

O możliwości zastosowania pomiarów naturalnego promieniowania gamma rdzeni wiertniczych do badań stratygraficznych, sedimentologicznych i analizy basenowej (wyniki pilotażowych badań utworów dolnego triasu z otworów Września IG-1 oraz Gorzów Wielkopolski IG-1)

Anna Roman*, Jan Szewczyk**, Piotr Krzywiec**

On possibilities of application of natural gamma ray core logging to stratigraphical and sedimentological studies and to basin analysis (results of Lower Triassic pilot studies of wells Września IG-1 and Gorzów Wielkopolski IG-1, NW Poland). *Prz. Geol.*, 49: 867–872.

Summary. GR core measurements using a hand-held scintillometer are a new technique of stratigraphical and sedimentological investigations, which have not been until recently widely applied in Poland. Such measurements have been completed for cores of the Lower and Middle Buntsandstein of the Września IG-1 and Gorzów Wielkopolski IG-1 research wells. Results of the measurements showed that: 1) GR core logs give similar but more detailed results in comparison with the GR well logs; 2) core preservation have to be considered during interpretation of the results; 3) detailed correlation of the GR core measurements with the core depth scale and their direct relationship to well measurements allows for precise definition of depth shift of the well log; 4) GR core measurements can be used for a very detailed sedimentological interpretation of the investigated sediments, and for basin analysis based on integration of well and seismic data.

Key words: natural gamma ray, cores, hand-held scintillometer, Buntsandstein, Mid-Polish Trough

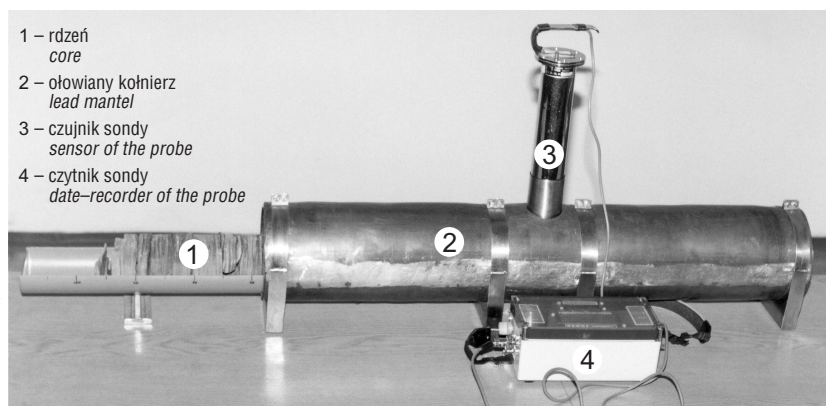
Pomiary naturalnego promieniowania gamma w otworach wiertniczych są jedną z podstawowych metod geofizyki wiertniczej (Serra, 1984; Schlumberger, 1991; Fricke & Schön, 1999 i in.). W ostatnim dziesięcioleciu coraz szersze zastosowanie znajdują pomiary promieniowania gamma prowadzone ręczną sondą w odsłonięciach. Podobne badania zaczyna się również stosować do opracowywania materiału rdzeniowego. Otrzymane wyniki są wykorzystywane do korelacji stratygraficznych, badania cykliczności osadów, jak również do oceny jakościowej osadów dla celów przemysłowych (Böhler i in., 1988; Brand & Krämer, 1989; Falkenstein & Krämer, 1990; Aigner i in., 1995; Hornung & Aigner, 1996; Kędzierski, 1998; Rüffer, 2000 i in.). W 1975 r. zostały wykonane podobne badania przy zastosowaniu spektrometru DISA 400A na rdzeniach z utworów karbonu z obszaru lubelszczyzny (J. Szewczyk, 2000).

W ramach badań nad niżowym basenem triasowym w Polsce przeprowadzono ręczną sondą pilotażowe pomiary naturalnego promieniowania gamma rdzeni wiertniczych, pobranych z dolnego i środkowego pstręgo piaskowca, z otworów Września IG-1 oraz Gorzów Wielkopolski IG-1 (Roman, 2000). Otwory te zostały odwiercone dość dawno i dlatego są dla nich dostępne stosunkowo długie interwały rdzeniowe. Równocześnie wykonane w tych otworach wiertniczych pomiary profilowania gamma ze względu na typy stosowanych wówczas sond pomiarowych nie zawsze wykazywały wystarczającą jakość. Wyniki pomiarów ręcznych na rdzeniach posłużyły do ilustracji przydat-

ności nowej metody badawczej oraz do dokładniejszej analizy sedimentologicznej badanych osadów.

Metodyka i zakres pomiarów

Pomiary promieniowania gamma na rdzeniach przeprowadzono ręczną sondą typu scyntylicyjnego, skonstruowaną przez G.B.-H. Elektronik (Walter Heger, Uetze), w której jako detektor promieniowania służy kryształ NaJ(Tl) o wymiarach 0,4 x 0,5 cm. Przedmiotem pomiarów było sumaryczne promieniowanie gamma, emitowane przez izotopy szeregu U-238, Th-232 oraz izotopu K-40 w zakresie energii 0,4–3,0 MeV. Więcej informacji na temat zastosowania pomiarów naturalnego promieniowania, również w wariancie pomiarów spektrometrycznych, można znaleźć w jednej z wcześniejszych prac jednego z autorów (Szewczyk, 1984). Pomiary opisane w niniejszej pracy były prowadzone na metrowych odcinkach rdzeni, na ogół co 5 lub co 10 centymetrów. Czas trwania pojedynczego pomiaru wynosił 10 sekund. W celu odizolowania rdzenia od wpływu otoczenia (odcięcie promieniowania tła) zastosowano ołowiany kołnierz metrowej długości o kolistym przekroju (ryc. 1). Wyniki pomiarów, podawane w cps



Ryc. 1. Stanowisko pomiarowe do badań naturalnego promieniowania gamma rdzeni ręczną sondą scyntylicyjną

Fig. 1. Working desk for measurements of GR activity of the core with the hand-held scintillometer

*Institut für Geologische Wissenschaften und Geiseltalmuseum, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Domstr. 5, 06 108 Halle/Saale, Deutschland; e-mail: roman@geologie.uni-halle.de

**Państwowy Instytut Geologiczny, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

(ang. *counts per second* — impulsy na sekundę), były zapisywane w postaci cyfrowej w pamięci sondy, a następnie komputerowo opracowywane i graficznie przedstawiane w postaci krzywych w ogólnie dostępnych programach kalkulacyjnych i graficznych.

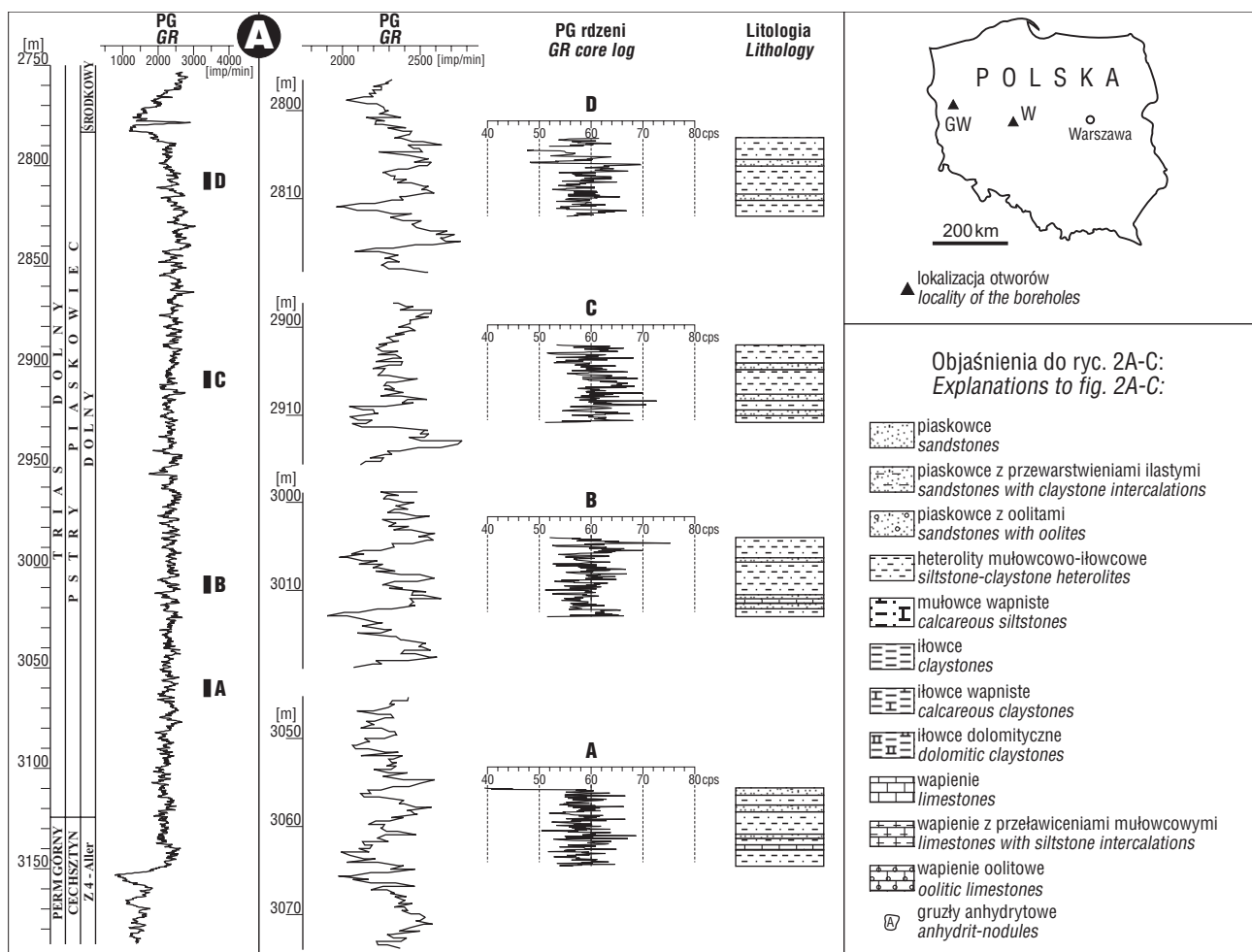
Pomiarami objęto dziewięć marszów rdzeniowych z otworu Września IG-1 (ryc. 2A, B) oraz dwa odcinki rdzeniowe z otworu Gorzów Wielkopolski IG-1 z głębokości 2501,2–2600,0 m oraz 2082,3–2250,0 m (ryc. 2C).

Pomiary były prowadzone na całym dostępnym materiale rdzeniowym bez względu na jego stan zachowania, w związku z czym wyniki pomiarów wykonanych na rdzeniach pokruszonych mogą być zaniżone. Sztucznie obniżone wartości promieniowania charakterystyczne są również dla skrajnych pomiarów na metrowych odcinkach rdzeni. Podczas pomiaru na krawędzi rdzenia czujnik sondy nie zawsze obejmował całą swoją powierzchnią skałę, co dało efekt zmniejszenia masy skały — emitera kwantów gamma — „widzianej” przez detektor. Na ryc. 3 przedstawione są szczegółowe wyniki pomiarów z dwóch odcinków rdzeniowych z otworu Września IG-1. Średnie wartości promieniowania gamma są o ok. 10 cps niższe w drugim z odcinków rdzeniowych (ryc. 3B), którego stan zachowania był bardzo słaby (głównie okruchy). Litologicznie marsz ten był bardzo mało zróżnicowany. Tworzą go osady ilasto-mułowcowe, charakteryzujące się wysokimi wartościami naturalnego promieniowania gamma (Itenberg, 1972). W odcinku z głębokości 3004,0–3013,0 m wyraźnie zaznaczają się piki sztucznie obniżonego promieniowania na krawędziach metrowych odcinków rdzeni. Piki takie są łatwe do wyeliminowania w toku dalszej pra-

cy. Nie mają też one większego znaczenia przy pracy na krzywych w małej skali, porównywalnej ze skalą krzywych otworowych, gdyż nie wpływają one na ogólny kształt i tendencje krzywych.

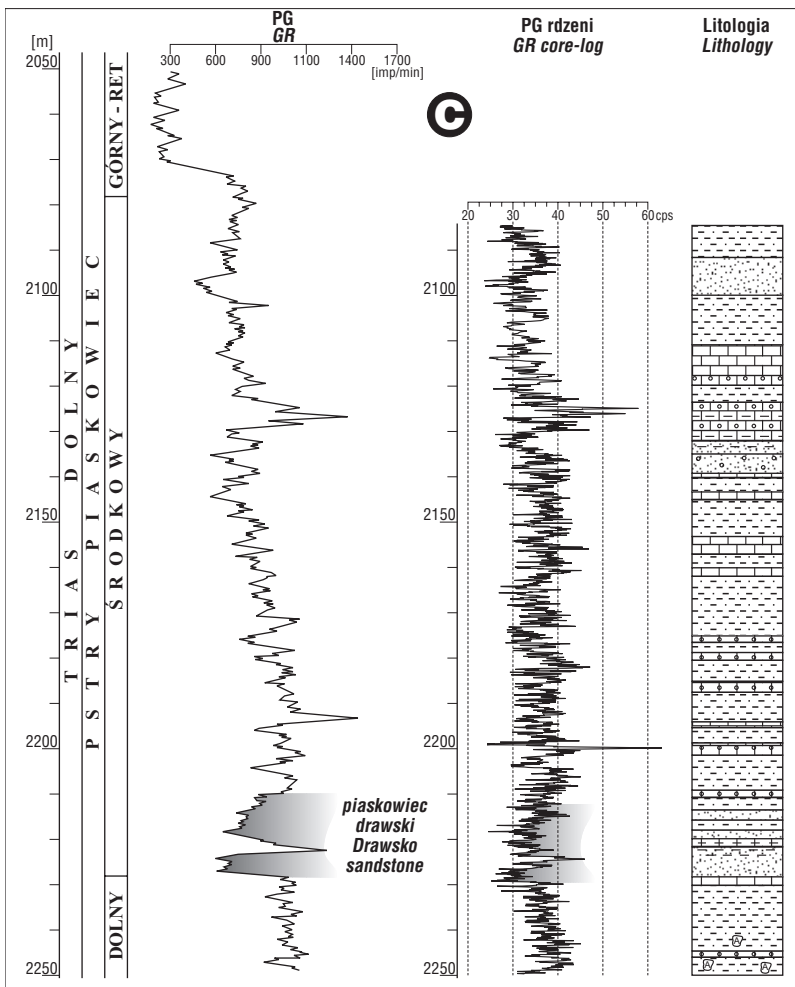
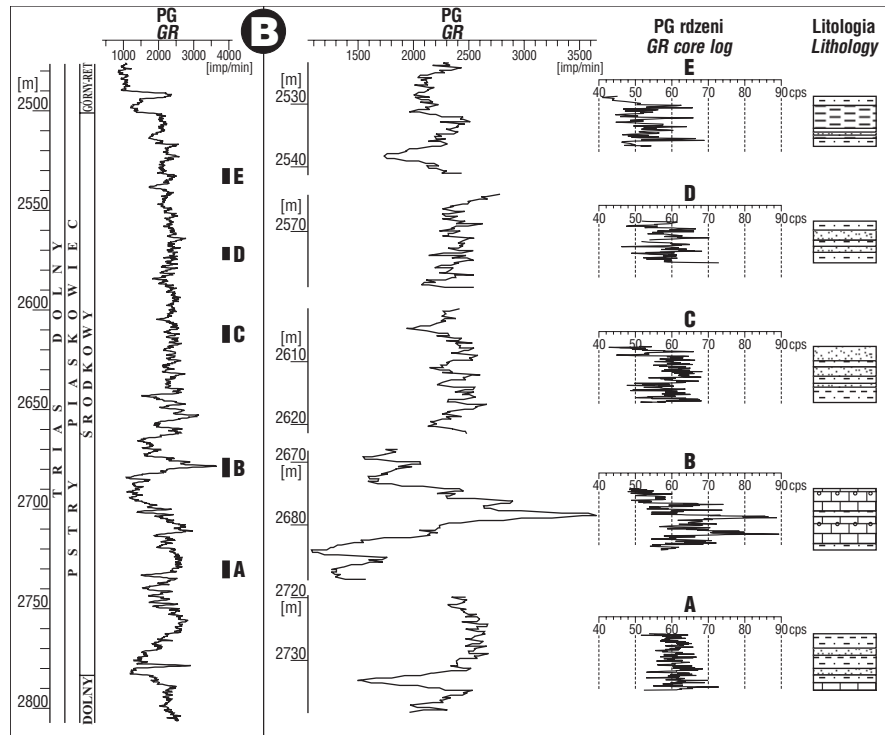
Wyniki pomiarów

Porównanie z krzywymi karotażowymi. Krzywe promieniowania gamma otrzymane z pomiarów ręczną sondą na rdzeniach są w znacznym stopniu bardziej szczegółowe od krzywych karotażowych (ryc. 2). Wynika to przede wszystkim z innego charakteru pomiarów. Pomiary karotażowe były wykonywane w większości sondami wyposażonymi w liczniki typu G-M o sumarycznej długości 70 cm (sonda SP-62). Pomiary te wykonywano w trakcie przemieszczania sond w otworze wiertniczym, rejestrując tak zwane anomalie dynamiczne promieniowania. Pomiary ręczne były wykonywane w sposób punktowy i stacjonarny maksymalnie co 10 cm. Również obiekty badań w obydwu przypadkach były zdecydowanie różne. W przypadku badań karotażowych detektory promieniowania rejestrowały promieniowanie gamma ze strefy wokółotworowej o objętości około 0,6–1,0 m³, natomiast w przypadku badań rdzeni — fragmenty rdzeni o efektywnej objętości około 0,01–0,02 m³. Konsekwencją tego był obserwowany różny charakter rejestrowanych krzywych; ich główne tendencje oraz charakterystyczne piki pokrywają się w obu rodzajach krzywych. Szczególnie dobrze korelują ze sobą dłuższe fragmenty krzywych (jak w otworze Gorzów Wielkopolski IG-1, ryc. 2C) oraz krótkie odcinki, ale obejmujące charakterystyczne piki (ryc. 2B,



Ryc. 2. Zestawienie pomiarów promieniowania gamma w otworze i na rdzeniach wraz z profilami litologicznymi i stratygrafią. Profil litologiczny na ryc. 2A i B — wg H. Kiersnowskiego: **A** — otwór Września IG-1 — dolny pstry piaskowiec. Lokalizacja otworów: GW — Gorzów Wielkopolski IG-1, W — Września IG-1; **B** — otwór Września IG-1 — środkowy pstry piaskowiec; **C** — otwór Gorzów Wielkopolski IG-1 — środkowy pstry piaskowiec

Fig. 2. Comparison of the GR well logs with the GR core logs together with the lithology and stratigraphy of the investigated strata. Lithological profiles on fig. 2A and B — according to H. Kiersnowski: **A** — Września IG-1 borehole — Lower Buntsandstein. Locality of the boreholes: GW — Gorzów Wielkopolski IG-1, W — Września IG-1; **B** — Września IG-1 borehole — Middle Buntsandstein; **C** — Gorzów Wielkopolski IG-1 borehole — Middle Buntsandstein



element B). Ewentualne różnice w kształcie krzywych (np. Gorzów Wielkopolski IG-1, głębokość 2135,0–2160,0 m, ryc. 2C) mogą wynikać z braków w rdzeniu lub być związane z gorszym stopniem zachowania w rdzeniu pewnych typów litologii, jak np. iłów, lub też z innymi warunkami

przewodzenia pomiarów otworowych (obecność wód złożowych, obecność płuczki wiertniczej, wpływ średnicy otworu itp.)

Szczególnie ważną cechą pomiarów ręcznych jest ich idealna korelacja z rdzeniem i jego opisem głębokościowym. Pozwala to na dokładne ustalenie przesunięcia krzywej karotażowej w stosunku do rdzenia. Na podstawie korelacji pomiaru ręcznego z głębokości 2675,1–2684,0 m w otworze Września IG-1 z krzywą karotażową ustalono, iż przesunięcie pomiarów geofizycznych w stosunku do rdzenia wynosi 3 m (ryc. 2B).

Interpretacja litologiczna pomiarów.

Utwory dolnego pstręgo piaskowca charakteryzują się bardzo jednolitymi wartościami promieniowania gamma, zawierającymi się w przedziale 50–70 cps w otworze Września IG-1 (ryc. 2A) oraz 30–40 cps w otworze Gorzów Wielkopolski IG-1 (ryc. 2C, najniższy fragment). Małe zróżnicowanie wartości promieniowania dobrze odzwierciedla jednolitą litologię tych osadów. Różnica poziomów promieniowania w obu otworach wynika prawdopodobnie z większej zawartości łyseczków w osadach z otworu Września IG-1, która podwyższa promieniowanie gamma (Humphreys & Lott, 1993) oraz węglanowości osadów w otworze Gorzów Wielkopolski IG-1, która wpływa na obniżenie promieniowania (Itenberg, 1972; Böhler i in., 1988). Na różnice w ogólnym poziomie promieniowania

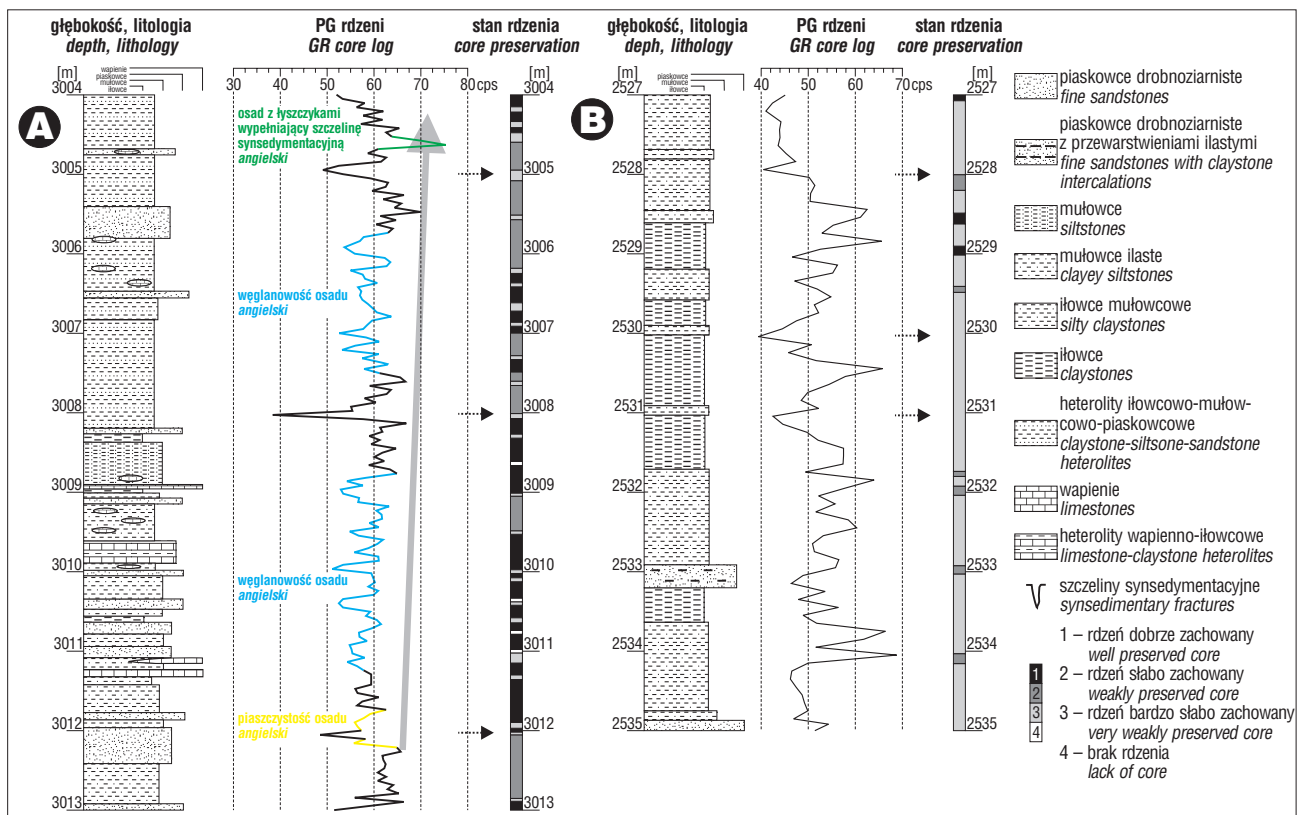
w obu otworach miał również wpływ fakt, iż średnice rdzeni z otworu Września IG-1 były średnio o 2 cm większe niż średnice rdzeni z otworu Gorzów Wielkopolski IG-1. Rdzeń o większej średnicy stanowi większe źródło promieniowania.

W otworze Gorzów Wielkopolski IG-1 wyraźnie zaznaczyła się granica między dolnym a środkowym pstrym piaskowcem (ryc. 2C). Granicę tę tworzy spąg kompleksu piaskowcowego, zwanego piaskowcem drawskim (Szyperko-Teller, 1982), o wyraźnie obniżonym poziomie promieniowania w stosunku do osadów leżących poniżej. Wartości promieniowania spągowej partii piaskowca drawskiego wahają się w granicach 28–32 cps, podczas gdy stropowe partie osadów pstręgo piaskowca dolnego charakteryzują się wartościami pomiędzy 32 a 42 cps.

W wynikach pomiarów ze środkowego pstręgo piaskowca otworu Gorzów Wielkopolski IG-1 szczególną uwagę zwracają piki wyraźnie podwyższonego promieniowania gamma na głębokości 2124,5–2127,7 m oraz 2199,1–2200,1 m (ryc. 2C). Piki te bardzo dokładnie da się skorelować z wynikami pomiarów karotażowych. Litologicznie odpowiadają one wapieniom oolitowym z przemazami i wkładkami bardzo ciemnych, prawie czarnych ilów. Prawdopodobnie zawarta w ilach substancja organiczna, nadająca im ciemne zabarwienie, jest wzbogacona w uran, co powoduje tak wyraźne podwyższenie ogólnego natężenia naturalnego promieniowania gamma (Itenberg, 1972; Stocks & Lawrence, 1993; Plant i in., 1999). W otworze Września IG-1 najwyższe wartości promieniowania gamma zanotowano na głębokości 2679,2–2682,2 m również w osadach wapiennych oolitowych z intraklastami mułowcowymi (ryc. 2B, element B). Zaobserwowane tutaj podwyższenie promieniowania gamma w osadach węglanowych jest anomalne, gdyż generalnie węglany charakteryzują się niższymi wartościami promieniowania gamma od osadów drobnoklastycznych (Itenberg, 1972). Z osadów dolnotria-

sowych Polski, m.in. z syneklizy perybałtyckiej, znane są koncentracje uranu, niekiedy nawet o charakterze złożowym (Szewczyk, 1987), co potwierdza przypuszczenie, że opisane anomalie mogą być związane z podwyższoną zawartością uranu.

Pomiary naturalnego promieniowania gamma, wykonywane ręczną sondą na rdzeniach, mogą służyć również do szczegółowej analizy litologiczno-sedymentologicznej osadu. Na rycinie 3 w profilu A zostały przedstawione szczegóły litologiczne, mające odzwierciedlenie w krzywej gamma. Na głębokości 3011,9–3012,1 m obniżenie promieniowania gamma odpowiada osadom piaskowcowym. Na głębokości 3008,9–3012,0 m zaznacza się generalna tendencja obniżonego promieniowania, co w profilu litologicznym odpowiada osadom z licznymi wkładkami wapiennymi i piaszczystymi. Węglanowość osadu odzwierciedla się również obniżeniem promieniowania na głębokości 3005,8–3007,2 m. Charakterystyczny poziom podwyższonego promieniowania na głębokości 3004,6 m związany jest z osadem z dużą domieszką łyszczyków, wypełniającym głęboką szczelinę synsedymentacyjną. Zarówno na profilu litologicznym, jak i na krzywej promieniowania gamma można odczytać generalną tendencję zmniejszania się średnicy ziarna osadu ku górze (szara strzałka na ryc. 3A). Trend ten na krzywej zaznacza się jej stopniowym odchyleniem w kierunku wyższych wartości promieniowania. Obserwacja takich trendów na krzywych promieniowania gamma pozwala na dokładniejszą analizę cykliczności w osadzie (Aigner i in., 1995). Ręczne pomiary gamma dają możliwość prowadzenia takiej analizy w sposób bardzo szczegółowy oraz pozwalają na precyzyjną korelację rdzeni i odsłoneń.



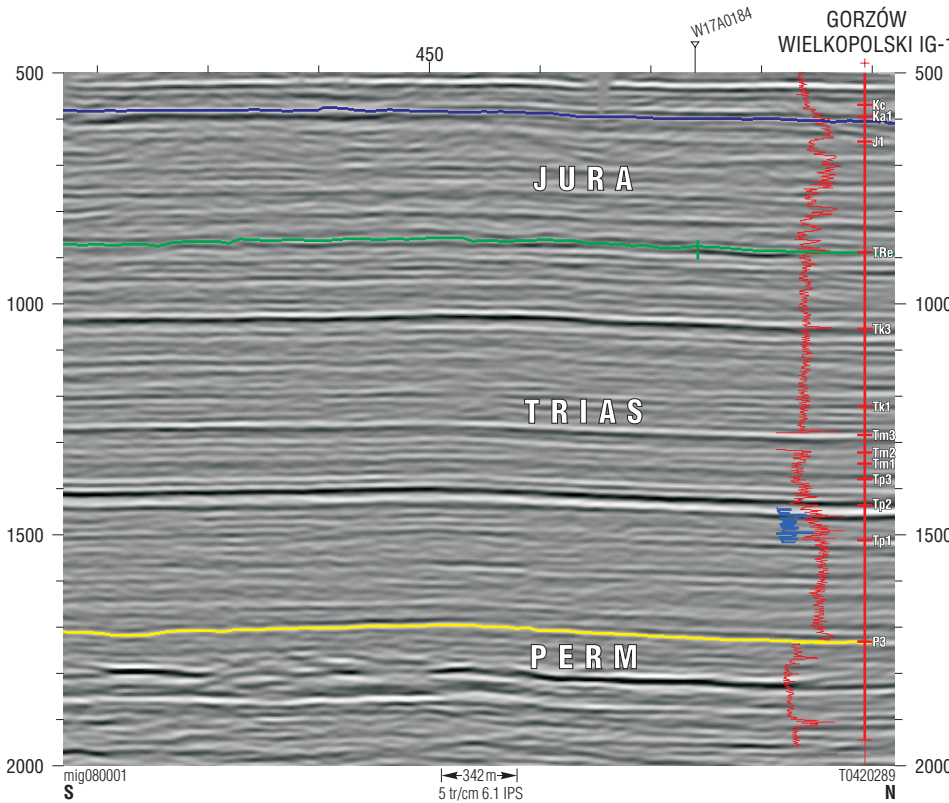
Ryc. 3. Przykład zastosowania pomiarów promieniowania gamma rdzeni do interpretacji sedymentologicznej. Otwór Września IG-1. Dalsze objaśnienia w tekście

Fig. 3. An example of application of GR core measurements in sedimentological interpretation. Września IG-1 borehole. See text for further explanations

Możliwości dalszego wykorzystania

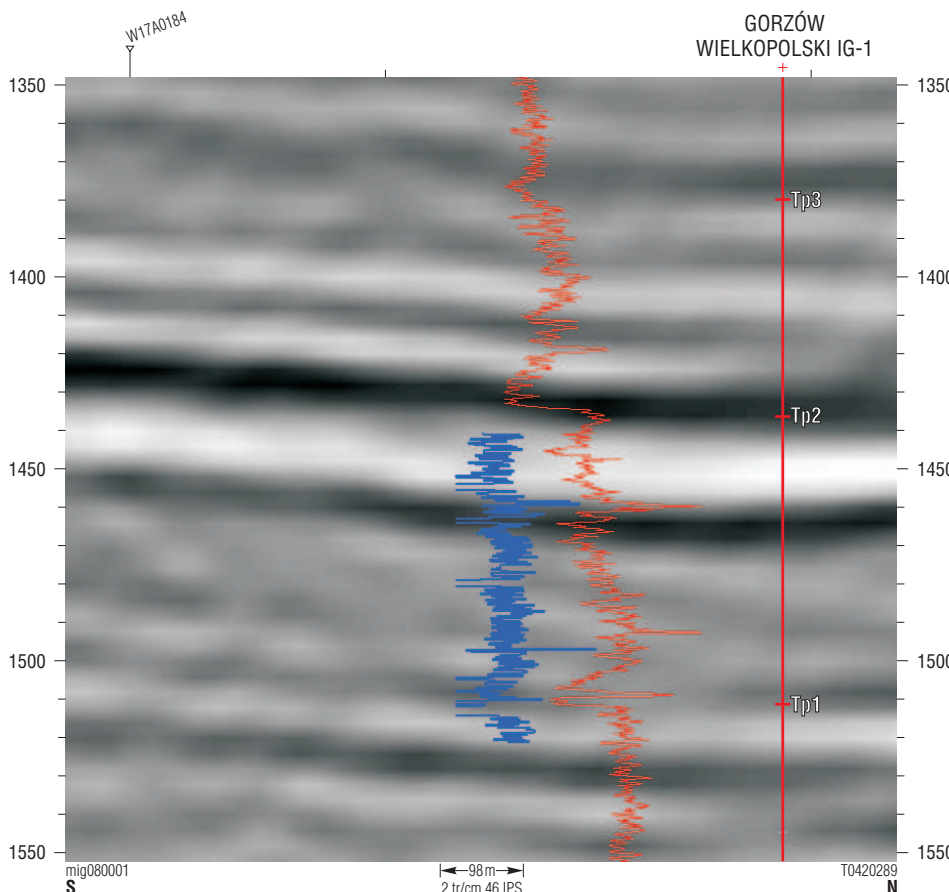
Pomiary ręczne na rdzeniach mają szczególne znaczenie dla uzupełnienia bazy danych pomiarów promieniowania gamma o otwory rdzeniowane, w których takie pomiary nie zostały wykonane. Metoda ta pozwala rów-

nież na korektę starych, niskiej jakości i mało dokładnych pomiarów gamma. Głównie zastosowanie metody w tym zakresie — to przede wszystkim dokładne głębokościowe dowiązywanie wyników badań karotażowych do wyników analiz rdzeni wiertniczych. Opisane badania pozwoliłyby na wykorzystanie większej liczby istniejących już materiałów rdzeniowych w analizie basenowej. W przypadku otworów, dla których dostępne są stosunkowo długie interwały rdzeniowe (głównie otwory badawcze odwiercone w latach 1950–1970 przez Państwowy Instytut Geiczny), wyniki pomiarów gammametrycznych mogą być korelowane z danymi sejsmicznymi, stanowiąc kolejne, szczegółowe źródło informacji bardzo przydatnych do analiz sejsmostratygicznych. Na rycinie 4 przedstawiono korelację danych z otworu Gorzów Wielkopolski IG-1 z położonym bardzo blisko profilem sejsmicznym TO420289 dla prawie całego interwału głębokościowego przewierconego przez ten otwór, zaś na ryc. 5 — dla interwału objęte-



Ryc. 4. Korelacja pomiarów z otworu Gorzów Wielkopolski IG-1 z profilem sejsmicznym TO420289: krzywa fioletowa — pomiary karotażowe naturalnego promieniowania gamma, krzywa granatowa — pomiary gammametryczne rdzenia

Fig. 4. Correlation of well data from Gorzów Wielkopolski IG-1 research well with seismic line TO420289: violet log — GR well log data, dark blue log — GR core measurements



Ryc. 5. Korelacja pomiarów z otworu Gorzów Wielkopolski IG-1 z profilem sejsmicznym TO420289 (fragment): krzywa fioletowa — pomiary karotażowe naturalnego promieniowania gamma; krzywa granatowa — pomiary gammametryczne rdzenia; Tp₁, Tp₂, Tp₃ — strop odpowiednio pstręgo piaskowca dolnego, środkowego i górnego

Fig. 5. Correlation of well data from Gorzów Wielkopolski IG-1 research well with seismic line TO420289 (fragment): violet log — GR well log data; dark blue log — GR core measurements; Tp₁, Tp₂, Tp₃ — tops of Lower, Middle and Buntsandstein

go przez pomiary gammametryczne. Jak widać, interwał tych pomiarów pokrywa ponad 50 msek, znacznie wykraczając poza wielkość graniczną rozdzielczości pionowej danych sejsmicznych. Szereg charakterystycznych pików promieniowania gamma, widocznych tak na danych karotażowych, jak i na pomiarach gammametrycznych, można bezpośrednio korelować z poszczególnymi horyzontami sejsmicznymi. Na przykładzie tej korelacji widać, iż w sytuacji, w której dla jakiegoś otworu nie byłyby dostępne wiarygodne pomiary karotażowe naturalnego promieniowania gamma, pomiary gammametryczne mogą stanowić źródło informacji dla litologiczno-sekwencyjnej kalibracji obrazu sejsmicznego. Warto też podkreślić możliwość korelowania pomiarów gammametrycznych odsłoneń z danymi sejsmicznymi.

Podsumowanie

Przeprowadzone na rdzeniach dolnego i środkowego pstręgo piaskowca pomiary promieniowania gamma pozwoliły na zilustrowanie podstawowych korzyści z zastosowania tej stosunkowo nowej, w Polsce nie wykorzystywanej szerzej, metody. Najważniejsze wnioski przedstawiono poniżej:

□ ręczne pomiary promieniowania gamma na rdzeniach dają podobne wyniki jak pomiary karotażowe ale są od nich bardziej szczegółowe;

□ wyższą wiarygodnością w kontekście interpretacji sedymentologiczno-litologicznej cechują się te partie pomiarów, które były przeprowadzone na rdzeniach dobrze zachowanych;

□ pomiary promieniowania gamma na rdzeniach dają możliwość bardziej szczegółowej interpretacji sedymentologicznej osadów, np. pod kątem ich cykliczności;

□ dokładne skorelowanie pomiarów ręcznych ze skałą głębokościową rdzeni oraz z krzywą karotażową umożliwia określenie wielkości przesunięć profilowań karotażowych w stosunku do rdzenia;

□ w przypadku długich interwałów rdzeniowych wyniki pomiarów gammametrycznych można korelować z danymi sejsmicznymi.

W świetle przeprowadzonej analizy wyników pomiarów promieniowania gamma rdzeni przenośnym gammametrem potwierdza się znaczenie i przydatność takich pomiarów dla zintegrowanej interpretacji danych różnego typu, takich jak: odsłoneńca terenowe, rdzenie oraz dane karotażowe. Pomiary te pozwalają również na włączenie większej liczby istniejących już materiałów rdzeniowych do szeroko rozumianej analizy basenowej, opierającej się w znacznej części na integracji danych geofizycznych i geologicznych.

Pomiary gammametryczne zostały przeprowadzone w ramach grantu badawczego KBN nr 9-T12B-024-15 pt. *Zintegrowana analiza geofizyczno-geologiczna rozwoju osadów triasowych Niżu Polskiego*. Autorzy dziękują dr Joachimowi Szulcowi (UJ) oraz mgr Hubertowi Kiersnowskiemu (PIG) za cenne uwagi

przy profilowaniu rdzeni i pomoc w organizacji badań. Autorzy dziękują również prof. dr hab. inż. K. Pietsch (AGH) za recenzję i uwagi do niniejszego tekstu.

Literatura

- AIGNER T., SCHAUER M., JUNGHANS W.-D & REINHARDT L. 1995 — Outcrop gamma-ray logging and its applications: examples from the Germanic Triassic. *Sedim. Geol.*, 100: 47–61.
- BÖHLER U., HECKEMANN W. & KRÄMER F. 1988 — Radiometrische Bohrkernaufnahmen zur Approximierung der chemischen Kennwerte karbonatisch-toniger Rohstoffe. *Zement-Kalk-Gips*, 41, H. 2: 91–94.
- BRAND K.-H. & KRÄMER F. 1989 — Radiometrische Aufschlußaufnahmen in den Trifels-Schichten (sT) bei Dahn/Pfalz. *Oberrheinische Geol. Abh.*, 35: 237–244.
- FALKENSTEIN F. & KRÄMER F. 1990 — Radiometrische Profilaufnahmen von Buntsandstein-Aufschlüssen im Raum Waldshut, Südschwarzwald. *Jahresberichte und Mitteilungen des Oberrheinischen Geol. Vereins*, 72: 291–302.
- FRICKE S. & SCHÖN J. 1999 — *Praktische Bohrlochgeophysik*. Enke im Georg Thieme Verlag, Stuttgart: 254.
- HORNUNG J. & AIGNER T. 1996 — Eine Meßstraße zur integrierten sedimentologischen, Gamma Ray- und Permeabilitätslog-Aufnahme von Bohrkernen. *Neues Jahrb. Geol. Paläont., Abh.*, 199: 323–337.
- HUMPHREYS B. & LOTT G.K. 1993 — An investigation into nuclear log responses of North Sea Jurassic reservoirs using mineralogical analysis. [In:] Hurst A., Lovell M.A., Morton A.C. (ed.): *Geological applications of wireline logs*. *Geol. Soc. Sp. Publ. Clas.*: 223–240.
- ITENBERG S.S. 1972 — Interpretacija rezul'tatov geofiziceskich issledovanij razrezov skvazin. S. 312. *Izdatelstwo Nedra*, Moskwa.
- KĘDZIERSKI J. 1998 — High resolution stratigraphic correlation of the Lower Muschelkalk in the eastern part of the Germanic Basin. *Hallesches Jahrb. Geowiss., Reihe B, Beiheft* 5: 83–84.
- PLANT J.A., SIMPSON P.R., SMITH B. & WINDLEY B.F. 1999 — Uranium ore deposits — products of the radioactive Earth. [In:] Burns P.C., Finch R. (ed.): *Uranium: mineralogy, geochemistry and the environment*. *Rev. Min.*, 38: 255–319.
- ROMAN A. 2000 — Wyniki profilowania gammametrycznego rdzeni dolnego i środkowego pstręgo piaskowca otworów Września IG-1 i Gorzów Wielkopolski IG-1. [W:] Krzywiec P. (red.), *Zintegrowana analiza geofizyczno-geologiczna rozwoju osadów triasowych Niżu Polskiego*. Raport końcowy grantu badawczego KBN nr 9 T12B 024 15.
- RÜFFER T. 2000 — Hochauflösende Gamma-Ray-Korrelation von epikontinentaler Germanischer und perikontinentaler Alpiner Trias. *Mitteil. Gesel. Geol. Bergbaustud. Öster.*, 43: 117–118.
- SCHLUMBERGER 1989 — Log interpretation. *Principles/Applications*. Schlumb. Educat. Serv.: 1-1–13-9.
- SERRA O. 1984 — Natural gamma ray spectrometry. [In:] *Fundamentals of well-log interpretation*, 1, The acquisition of logging data. Elsevier: 113–134.
- STOCKS A.E. & LAWRENCE S.R. 1993 — Identification of source rocks from wireline logs. [In:] Hurst A., Lovell M.A., Morton A.C. (ed.): *Geological applications of wireline logs*. *Geol. Soc. Spec. Publ. Clas.*: 241–254.
- SZEWCZYK J. 1984 — Zastosowanie spektrometrycznych pomiarów naturalnego promieniowania gamma w badaniach geofizycznych w Polsce. *Prz. Geol.*, 32: 481–487.
- SZEWCZYK J. 1987 — Możliwość geofizycznego prognozowania stref mineralizacji uranowej w utworach triasu na obszarze syneklizy perybałtyckiej. *Prz. Geol.*, 35: 394–402.
- SZEWCZYK J., GIENKA D. & STANISZEWSKA B. 2000 — Interpretacja danych geofizyki wiertniczej. [W:] Krzywiec P. (red.), *Zintegrowana analiza geofizyczno-geologiczna rozwoju osadów triasowych Niżu Polskiego*. Raport końcowy grantu badawczego KBN nr 9 T12B 024 15.
- SZYPERKO-TELLER A. 1982 — Litostratygrafia pstręgo piaskowca na Pomorzu Zachodnim. *Kwart. Geol.*, 26: 341–368.