczególnych punktów strzałowych przedstawia się następująco. Dla wszystkich punktów strzałowych wielkość ładunku wahała się w granicach 0,2–0,4 kg. Natomiast głębokości strzelania i przyjęte średnie głębokości strzelania (hśr) były zróżnicowane i wynosiły odpowiednio: dla PS 1: 8–10 m i parametr hśr równy 8 m, dla PS 2: 6–9 m oraz 7 m, a dla PS 3: 9–11 m oraz 11 m.

W celu kontroli zmiany głębokości strzelania na poszczególnych punktach strzałowych umieszczono w odle-

głości nie większej niż 3 m geofony korekcyjne K₁. W celu kontroli zmiany momentu wybuchu ustawiono geofon korekcyjny K₂. Zadaniem geofonu korekcyjnego K₃ była kontrola zmęczenia otworu strzałowego.

Pierwsze impulsy od geofonu głębinowego rejestrowano na czterech kanałach. Dla kanału 1 użyto filtracji 30-0 i wzmocnienia maksymalnego. Dla kanału 2 zastosowano filtrację 65-45 i również maksymalne wzmocnienie. Dla kanałów 3 i 4 filtracja wynosiła 0-0, natomiast wzmocnienie odpowiednio dla kanału 3 maksymalne i dla kanału 4 minimalne.

Zapisy geofonów korekcyjnych rejestrowano w sposób następujący: geofon korekcyjny K₁ na kanale 7, geofon korekcyjny K₂ na kanale 5 i geofon korekcyjny K₃ na kanale 6.

Do pomiaru użyto kabla karotażowego, trójżyłowego typu KTO-4. Pomierzono prędkość fali w rurach i w kablu. Wynosiła ona w rurach 2880, a w kablu 2180 m/s.

Skala ocen poszczególnych sejsmogramów przyjmowana podczas oceny jakości materiałów przedstawia się następująco:

- 5 – sejsmogram bardzo dobry – materiał pewny – błąd $\Delta t = \pm 0,001$ s;
- 4 – sejsmogram dobry – materiał pewny – błąd $\Delta t = \pm 0,002$ s;
- 3 – sejsmogram dostateczny – materiał mniej pewny – błąd $\Delta t = \pm 0,002$ – $0,003$ s;
- 2 – sejsmogram bardzo słaby – materiał niepewny – błąd $\Delta t = \pm 0,003$ s i więcej.

Wartość oceny określa: pewność korelacji, jakość i wyrazistość impulsu oraz maksymalny dopuszczalny błąd w określeniu wstąpienia fali.

Jakość materiału, a w związku z tym i pewność opracowania końcowego, dla wszystkich trzech punktów strzałowych określono jako dobrą. Punkt strzałowy 1 obejmuje interwał pomiaru od 25 do 1165 m. Punkt strzałowy 2 obejmuje interwał pomiaru od 25 do 1148 m. Punkt strzałowy 3 obejmuje interwał pomiaru od 100 do 1148 m.

Bardziej szczegółową ocenę poszczególnych punktów pomiarowych podaje odpowiednia rubryka w załączonych w dokumentacji wynikowej tablicach obliczeniowych.

Istotny etap interpretacji materiałów stanowi redukcja pomiarów.

Głębokość zredukowaną geofonu głębinowego od powierzchni ziemi H_r , czyli obliczenie odległości między rzutem średniej prędkości strzelania na pionową oś otworu, a położeniem geofonu głębinowego, określono wyrażeniem:

$$H_r = H_p - h_{sr} + N$$

gdzie:

H_p – głębokość zanurzenia geofonu głębinowego od powierzchni ziemi,

h_{sr} – średni poziom strzelania,

N – wysokość otworu strzałowego w stosunku do wylotu głębokiego otworu.

Redukcję czasu obserwowanego do czasu pionowego przebiegu promienia sejsmicznego przeprowadzono według wzoru podanego niżej, zakładając jednorodność ośrodka od punktu wybuchu do głębokości zanurzenia geofonu głębinowego.

$$t_r = \frac{H_r}{S} \cdot t_p$$

$$S = \sqrt{H_r^2 - d^2}$$

gdzie:

t_r – czas zredukowany,

S – droga przebiegu promienia sejsmicznego,

t_p – czas przebiegu promienia sejsmicznego po uwzględnieniu poprawek, tzn. czas zarejestrowany, do którego wprowadzono poprawkę uwzględniającą zmiany głębokości strzelania przy kolejnych wybuchach oraz zmiany momentu wybuchu związane z różną jakością zapalników,

d – odległość punktu strzałowego od głębokiego otworu.

Prędkość średnią obliczono według wyrażenia:

$$V_{sr} = \frac{H_r}{T_r}$$

Poprawki czasowe na zmianę głębokości strzelania oraz zmianę momentu wybuchu wprowadzono według wskazań geofonów korekcyjnych K_1 i K_2 .

Przyjmując dla średniego poziomu strzelania czas t_{K1} geofonu koło punktu strzałowego jako czas oporowy, a pozostałe czasy tego geofonu jako t_{K1}^n , określa się różnicę:

$$\Delta t_{K1} = t_{K1}^n - t_{K1}$$

Podobnie postępuje się z czasami zarejestrowanymi przez geofon przeznaczony dla kontrolowania momentu wybuchu:

$$\Delta t_{K2} = t_{K2}^n - t_{K2}$$

Różnica $\Delta t = \Delta t_{K1} - \Delta t_{K2}$ jest poprawką czasową wprowadzoną do czasu obserwowanego t_{ob} :

$$t_p = t_{ob} + \Delta t$$

Poprawkę czasową Δt na sprowadzenie średnich poziomów strzelania do jednego odniesienia określono, dzieląc różnicę między wysokością n.p.m. przyjętego poziomu odniesienia, a wysokością n.p.m. średniego poziomu strzelania przez prędkość fali w odpowiedniej warstwie przypowierzchniowej. Za poziom odniesienia przyjęto średni poziom strzelania PS-2.

Przy obliczaniu poprawki $\Delta t'$ przyjęto na podstawie pomiarów prędkość V_0 równą fali w utworach przypowierzchniowych w strefie małych prędkości (SMP), która dla otworu wiertniczego Zaręby IG 2 wynosi 2200 m/s.

Wyniki pomiarów przedstawiają w dokumentacji wynikowej trzy hodografy. Hodograf otrzymany z PS-3 odbiega znacznie od dwu pierwszych. Przyjmuje się, że niedostateczne uwzględnienie niejednorodności warstw przypowierzchniowych lub zmiana prędkości tylko w górnych warstwach wprowadza błąd matematyczny i powoduje równoległe przesunięcie hodografu. Ponieważ przesunięcie hodografu otrzymanego z PS-3 w stosunku do dwu pierwszych hodografów nie jest stałe na całej jego długości, stwierdzono, że niezgodność została spowodowana skomplikowaną tektoniką rejonu.

Tabela 14

Zestawienie wartości H , T_r , V_{sr}

H , T_r and V_{sr} values

H [m]	T_r [s]	V_{sr} [m/s]	H [m]	T_r [s]	V_{sr} [m/s]
16	0,007000	2160	591	0,126000	4690
41	0,018000	2380	616	0,129000	4775
66	0,028500	2550	641	0,133000	4820
91	0,035000	2600	666	0,137000	4861
116	0,042000	2762	691	0,141667	4878
141	0,048333	2839	716	0,146333	4893
166	0,053667	3093	741	0,150333	4929
191	0,058667	3256	766	0,154667	4953
216	0,062333	3465	791	0,159667	4954
241	0,066333	3633	816	0,163667	4986
266	0,071667	3712	841	0,168000	5006
291	0,076333	3812	866	0,173000	5006
316	0,080667	3917	891	0,177000	5034
341	0,085000	4012	916	0,181333	5051
366	0,089333	4097	941	0,185667	5068
391	0,092667	4219	966	0,190000	5084
416	0,096333	4318	991	0,194000	5108
441	0,100333	4395	1016	0,199000	5106
466	0,104667	4452	1041	0,201333	5171
491	0,109667	4477	1066	0,206000	5175
516	0,113667	4540	1091	0,212000	5146
541	0,117667	4598	1116	0,216000	5167
566	0,121667	4652	1141	0,221000	5163

H – głębokość / depth; T_r – średni czas zredukowany / average reduced time; V_{sr} – prędkość średnia / average velocity

Charakter zmian prędkości w funkcji głębokości zilustrowano w tabeli i na wykresach. Wartości H , T_r i V_{sr} umieszczono w tabeli (tab. 14). Uzyskane wyniki stanowiły podstawę do konstrukcji krzywych prędkości średnich (fig. 52A) i hodografu pionowego (fig. 52B).

Przedstawione wykresy wskazują na zależność między wzrostem głębokości a czasem rejestracji i prędkością średnią. Widać stały systematyczny wzrost prędkości wraz z głębokością.

W celu wyznaczenia poszczególnych kompleksów prędkościowych, a szczególnie ich średnich wartości, zastosowano wygładzanie wartości pomiarów geofizycznych. Metoda ta może być stosowana w przypadku, gdy wartości zmierzone zmieniają się przypadkowo z punktu na punkt w granicach błędu pomiarowego. Warunkiem możliwości jej wykorzystania jest stały odstęp między punktami pomiarowymi. Podany sposób zastosowano do wygładzania czasów z pomiarów prędkości średnich z zadaniem obliczenia prędkości interwałowych bez przypadkowych skoków wartości wywołanych błędami pomiaru czasu. Krzywe wygładzone prędkości interwałowych obliczono w celu wyznaczenia stref maksymalnych gradientów prędkości, które odpowiadają granicom prędkościowym poszczególnych kompleksów.

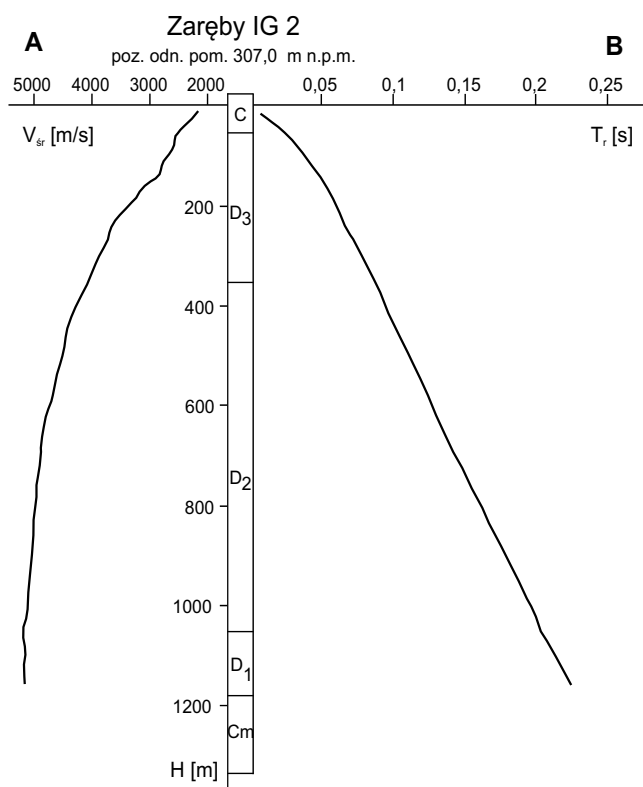


Fig. 52. Wykres prędkości średnich (A) i hodograf pionowy (B) (poz. odn. 307,0 m n.p.m.)

T_r – średni czas zredukowany; V_{sr} – prędkość średnia

Average seismic velocity (A) and travel-time curve (B) (reference level 307,0 m a.s.l.)

T_r – average reduced time; V_{sr} – average velocity

Krzywe prędkości obliczono, wyrównując zmierzone czasy zredukowane do pionu przy pomocy splotu z odpowiednim filtrem. Przetwarzanie to polegało na przeliczaniu czasów i prędkości do poziomu odniesienia pomiaru i interpolacji tych wartości dla znormalizowanych przedziałów głębokości, co 20 m. Następnie czasy te wygładzono przez zastosowanie operacji splotu z filtrem trójkątnym, stosując 20 razy filtry 0,25 i 0,50. Celem tych przekształceń, usuwających przypadkowe odchylenia poszczególnych danych pomiarowych, wynikających z niedokładności pomiarów, było przygotowanie materiałów do obliczenia prędkości interwałowych. Przy pierwszym wygładzaniu zostają zmniejszone przypadkowe skoki wartości czasów, spowodowane zaokrągleniem ich wartości do 1 ms lub błędami pomiarowymi. Kolejne powtarzanie wymienionych operacji powoduje zaokrąglenie załamów (hodografu) spowodowanych zmianami prędkości w kolejnych warstwach. W ten sposób powstały dodatkowe zbiory obejmujące przetworzone czasy pomiarów po ich zredukowaniu do poziomu odniesienia, wyinterpretowaniu wartości co 20 m i wygładzeniu oraz odpowiadające im wartości prędkości średnich.

Powyższe informacje są zawarte w banku danych prędkościowych utworzonych w latach 90. XX w. w Zakładzie Geofizyki PIG na potrzeby interpretacji refleksyjnych prac sejsmicznych. Bank ten przekazano do Centralnej Bazy danych Geologicznych PIG-PIB (baza otworowa Lasy).

Różnice wartości czasów między kolejnymi wygładzeniami są spowodowane zmianami prędkości w warstwach o określonej miąższości. Zjawisko to wykorzystano do wyznaczenia granic kompleksów prędkościowych w miejscach maksymalnych bezwzględnych wartości różnic czasów wygładzonych n i $n+1$ razy. Granice kompleksów wyznacza się w miejscach maksymalnych gradientów prędkości interwałowych. Przy tym sposobie obliczeń wydzielają się wyraźnie tylko kompleksy prędkościowe o miąższości powyżej 100 m. Maksymalne i minimalne wartości prędkości obliczonych z czasów wygładzonych odpowiadają uśrednionym wartościom kompleksów warstw o prędkościach zmniejszonych lub zwiększonych w porównaniu z sąsiednimi.

Zestawienie uśrednionych wartości V_w (prędkości wygładzone), V_i (prędkości interwałowe) i V_k (prędkości kompleksowe) obliczonych z czasów wygładzonych zawarto w tabeli 15. Krzywe prędkości wygładzonych, interwałowych i kompleksowych przedstawiono na figurze 53.

Zestawienie wykresów prędkości z profilem geologicznym wiercenia umożliwia powiązanie zmian prędkości z kompleksami stratygraficzno-litologicznymi w otworze. Korelacja wymaga uwzględnienia podanych wcześniej różnic w poziomach odniesienia: wylotu głębokiego otworu (330 m n.p.m.) i załączonych wyników pomiarów prędkości sprowadzonych do 307 m n.p.m.

Wykresy prędkości wygładzonych, interwałowych i kompleksowych odwzorowują złożony profil geologiczny wiercenia Zaręby IG 2. Prędkość jako pochodna czasu jest zależna od zmian w profilu geologicznym przewierconych warstw. Ilość możliwych do rozróżnienia warstw zależy od

Tabela 15

Zestawienie uśrednionych wartości V_i , V_k , V_w ,
obliczonych z czasu wygładzonego

Averaged V_i , V_k and V_w values calculated from smoothed time

H	V_i	V_k	V_w	H	V_i	V_k	V_w
[m]	[m/s]	[m/s]	[m/s]	[m]	[m/s]	[m/s]	[m/s]
20	3681	3381	2450	580	6158	6147	6232
40	3681	3381	2790	600	6158	6147	6233
60	3681	3381	2926	620	6057	6147	6192
80	3681	3381	3118	640	6057	6147	6116
100	3681	3381	3364	660	6057	6147	6020
120	4115	3381	3658	680	6057	6147	5922
140	4115	3381	3989	700	6057	6147	5835
160	4115	3381	4336	720	5712	6147	5766
180	4115	3381	4669	740	5712	6147	5718
200	4115	5684	4962	760	5712	6147	5685
220	5404	5684	5197	780	5712	6147	5667
240	5404	5684	5370	800	5712	6147	5660
260	5404	5684	5499	820	5695	6147	5664
280	5404	5684	5607	840	5695	6147	5678
300	5404	5684	5712	860	5695	6147	5700
320	5965	5684	5823	880	5695	6147	5731
340	5965	5684	5935	900	5695	6147	5769
360	5965	5684	6033	920	5848	5711	5809
380	5965	5684	6100	940	5848	5776	5846
400	5965	5684	6125	960	5848	5776	5873
420	6065	5684	6112	980	5848	5776	5879
440	6065	5684	6076	1000	5848	5776	5853
460	6065	5684	6041	1020	5640	5776	5792
480	6065	6076	6025	1040	5640	5776	5702
500	6065	6076	6038	1060	5640	5776	5595
520	6158	6076	6080	1080	5640	5776	5490
540	6158	6076	6139	1100	5640	5378	5404
560	6158	6076	6196	1120	5640	5378	5348

H – głębokość / depth; V_i – prędkość interwałowa / interval velocity;
 V_k – prędkość kompleksowa / complex velocity; V_w – prędkość wygładzona / smoothed velocity

kontrastu właściwości sprężystych między utworami nadległymi i podścielającymi oraz stosunku miąższości danej warstwy do interwału, jaki określa prędkość. Obserwowane kontrasty prędkości są efektem zmian w wykształceniu litologicznym poszczególnych jednostek stratygraficznych. W rezultacie daje to możliwość określenia granic między nimi. Na krzywych można wyznaczyć szereg kompleksów o dosyć jednolitej i zbliżonej charakterystyce prędkościowej.

Krzywa prędkości średnich (fig. 52A) wykazuje systematyczny wzrost prędkości średnich wraz z głębokością, obejmujący utwory karbonu i dewonu górnego. W obrębie utworów żywełu wzrost ten jest mniejszy. Jeszcze mniejszy przyrost wartości prędkości średnich z głębokością odnotowuje się w osadach eiflu. Charakterystyczny dla tego otworu jest wyraźny spadek prędkości średniej między utworami dewonu środkowego i dolnego. Odcinek dewonu dolnego do głębokości końcowej pomiaru zaznacza się prawie stałą wartością tego parametru.

Obliczone prędkości interwałowe, prędkości kompleksowe oraz krzywe prędkości wygładzonych, a także dane o przekroju litologiczno-stratygraficznym otworu pozwala-

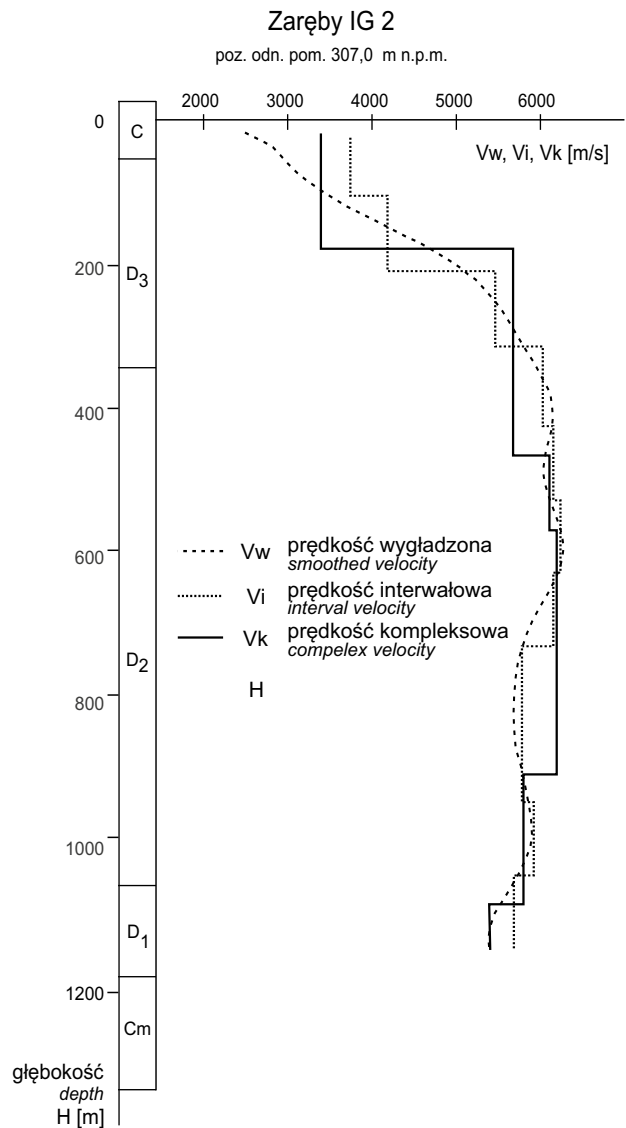


Fig. 53. Wykresy prędkości wygładzonych (V_w),
interwałowych (V_i) i kompleksowych (V_k)
(poz. odn. 307,0 m n.p.m.)

Smoothed velocity (V_w), interval velocity (V_i) and complex velocity V_k (reference level 307,0 m a.s.l.)

ją na wydzielenie pięciu kompleksów (tab. 16) o możliwie jednolitej i zbliżonej charakterystyce prędkościowej. Zestawienie tych kompleksów podaje przybliżone głębokości dolnych granic kontrastów prędkościowych, wartości odpowiadających im prędkości kompleksowych oraz zmiany prędkości interwałowych w obrębie każdego z nich.

Z zestawienia i danych otworowych wynika, iż granice wyraźnych kontrastów prędkości korelują się z granicami stratygraficznymi. Najbardziej wyraźna granica kontrastu prędkości występuje na głębokości pomiarowej ok. 180 m. Skok prędkości kompleksowej wynosi tu 2300 m/s. Jest to granica między kompleksem obejmującym utwory ilaste karbonu i wapienie górnego dewonu (famen), charakteryzujące się małą wartością prędkości kompleksowej 3380 m/s, a niżej zalegającymi osadami wapieni dolomitycznych dewonu o prędkości kompleksowej 5680 m/s zanotowanej do

Tabela 16**Zestawienie kompleksów prędkościowych**

Listing of separated velocity complexes

Nr	Nazwa kompleksu The name of the complex	H [m]	Vk [m/s]	Vi [m/s]
1	karbon + D3 (famen)	180	3380	3680–4115
2	D3 (fran) + górna część D2	460	5680	5400–6065
3	D2 część środkowa	900	6150	5710–6160
4	D2 część dolna	1080	5780	5640–5850
5	D1	1120	5380	5650

H – głębokość / depth; Vk – prędkość kompleksowa / complex velocity;
Vi – prędkość interwałowa / interval velocity

głębokości ok. 460 m. Systematyczny i znaczny wzrost prędkości do tej głębokości odzwierciedla się również na krzywej prędkości wygładzonej i krzywej prędkości interwałowej. Ta ostatnia obrazuje ponadto zróżnicowanie prędkości w obrębie tych dwóch kompleksów. Pierwsze w środkowej partii górnego interwału można wiązać z występującą tu wkładką margli. Drugie, zanotowane na głębokości ok. 200 m, odpowiada położeniu serii utworów dolomitycznych. Trzeci kompleks o miąższości 440 m charakteryzujący się do głębokości ok. 900 m prędkością kompleksową ok. 6150 m/s obejmuje dolomity dewonu środkowego z wkładką wapieni zalegającą w stropie. Przejście utworów wapieni dolomitycznych do osadów dolomitowych, podkreślone kontrastem prędkości ok. 470 m/s, zaznacza się również na wykresie prędkości interwałowych. W obrębie

trzeciego kompleksu występuje zmiana gradientu na krzywej prędkości wygładzonej, świadcząca o dwudzielności tego odcinka profilu w obrazie prędkości sejsmicznych. Potwierdzeniem tego jest obniżenie wartości na krzywej prędkości interwałowej w obrębie niższej partii tego interwału, związane prawdopodobnie z pojawieniem się wśród dolomitów skał łupkowych. Następny kompleks, charakteryzujący się prędkościami średnimi 5780 m/s, wyznaczono w skałach niższej części dewonu środkowego. Obniżenie prędkości o ok. 370 m/s jest spowodowane (wg danych otworowych) występowaniem w dolomitach wkładek iłowców i margli dolomitycznych. Zróżnicowanie litologiczne skał tego odcinka obrazuje zmienność wartości na krzywej prędkości interwałowej. Ostatni kompleks prędkościowy 5380 m/s został zaznaczony przez drugi ujemny kontrast wartości, wynoszący ok. 400 m/s, usytuowany w profilu stratygraficznym otworu na pograniczu dewonu środkowego i dolnego. Można go korelować z przejściem utworów dolomitowych dewonu środkowego do osadów dewonu dolnego wykształconego w postaci piaskowców, mułowców i iłowców. Te informacje otworowe potwierdza również zmniejszenie wartości na krzywej prędkości interwałowych i ponowna zmiana gradientu na wykresie prędkości wygładzonych.

Reasumując, krzywe sejsmicznych średnich prędkości kompleksowych, interwałowych i na wykresie prędkości wygładzonych odzwierciedlają zmienność litologiczną utworów dewonu, tworzących profil geologiczny otworu Zaręby IG 2, co pozwala wyznaczyć wyżej wymienione poszczególne kompleksy prędkościowe.

Michał G. ROMAN

WYNIKI BADAŃ GEOFIZYKI WIERTNICZEJ Z OTWORU WIERTNICZEGO ZARĘBY IG 2

Opracowanie danych geofizyki wiertniczej wykonano m.in. w programie Techlog, który został udostępniony PIG-

-PIB przez Schlumberger Information Solutions w celu prowadzenia prac naukowo-badawczych.

ZAKRES WYKONANYCH BADAŃ

W otworze Zaręby IG 2 pomiary geofizyki wiertniczej wykonano w 2 odcinkach pomiarowych. Badania zostały wykonane przez Przedsiębiorstwo Geologiczne z Katowic w czasie wiercenia otworu, tj. w okresie od 29.06.1963 r. do 15.07.1964 r. (dokładne daty wykonania poszczególnych pomiarów nie są znane) (Żakowa, Jurkiewicz, 1966). Pomiar wykonano analogowymi aparaturami, oryginalne załączniki z profilowaniami geofizyki wiertniczej w skali 1 : 200 zaginęły prawdopodobnie wraz z dokumentacją wynikową otworu. W ramach realizacji niniejszego opracowania scyfrowano część profilowań dostępnych w postaci profilu korelacyjnego trzech otworów (Zaręby 4, Zaręby IG 2,

Zaręby 3) w skali 1 : 2000 (fig. 12 w Żakowa, Jurkiewicz, 1966). Scyfrowane dane pomiarowe geofizyki wiertniczej (w formacie plików LAS – *Log ASCII Standard*) oraz cyfrowe dane z pomiarów petrofizycznych i chemicznych na próbkach rdzenia zapisano Centralnej Bazie Danych Geologicznych (numer identyfikacyjny CBDG otworu 48108, nazwa: „Zaręby 2”). Dostępne oryginalne analogowe materiały geofizyki otworowej znajdują się w Narodowym Archiwum Geologicznym pod nr 23218.4532/594, pomiary petrofizyczne na próbkach rdzenia (głównie gęstość objętościowa) – pod numerem katalogowym 33/129, a pomiary geochemiczne (zawartość wybranych metali) w próbkach

Tabela 17

Wykaz badań geofizyki otworowej wykonanych w otworze Zaręby IG 2

List of well logs performed in the Zaręby IG 2 borehole

Data wykonania badań Date of sampling	Rodzaj wykonanych badań (skrót) Kind of investigations	Interwał głębokościowy badań [m] Depth interval	Głębokość otworu podczas wykonywania badań [m] Depth of the borehole during the hydrogeological sampling	Średnica nominalna otworu [mm] Nominal diameter of the borehole
23–30.07.1964	PO: A5.28M0.82N	110–1050	1375	brak danych, prawdopodobnie 216
	PO: M4.48N1.62A	110–1050		
	PO: M5.70N0.4A	110–1050		
	PS	110–965		
	PNG	42–273		
	PO: A0.5M0.1N	975–1372		
	PO: A1.0M0.1N	975–1372		
	PO: A2.5M0.25N	975–1372		
	PO: A4.0M0.5N	975–1372		
	PO: A8.0M0.5N	975–1372		
	PS	965–1372		
	PG	0–1373		
	PNG	776–1218		
	PŚr	110,1–1375		
	PT	35–1375		
	rezystiwimetr (POpl)	110–1374		
	PK (co 25 m)	0–1375		
13–16.08.1964	PT w celu określenia wysokości wytłoczenia cementu	prwdp. 0–1202,5	1375	

PG – profilowanie naturalnej promieniotwórczości gamma, PNG – profilowanie neutron–gamma, PS – profilowanie naturalnych potencjałów, PO – klasyczne profilowanie oporności (A, B – elektrody prądowe, M – elektroda pomiarowa, odległości między elektrodami w metrach), POpl – profilowanie oporności płuczki, PK – profilowanie krzywizny otworu, PŚr – profilowanie średnicy, PT – profilowanie temperatury. Pogrubiono czcionkę w wypadku profilowań dostępnych w formie cyfrowej, podkreślono pomiary niedostępne w formie analogowej

PG – gamma ray log, PNG – neutron–gamma ray log, PS – spontaneous potential log, PO – conventional electrical log (A, B – current electrodes, M – measurement electrode, distances between electrodes are expressed in meters), POpl – mud resistivity log, PK – deviation log, PŚr – caliper, PT – temperature log. The font has been bolded in the case of digitalized curves, unavailable (even in analogous form) logs has been underlined

rdzenia – pod numerem katalogowym OW/207 (Żakowa i in., 1980).

Informacje o geofizyce wiertniczej dostępne są w trzech miejscach ww. opracowania (Żakowa, Jurkiewicz, 1966: 4–15, 256–262 oraz fig. 12) i niekiedy wzajemnie się wykluczają. W tabeli 17 przedstawiono ustalony na ich podstawie najbardziej prawdopodobny przebieg i zakres pomiarów wykonanych w otworze Zaręby IG 2.

W zasobach CBDG znajduje się również 4275 (!) wyników oznaczeń gęstości objętościowej na próbkach rdzenia

oraz trzy oznaczenia porowatości efektywnej. Dla otworu Zaręby IG 2 obliczono również średnie gęstości przewierconych warstw skalnych z poszczególnych warstw litologicznych na podstawie ww. oznaczeń gęstości (Rosowiecka, 2011). Wyniki części tych oznaczeń zaprezentowano w załączniku 1¹ (z uwagi na brak informacji o dokładnym miejscu poboru poszczególnych próbek, ustalono je przez podział długości skrzynki, z której były pobrane przez liczbę próbek).

OCENA JAKOŚCI DANYCH

Jakość wykonanych pomiarów jest obniżona, co wynika przede wszystkim z powiększonej średnicy otworu, ograniczeń stosowanego ówczesnie sprzętu (nieskalibrowane pomiary radiometryczne) oraz analogowych metod rejestracji. Mała skala dostępnych obecnie materiałów analogowych rzutuje na obniżoną dokładność scyfrowanych pomiarów geofizyki wiertniczej. Niekiedy, na skutek błędów przy zapisie materiałów analogowych, oznaczenia podziałek nie są liniowe (np. dolny odcinek profilowania neutron–

gamma), co sprawia że krzywą można interpretować tylko jakościowo. Proces cyfrowania analogowo zarejestrowanych krzywych powoduje zwiększenie niepewności pomiaru, np. w dolnym odcinku pomiarowym, wyniki profilowań oporności po scyfrowaniu miały ujemne wartości (przyjęto dla nich wartość zerową).

Zakładając, że nominalna średnica wiercenia poniżej głębokości 111 m wyniosła 216 mm (jest to popularna średnica narzędzi wiertniczych, ponadto odcinek ten częściowo

¹ Załącznik 1 znajduje się w kieszeni na końcu książki.

zarurowano rurami o średnicy 6 5/8"), otwór ten ma powiększoną średnicę niemal w całym interwale, w którym wykonano pomiar średnicy. Większe rozmycia występują w interwałach: 110–390, 455–479, 539–565, 1084–1126, 1138–1309 oraz 1324–1352 m.

Profilowanie krzywizny otworu pomierzono z krokiem 25 m w całym profilu odwiertu. Do dzisiaj nie zachował się jego oryginalny pomiar, dostępne jest jedynie omówienie jego interpretacji (Żakowa, Jurkiewicz, 1966). Całkowite odchylenie otworu to ok. 47 m w kierunku SW.

INTERPRETACJA PROFILOWAŃ GEOFIZYKI WIERTNICZEJ

W otworze Zaręby IG 1 nie interpretowano ilościowo profilowań geofizyki wiertniczej. Jest to zresztą uzasadnione jego pełnym rdzeniowaniem, występowaniem mediów porowych w znacznej mierze w szczelinach (co sprawia, że interpretacja jest mniej wiarygodna) oraz ubogim zestawem wykonanych pomiarów.

Z uwagi na bardzo gęsto wykonywane oznaczenia gęstości objętościowej (wykonywane średnio co 32 cm), włączono je do opisu karotaży. Poniżej głębokości 80 m gęstość objętościowa wyraźnie wzrasta (przy niezmiennych profilowaniach gamma i neutron–gamma), co jest związane ze zmianą litologii z łupkowej na marglistą. W interwale 131,5–136 m można zaobserwować anomalne podwyższenie promieniotwórczości gamma, obniżenie profilowania neutron–gamma, podwyższenie oporności oraz znaczne zmniejszenie gęstości, związane z obecnością kawernistycznych, silnie spękanych, nasyconych ropą wapieni. Ujemna anomalia na profilowaniu neutron–gamma w interwale 151–180 m wynika prawdopodobnie z dużych rozmyć ścian otworu.

Monotonne wapienno-dolomityczne wykształcenie skał w przedziale 180–824 m charakteryzuje się niską promieniotwórczością gamma i podwyższoną opornością. Dodat-

nia anomalia gamma, której pik znajduje się na głębokości 705 m jest prawdopodobnie związana z brekcją zawierającą iłowiec. Poniżej głębokości ok. 440 m (aż do 1079 m) wzrost gęstości z 2,7 g/cm³ do ponad 2,8 g/cm³ świadczy o przewodzie dolomitów w profilu. W interwale 824–1082 m dolomit jest przewarstwiany iłowcem, co powoduje wzrost natężenia promieniowania gamma oraz minima na krzywej neutron–gamma i oporności. Jedną z bardziej charakterystycznych warstw iłowca występuje w głębokości ok. 893,5–903,0 m (wg profilowania gamma) oraz 895,5–906,0 m (wg oznaczeń gęstości na rdzeniu). Manifestują się one również przez powiększenie średnicy otworu.

Poniżej głębokości 1082 m aż do dna otworu w profilu zaczynają przeważać skały ilaste, co zaznacza się wzrostem profilowania gamma i średnicy otworu, spadkiem profilowania neutron–gamma oraz spadkiem oporności. Ich gęstość objętościowa oscyluje koło wartości 2,75 g/cm³. Pośród nich występują jednak warstwy kwarcytu charakteryzujące się dokładnie odwrotnym niż iłowce obrazem na krzywych oraz gęstością równą ok. 2,6 g/cm³. Jedną z bardziej charakterystycznych warstw kwarcytu znajduje się na głębokości 1127–1137 m (wg profilowań radiometrycznych) i 1130–1141 m (wg oznaczeń gęstości na rdzeniu).