

WYNIKI BADAŃ GEOFIZYCZNYCH

Michał Grzegorz ROMAN

WYNIKI BADAŃ GEOFIZYKI WIERTNICZEJ¹

ZAKRES WYKONANYCH BADAŃ

W otworze Grochowice M 9 dane geofizyki wiertniczej dostępne są jedynie w postaci załącznika do opracowania złożowego (Dąbrowska-Żurawik i in., 1985) i obejmują profil serii złożowej z punktu widzenia poszukiwań węglowodorów, dotyczącej piaskowcowych skał białego spągowca oraz ich nadkładu, aż do spągowej części najstarszej soli kamiennej (fig. 34). Wszystkie głębokości na tym profilu mierzone są od powierzchni terenu wzdłuż osi otworu.

W otworze wykonano pomiary analogową aparaturą AKS/L Nr 208 (Gospodarczyk i in., 1980), których spis znajduje się w tabeli 15.

W ramach realizacji niniejszego opracowania, scyfrowano analogowe profilowania otworów złożowych, znajdujące się w załączniku do dokumentacji złożowej nr 18, pt. *Zestawienie (wybranych – przyp. autora) pomiarów geofizycznych wyników prób laboratoryjnych prób złożowych w skali 1:500* (Dąbrowska-Żurawik i in., 1985), dostępne

w Narodowym Archiwum Geologicznym pod nr 16002 CUG (Dąbrowska-Żurawik i in., 1985). Scyfrowane dane pomiarowe geofizyki wiertniczej (zapisane w formacie plików LAS – *Log ASCII Standard*) oraz cyfrowe dane z pomiarów petrofizycznych wykonanych dla próbek skał z rdzeni wiertniczych znajdują się w Centralnej Bazie Danych Geologicznych pod numerem identyfikacyjnym otworu 26909, nazwa: „Grochowice-M-9”. Obecnie dostępne są jedynie dane geofizyki wiertniczej i oznaczeń petrofizycznych dla interwału 1455–1625 m, obejmującego najniższą część cechsztynu. Dane te zestawiono na figurach 34 i 35.

Niestety, oryginalne załączniki z profilowaniami geofizyki wiertniczej w skali 1:200 dla całego profilu otworu Grochowice M 9 nie są dostępne. Prawdopodobnie materiały te znajdują się w archiwum Przedsiębiorstwa Badań Geofizycznych w Warszawie, które jest spadkobiercą Przedsiębiorstwa Poszukiwań Geofizycznych – wyko-

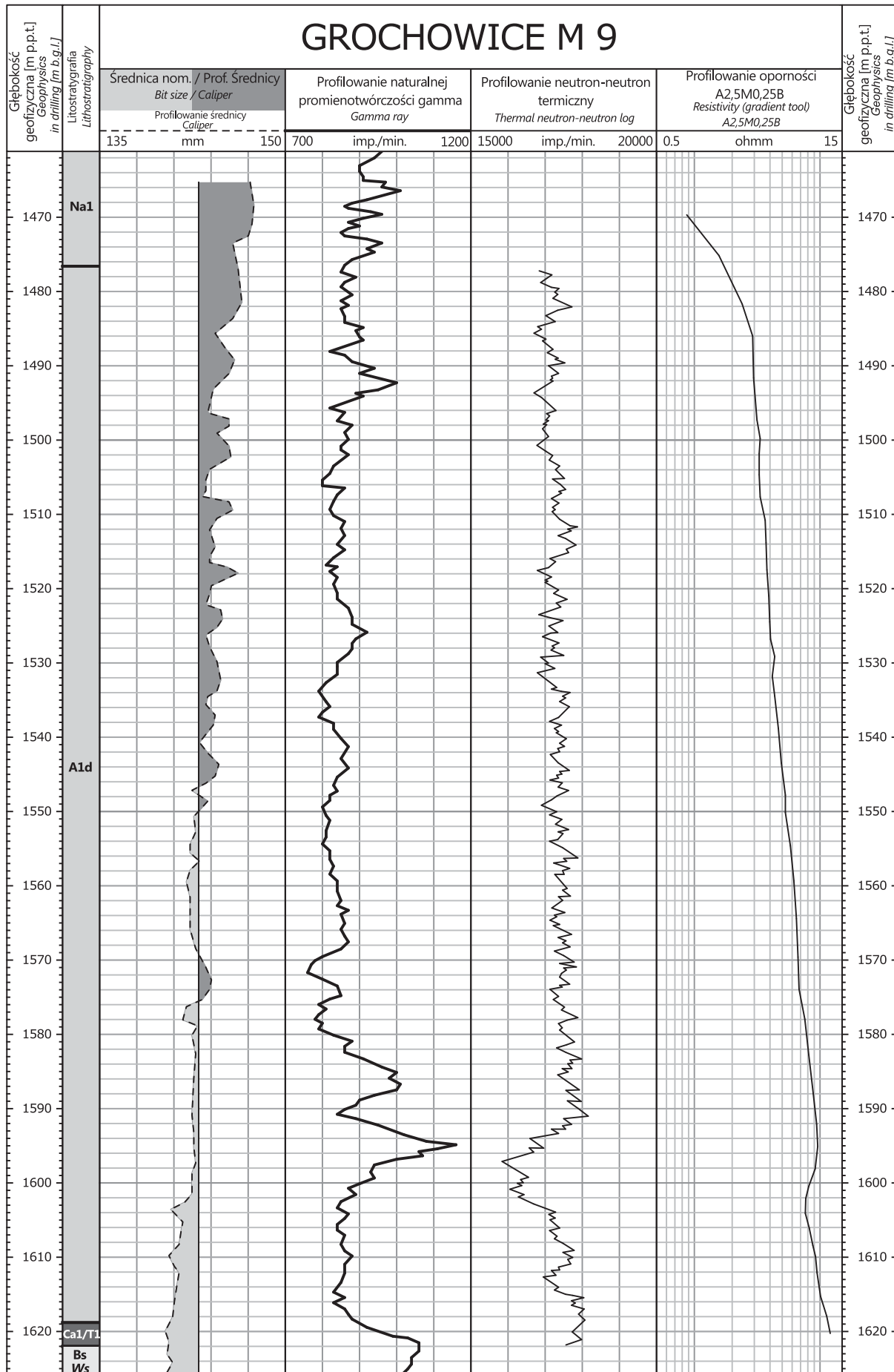
Fig. 34. Zestawienie dostępnych pomiarów geofizyki wiertniczej dla spągowych utworów cechsztynu, scyfrowanych z zał. 18 do dokumentacji złoża gazu ziemnego Grochowice (Dąbrowska-Żurawik i in., 1985)

Stratygrafia wg CBDG (weryfikacja 2008) została przyjęta z uwagi na dopasowanie jej wydzieleni do głębokości geofizycznych. Skróty dla jednostek litostratigraficznych: Na1 – najstarsza sól kamienna, Ca1 – wapień cechsztyński, T1 – łupek miedzionośny, Bs – biały spągowiec

Layout of the available well logs of the Lower Zechstein rocks. The data have been digitalized from the attachment No. 18 enclosed to the Grochowice gas deposit documentation (Dąbrowska-Żurawik *et al.*, 1985)

Stratigraphy has been correlated with the well logging data (CBDG, verification 2008). Abbreviations for the lithostratigraphy: Na1 – Oldest Halite, A1d – Lower Anhydrite, Ca1 – Zechstein Limestone, T1 – Kupferschiefer, Bs – Weissliegend

¹ 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.



nawcy pomiarów, lecz nie zostały udostępnione. Stanowią one własność Skarbu Państwa i powinny być ogólnodostępne dla zainteresowanych ich wykorzystaniem po złożeniu odpowiedniego wniosku w Narodowym Archiwum Geologicznym (NAG), jednak Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych odmawia udostępnienia tych danych. Obecnie trwa postępowanie w sprawie ich pozyskania przez NAG.

W zasobach NAG znajdują się natomiast dane geofizyki wiertniczej dotyczące pozostałych 26 otworów dokumentujących złożę gazu ziemnego Grochowice. Ze względu

na późniejszy czas ich wykonania (1980–1991), stanowią cenny materiał przy rozpoznaniu budowy geologicznej złoża węglowodorów w rejonie Grochowic, zawierający bardziej nowatorskie i kompleksowe dane, niż uzyskane podczas realizacji w 1978 r. rozpoznawczego otworu Grochowice M 9, wykonanego w celu poszukiwań złóż rud miedzi. Ze względu na brak danych geofizyki wiertniczej z całego profilu otworu Grochowice M 9 oraz stosunkowo niewielką jego odległość (2,5 km) do sąsiedniego otworu Grochowice 7, dokonano korelacji profiliowań z tych otworów (fig. 36).

Tabela 15

Wykaz badań geofizyki otworowej wykonanych (wg Gospodarczyka i in., 1980)

List of well logs performed (after Gospodarczyk *et al.*, 1980)

Data wykonania badań Date of examination	Rodzaj wykonanych badań (skrót) Type of examination	Interwał głębokościowy badań Depth interval [m]	Głębokość otworu podczas wykonywania badań The depth of the hole during examination [m]
13.05.1978	PG	0–300	303,50
	PGG	0–300	
	PO	94–300	
	PS	94–300	
	PŚr	94–300	
	PK	0–300	
12.10.1978	PAc	81–1320	b.d.
	mPŚr	13615–1395	
21.09.1978	PG	250–1312	1314,50
	PNNt	250–1312	
	PNNnt	250–1312	
	PGG	250–1312	
	PO	310–1312	
	PS	310–1312	
	PŚr	310–1312	
	PK	280–1310	
22.11.1978	PG	1250–1620	1622,00
	PNNt	1250–1620	
	PNNnt	1250–1620	
	PGG	1250–1620	
	PO	1317–1620	
	PS	1317–1620	
	PŚr	1317–1620	
	PK	1260–1615	
9.12.1978	PAc	20–1622	1630,00

PG – profilowanie naturalnej promieniotwórczości gamma; PNN – profilowanie neutron–neutron (t – termiczny, nt – nadtermiczny); PGG – profilowanie gamma–gamma; PS – profilowanie naturalnych potencjałów; PO – klasyczne profilowanie oporności; PŚr – profilowanie średnicy; PK – profilowanie krzywizny otworu; PAc – profilowanie cementomierzem akustycznym; mPŚr – mikroprofilowanie średnicy; b.d. – brak danych

PG – gamma ray log; PNN – neutron-neutron log (t – thermal, nt – epithermal); PGG – gamma-gamma ray log; PS – spontaneous potential log; PO – conventional electrical log; PŚr – caliper; PK – deviation log; PAc – cement-bound log; mPŚr – microcaliper; b.d. – lack of data

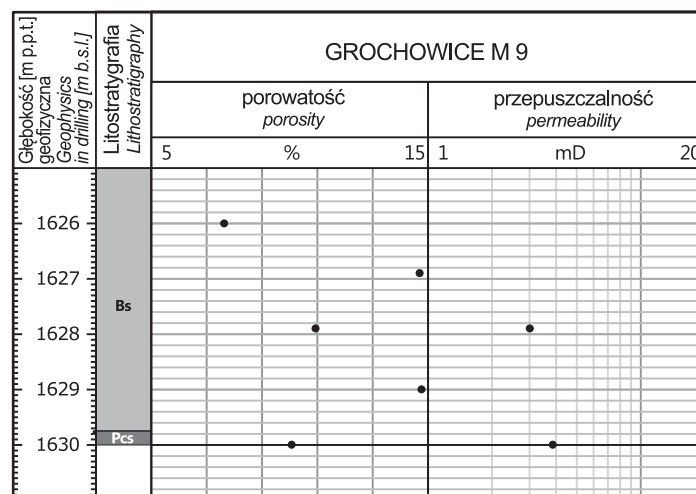


Fig. 35. Zestawienie dostępnych pomiarów petrofizycznych wykonanych dla próbek białego i czerwonego spągowca

Dane scyfrowane z zał. 18 do dokumentacji złoża gazu ziemnego Grochowice (Dąbrowska-Żurawik i in., 1985). Bs – biały spągowiec, Pcs – czerwony spągowiec

Layout of the available petrophysical measurements of the core samples from the Weissliend and Rotliend rocks

The data have been digitalized from the attachment No. 18 enclosed to the Grochowice gas deposit documentation (Dąbrowska-Żurawik *et al.*, 1985). Bs – Weissliend, Pcs – Rotliend

INTERPRETACJA DANYCH GEOFIZYKI WIERTNICZEJ

Przesunięcie głębokości wiertniczej (rdzenia) względem głębokości geofizycznej w najniższym odcinku pomiarowym wynosi ok. 4 m (ustalone dla stropu łupku miedzionośnego), w związku z czym w dalszych rozważaniach korzystano z litostratygrafii uzgodnionej głębokościowo z geofizyką wiertniczą w tym interwale (CBDG, weryfikacja 2008).

Przebieg dostępnych krzywych geofizyki wiertniczej jest typowy dla utworów cechsztyńskich z tego rejonu. Silniej zailone utwory w interwałach występujących na głębokościach ok. 1489–1495; 1522–1532 i 1536–1545,5 m manifestują się dodatnimi anomaliami na krzywej profilowania gamma (por. fig. 34) i znajdują odzwierciedlenie w opisie litologicznym rdzeni (Wagner, ten tom). Uwagę zwraca zaskakująco niska wartość anomalii na krzywej profilowania gamma związana z łupkiem miedzionośnym T1 (głębokość z pomiarów geofizycznych ok. 1620,5–1623,2 m – por. fig. 34), gdyż zazwyczaj utwory łupku miedzionośnego generują największą dodatnią anomalię na krzywej gamma w całym profilu otworu (por. przebieg krzywej gamma w otworze Grochowice 7 – fig. 36). W otworze Grochowice M 9 anomalia związana z łupkiem miedzionośnym ma wyraźnie mniejszą amplitudę od anomalii z głębokości ok. 1592,5–1597,1 m i jest niewiele większa od anomalii z głębokości 1582–1589 m (por. fig. 34). Obie te anomalie nie znajdują uzasadnienia w litologii według opisu rdzeni, gdyż w interwałach tych stwierdzono obecność jasnoszarych (niezailonych) anhidrytów masowych (por. Wagner, ten tom). Przyczyną takiego stanu rzeczy może być specy-

ficzne wykształcenie mineralogiczne tego anhidrytu lub niedokładny opis rdzeni (na podwyższone zailenie wskazuje również profilowanie neutronowe), niemniej należy również wziąć pod uwagę następujące techniczne aspekty pomiaru i jego archiwizacji, które mogą odpowiadać za przebieg profilowania gamma:

- niestabilna praca sondy gamma – krzywa profilowania gamma (PG) dostępna dla otworu Grochowice M 9 wykazuje podwyższenie wskazań przy przejściu z anhidrytu dolnego A1d do najstarszej soli kamiennej Na1, tymczasem w otworze Grochowice 7 przejście to pozostaje bez większego wpływu na kształt krzywej PG; efekt ten może być spowodowany niedokładnym postawieniem spągowej granicy Na1 na podstawie profilowań geofizyki wiertniczej, co jest jednak obecnie niemożliwe do weryfikacji z uwagi na bardzo ograniczony zestaw innych pomiarów dostępnych dla poziomu Na1; na niekorzyść tej hipotezy świadczy mała głębokość otworu, a co za tym idzie stosunkowo niewielkie temperatury panujące prawdopodobnie w otworze (ok. 55°C);
- rezultat nieprecyzyjnego przerysowania i przeskalowania pomiarów z ozalidów podczas tworzenia załącznika nr 18 lub w trakcie cyfrowania pomiarów z tegoż załącznika, choć ta przyczyna wydaje się mało prawdopodobna.

Nieliczne oznaczenia petrofizyczne zostały wykonane w trakcie sporządzania dokumentacji złoża gazu ziemnego Grochowice (Dąbrowska-Żurawik i in., 1985) tylko na

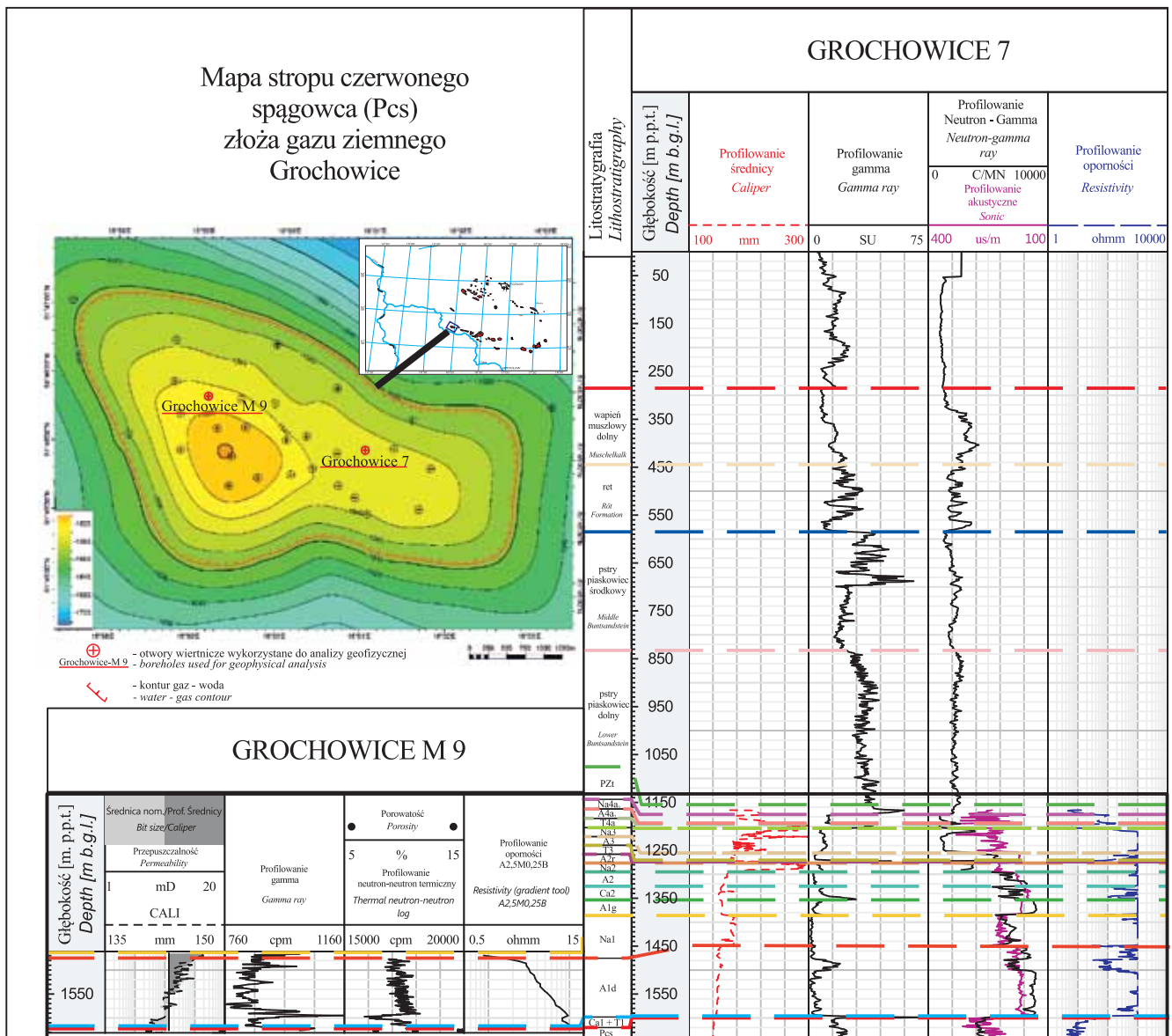


Fig. 36. Korelacja profili otworów wiertniczych Grochowice M 9 i Grochowice 7

Mapa głębokości stropu czerwonego spągowca w złożu gazu ziemnego Grochowice na podstawie Dąbrowskiej-Żurawik (1985)

Correlation of the stratigraphy between the Grochowice M 9 and Grochowice 7 borehole

Map of the depth of the Rotliegend top surface according to Dąbrowska-Żurawik (1985)

próbek rdzenia osadów białego i czerwonego spągowca (fig. 35), w związku z tym nie mogą być skalibrowane z pomiarami geofizyki wiertniczej (por. fig. 34). Średnia porowatość utworów białego i czerwonego spągowca wynosi 11,64%, zaś przepuszczalność 8,66 mD. Przy pełnej informacji dotyczącej warunków panujących w otworze oraz typu użytej sondy neutronowej (powinny być one zapisane w materiałach archiwizowanych przez Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych w Warszawie), można by pokusić się o wprowadzenie poprawki na średnicę, standaryzację i rekaliibrację wskazań tej sondy, np. według metodyk opisanych w pracach Szewczyka (1976) oraz Romana i innych

(2017), w celu określenia porowatości neutronowej i całkowitej w profilu odwiertu.

Otwór wiertniczy Grochowice M 9 znajduje się w rejonie południowej granicy dodatniej anomalii termicznej, obejmującej centralną część monokliny przedsudeckiej, w której temperatura w warunkach ustalonej równowagi termicznej na głębokości 2 km wynosi ok. 73°C (Szewczyk, 2010), zaś wielkość strumienia ciepłego to ok. 90 mW/m² (Szewczyk, Gientka, 2009). W pobliskim otworze wiertniczym Dryżyna M 5 (pomiar wykonany po tygodniowej stójce), temperatura w spągu cechsztynu wyniosła 55,8°C, zaś średni gradient geotermiczny 2,99°C/100 m (Gospodarczyk i in., 1980).

Sylwia KIJEWSKA, Andrzej GŁUSZYŃSKI

BADANIA SEJSMICZNE W OKOLICY OTWORU GROCHOWICE M 9

Otwór Grochowice M 9 zlokalizowany jest w zasięgu eksploatowanego od ponad 30 lat złoża gazu ziemnego Grochowice, z tego powodu w jego sąsiedztwie wykonano liczne odwierty oraz badania geologiczne i geofizyczne. W trakcie rozpoznawania złoża w okolicy omawianego otworu wykonano 27 otworów nawiercających osady czerwonego spągowca (Dąbrowska-Żurawik i in., 1985) i pomierzono ponad 20 linii sejsmicznych 2D (Bojdis, 1991).

W otworze Grochowice M 9 nie wykonano pomiarów profilowania akustycznego, ani prędkości średnich. Z tego powodu w celu dowiązania sejsmiki do danych otworowych, wspomagano się danymi geofizyki wiertniczej ze znajdującego się ok 8,5 km na północ otworu Sława IG 1 (Kijewska, 2015), w tym wykonaną specjalnie dla tego otworu syntetyczną krzywą akustyczną (Szewczyk, 2015). Następnie po dowiązaniu danych sejsmicznych do otworu przeprowadzono interpretację analizowanego profilu sejsmicznego, pomierzonego w 1991 r. na zlecenie PGNiG przez Geofizykę Kraków (Bojdis, 1991). Pozwoliła ona na identyfikację głównych horyzontów sejsmicznych wyznaczających stropy: czerwonego spągowca, cechsztynu, pstrego piaskowca dolnego, środkowego i górnego, wapienia muszlowego oraz regionalną powierzchnię niezgodności, będącą w tym rejonie równocześnie stropem triasu, powyżej którego znajdują się utwory kenozoiku. Chaotyczny zapis sejsmiczny poniżej spągu cechsztynu oraz brak otworów przewiercających cały czerwony spągowiec uniemożliwia interpretację głębszych (niż spąg cechsztynu) horyzontów sejsmicznych.

Analizowany profil sejsmiczny zorientowany jest w kierunku NNW–SSE, czyli skośnie do przebiegu głównych stref tektonicznych (NW–SE). Monoklinalny upad w kierunku NE osadów monokliny/homokliny przedsudeckiej, widoczny w częściach SSE i NNW analizowanego profilu sejsmicznego, jest zaburzony przez występowanie szeroko-promiennej antykliny widocznej w centralnej części profilu, gdzie zlokalizowany jest otwór Grochowice M 9 (fig. 37). Antyklina ta występuje ponad regionalnym wyniesieniem Bielawy-Trzebnica, zwanym również wyniesieniem Bielaw (Mazur i in., 2010), przebiegającym w przedpermskim podłożu na kierunku NW–SE. Ze strefą wyniesienia Bielawy-Trzebnica związane jest występowanie kilkunastu złóż gazu ziemnego, w tym złoża Grochowice, które znajduje się w przegubie brachyantykliny (w stropie czerwonego spągowca) utworzonej w wyniku wielkopromiennych deformacji tektonicznych warstw permo-mezozoicznych (fig. 37).

W płytszej części brachyantykliny są widoczne w obrębie osadów triasowych dwa niewielkie uskoki rozcinające strop dolnego triasu, które najprawdopodobniej powstały w trakcie formowania się tej wielkopromiennej struktury. Pomiedzy otworami Grochowice M 9 i Zabiele S-474

(otwór ograniczający od północy złoża rud miedzi Bytom Odrzański) zinterpretowano niewielkie nasunięcie zakorzenione najprawdopodobniej w solach cechsztyńskich i propagujące w dolną część osadów dolnego triasu.

Powstanie wielkopromiennych deformacji tektonicznych o charakterze brachyantykliny i towarzyszących jej uskoków w utworach podkenozoicznych rejonu otworu Grochowice M 9 wiązać należy z kompresyjnym/transpresyjnym etapem inwersji basenu z przełomu kredy i paleogenu (Krzywiec, 2002, 2006). Jednak dokładniejszą ocenę wieku powstania tych struktur uniemożliwia brak osadów młodszych od triasu środkowego.

Widoczne w obrazie sejsmicznym osady cechsztyńskie charakteryzują się występowaniem refleksów o dużych amplitudach dodatnich i ujemnych, spowodowanych znacznymi różnicami prędkości fal sejsmicznych i gęstości warstw anhydrytu, soli i węglanów. Epikontynentalny cechsztyń przykryty jest osadami pstrego piaskowca dolnego, reprezentowanego przez osady płytkiego śródlądowego niskoza-solonego zbiornika, który okresowo wysychał (Szyperko-Teller, Moryc, 1988; Becker, ten tom; Kuberska i in., ten tom). Horyzonty sejsmiczne w obrębie pstrego piaskowca dolnego są nieciągłe, co może wskazywać na zróżnicowane warunki sedymentacji. Dodatkowo w odległości ok. 2,5 km na NNW od omawianego otworu, na obrazie sejsmicznym widoczne jest skośne ułożenie refleksów sejsmicznych (fig. 37), które można wiązać z prawdopodobnym występowaniem klinoform, stwierdzonych również na linii sejsmicznej w otoczeniu otworu Sława IG 1 (Kijewska, 2015). Basen sedymentacyjny pstrego piaskowca środkowego wykazywał ruchliwość i wyraźne tendencje transgresyjne (Szyperko-Teller, Moryc, 1988; Kuberska i in., ten tom).

Mięszość pstrego piaskowca środkowego na analizowanym profilu wykazuje nieznaczne zmiany. W szczycie antykliny horyzonty sejsmiczne są poprzerywane i wykazują stosunkowo niskie amplitudy w porównaniu z refleksami na skrzydłach fałdu. Jednak pomimo większej ciągłości horyzontów, mają one zmienny charakter, przejawiający się nieregularnym wzmocnieniem sygnału wzdłuż poszczególnych horyzontów oraz łączeniem się amplitud o tej samej polaryzacji w jeden „szeroki” refleks. Miejscami wykazują również brak ciągłości, ale nie zaznaczają się wyklonowania.

Wyraźnie ciągłymi horyzontami wskazującymi na wyrównaną sedymentację odznacza się wyżejleżąca warstwa osadów pstrego piaskowca górnego. Mięszość warstwy zmienia się w niewielkim zakresie i w części NNW profilu jest ona nieco mniejsza, niż w części SSE. Horyzonty sejsmiczne są ciągłe i jedynie w spągowej części są poprzerywane. Wyraźnie podwyższona amplituda horyzontu sejsmicznego w środkowej części pakietu może pochodzić prawdopodobnie od stwierdzonych w otworze warstw z an-

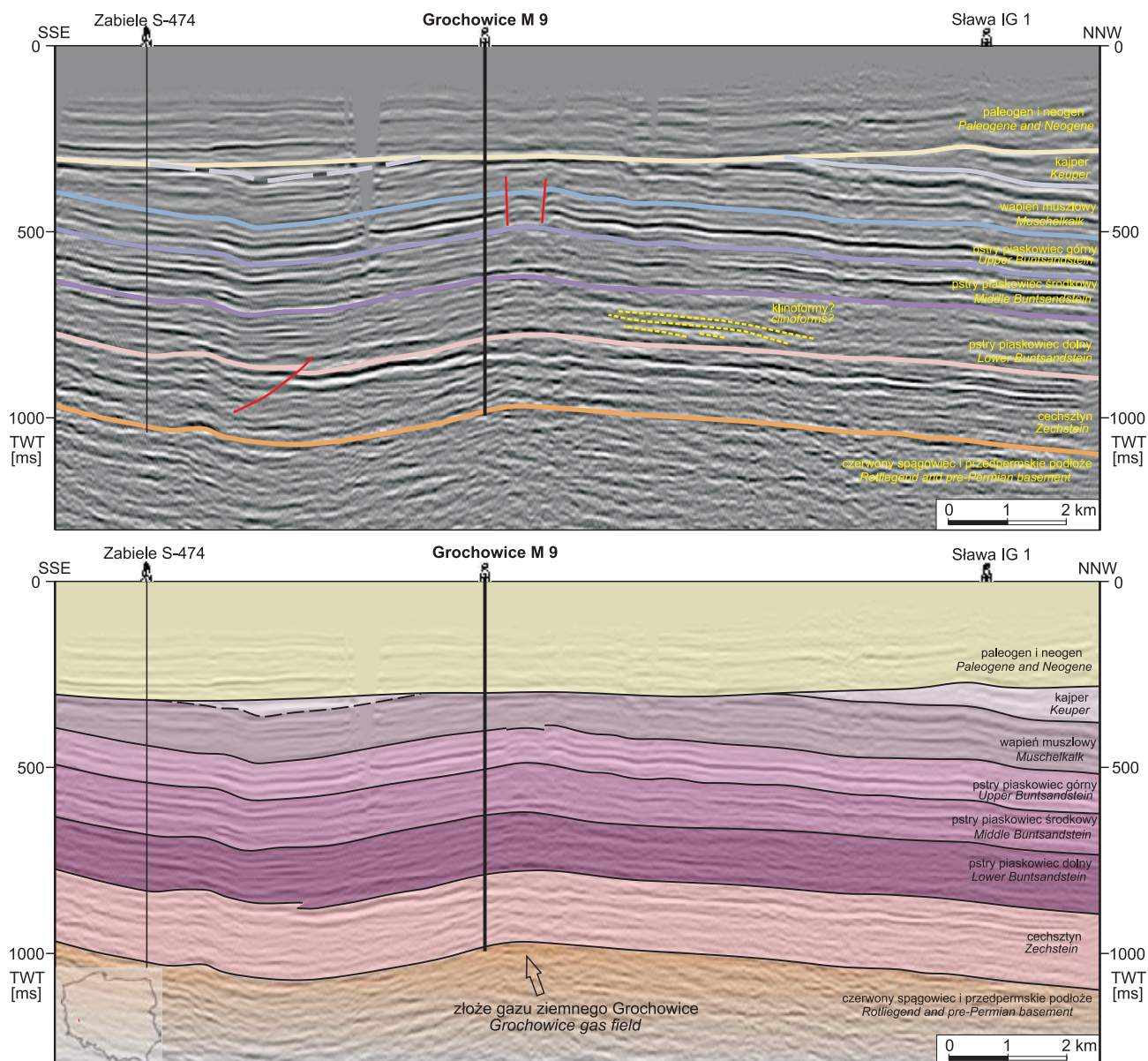


Fig. 37. Interpretacja profilu sejsmicznego zlokalizowanego w pobliżu otworu Grochowiec M 9

Interpretation of 2D seismic section located near the Grochowiec M 9 borehole

hydrytem (na głębokości 559,5–566,5 m), który wykazuje duże prędkości fal, w porównaniu z utworami warstw sąsiednich.

Profil triasu środkowego w otworze Grochowiec M 9 ogranicza się do występowania osadów wapienia muszlowego dolnego, kiedy miało miejsce maksimum transgresji morskiej oraz niepełnego profilu wapienia muszlowego środkowego. Zapis obrazu falowego w tych osadach jest zmienny. Ciągłe i wyraźne horyzonty sejsmiczne są rozdzielane przez horyzonty o braku ciągłości.

W NNW części profilu widoczne są także osady kajpru, znane z okolic otworu Sława IG 1, a których erozyjna granica znajduje się ok. 5 km na północ od otworu Grochowiec M 9. Z analizy obrazu falowego profilu sejsmicznego

można wnioskować, że osady kajpru, zerodowane w pobliżu otworu Grochowiec M 9, mogły częściowo zachować się w przegubie synkliny znajdującej się na SSE od otworu (fig. 37).

Na zinterpretowanym przekroju widoczne jest erozyjne ścięcie zafałdowanych osadów triasu przez regionalną powierzchnię nieciągłości, która stanowi granicę pomiędzy utworami triasu oraz paleogenu. Horyzont sejsmiczny charakteryzuje się wyraźnym, ciągłym refleksem (fig. 37). Zdeponowane bezpośrednio na utworach triasu osady paleogenu i neogenu w zapisie sejsmicznym widocznym na analizowanym profilu mają przebieg zgodny z powierzchnią nieciągłości, a horyzonty sejsmiczne wykazują zmienną ciągłość.