

Marian KIEŁT

## Rozwiązywanie wybranych problemów geologicznych obszaru południowobałtyckiego na podstawie profilowania upadu warstw\*

Otworowa aparatura geofizyczna typu *DDL-1*, wyposażona w zestaw sond kompleksowych, pozwala na wykonanie m.in. następujących profilowań geofizycznych: PG, PGGg, PNN, PAP, PI i PUW. Spośród nich dominującą rolę pod względem zawartości informacji geologicznych odgrywa profilowanie upadu warstw. Omówiono rolę i miejsce pomiarów PUW w kompleksie profilowań geofizycznych oraz przedstawiono praktyczne wyniki ich zastosowania do rozwiązywania wybranych problemów geologicznych zarówno w pojedynczych otworach, jak i w skali regionalnej.

Oszczędność czasu, mimo znacznego zwiększenia liczby profilowań geofizycznych, wykonywanie interpretacji złożowej i geologicznej tuż po zakończeniu pomiarów oraz możliwość wpływu na zmniejszenie liczby negatywnych wierceń, poprzez odpowiednie wykorzystanie wyników interpretacji pomiarów PUW, świadczą o dużych praktycznych możliwościach nowoczesnych cyfrowych aparatów karotażowych.

### WPROWADZENIE

Celem opracowania jest przedstawienie możliwości, jakie stwarza w zakresie uzyskiwanych informacji nowoczesna otworowa aparatura geofizyczna typu *DDL-1* wyposażona w zestaw 9 sond kompleksowych, pozwalających na wykonanie m.in. następujących profilowań geofizycznych: PG (gamma), PGGg (gamma – gamma gęstościowa), PNN (neutron – neutron), PI (indukcyjne), PAP (prędkości akustyczne) i PUW (upad warstw), a tym samym pomiar następujących parametrów petrofizycznych: natężenia naturalnego promieniowania gamma ( $I_n$ ), gęstości objętościowej ( $\rho_B$ ), porowatości ( $\Phi$ ), przewodności/oporności ( $\delta/R$ ), czasu interwałowego ( $\Delta t$ ) oraz kąta upadu ( $\alpha$ ) i azymutu ( $A$ ) – L. Król i in. (1988). Przymiotnik „nowoczesna” został tu użyty dla porównania ze sprzętem karotażowym stosowanym od wielu lat w Polsce.

Spośród wyżej wymienionych profilowań rolę dominującą pod względem zawartości informacji geologicznych odgrywa profilowanie upadu warstw PUW

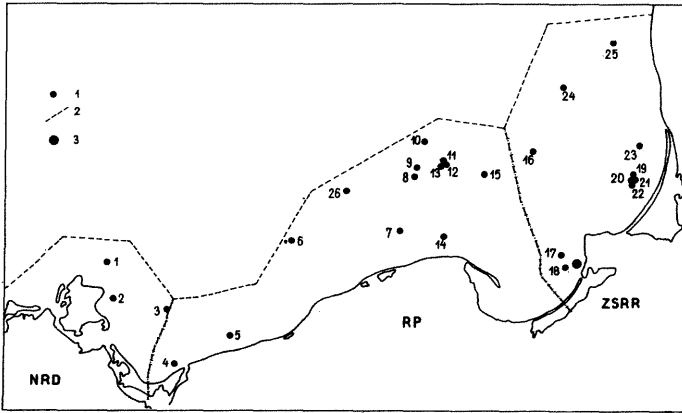


Fig. 1. Przybliżona lokalizacja otworów w południowej części Bałtyku

Approximate location of boreholes in the Southern Baltic

1 – otwory W.O. Petrobaltic, w których wykonano pomiary PUW; 2 – granica działalności W.O. Petrobaltic; 3 – otwór morski, w którym nie wykonano pomiarów PUW

1 – the C.O. Petrobaltic boreholes where dipmeter loggings were carried out; 2 – boundary of the W.O. Petrobaltic activity; 3 – marine borehole where no dipmeter loggings were carried out

(M. Kiełt, 1984, 1987). Pozostałe profilowania geofizyczne, nazywane często w profesjonalnej literaturze zachodniej standardowymi, są również nośnikami informacji geologicznych, jednak w większości przypadków PUW jest kluczem umożliwiającym prawidłową identyfikację informacji zawartych w standardowych profilowaniach oraz źródłem licznych dodatkowych informacji geologicznych. Inaczej mówiąc zawarte w profilowaniach geofizycznych, a zwłaszcza w PUW, informacje bardzo często dostarczają danych pozwalających na rozwiązywanie wybranych problemów budowy geologicznej. W praktyce interpretacja pomiarów PUW jest nierozłączną częścią składową interpretacji zestawu profilowań geofizycznych.

W otworach morskich zlokalizowanych na obszarze południowego Bałtyku pomiary profilowania upadu warstw PUW wykonywane są czteroramiennym upadomierzem typu *FED* (M. Kiełt, 1984, 1985). W latach 1980–1988 pomiary te przeprowadzono w 25 otworach (fig. 1) na odcinku 33 251 m. b. Były one od lat przez autora sukcesywnie interpretowane, co pozwoliło na uzyskanie, szeregu cennych informacji geologicznych z zakresu geologii strukturalnej, sedymnologii i tektoniki, zwykle niedostępnych z innych źródeł. Ponieważ ilość i różnorodność informacji zawartych w pierwotnych pomiarach PUW jest bardzo duża, przedstawiono w niniejszej pracy tylko niektóre aspekty ich zastosowania do rozwiązywania wybranych problemów geologicznych obszaru południowobałtyckiego. Dla znacznego grona polskich specjalistów jest to tematyka nieznaną, jednakże ze względu na ograniczoną ilość miejsca zostały tu pominięte zagadnienia metodyczne, omówione wcześniej przez autora (M. Kiełt, 1984, 1987). Ułatwieniu zrozumienia treści wstępnej części pracy służą fig. 2–4.

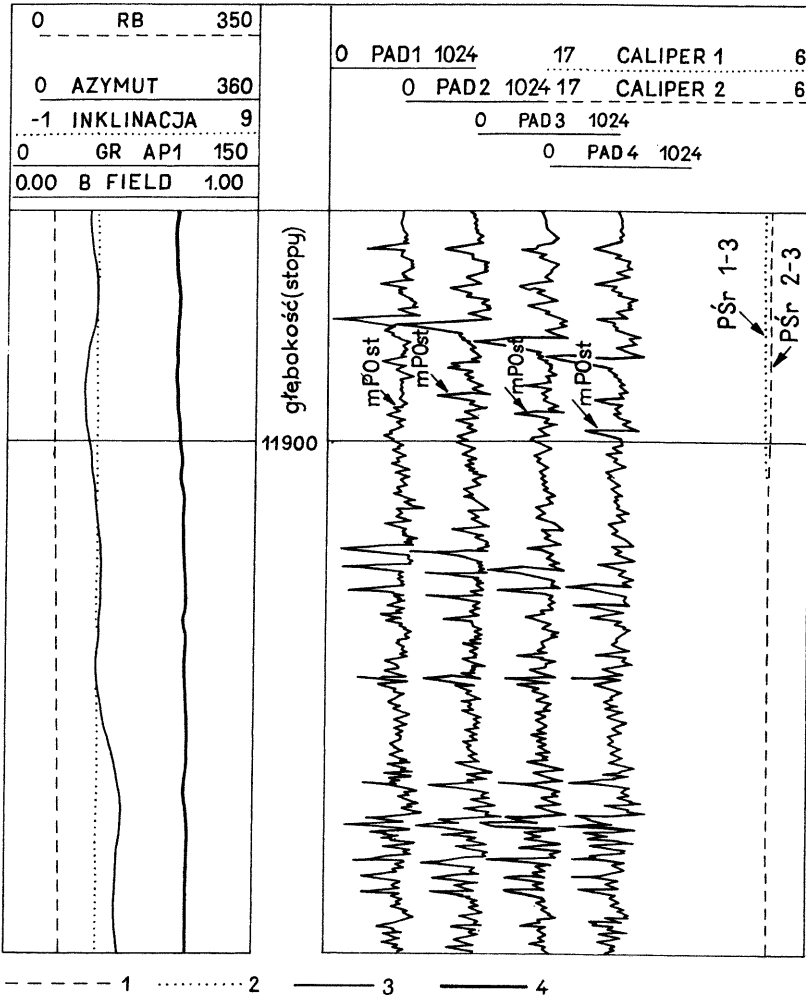


Fig. 2. Schemat pomiarów pierwotnych PUV zarejestrowanych upadomierzem typu FED  
Diagram of the primary well loggings recorded with the FED dipmeter

PAD – ramię pomiarowe upadomierza; CALIPER – profilomierz; GR – profilowanie gamma (w jednostkach API); RB – względne położenie pierwszego ramienia pomiarowego w stosunku do północy magnetycznej; 1 – względne położenie; 2 – inklinacja; 3 – PG; 4 – azymut

PAD – measuring arm of the dipmeter, CALIPER – caliper log, GR – gamma ray logging (in API units), RB – relative position of the first measuring arm in relation to the Magnetic North; 1 – relative position; 2 – inclination; 3 – gamma ray logging; 4 – azimuth

### ROLA I MIEJSCE POMIARÓW PUV W KOMPLEKSIE PROFILOWAŃ GEOFIZYCZNYCH

Na profilowaniach geofizycznych widoczne są różnorodne informacje z zakresu geologii strukturalnej i tektoniki oraz sedimentologii. Inaczej mówiąc są one zbiorem zakodowanych informacji geologicznych o sedimentacyjnej

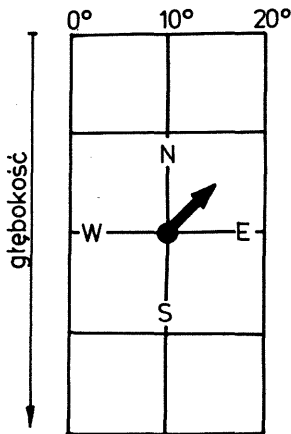


Fig. 3. Schemat oznaczenia kąta upadu i azymutu na wykresie wektorowym PUW (*Fundamentals...*, 1970)  
Diagram of dip angle and azimuth determination in the dipmeter arrow plot (*Fundamentals...*, 1970)

i postsedymentacyjnej historii danego rejonu badań. Celem zaś kompleksowej interpretacji w pojedynczych otworach jest odkodowanie tych informacji. Oddzielnym i obszernym zagadnieniem jest opracowanie w planie regionalnym wyników interpretacji ilościowej i geologicznej uzyskanych w poszczególnych otworach. W tym celu można wykorzystać zdecydowaną większość parametrów ilościowych i informacji geologicznych (E.L. Bigelow, 1985a; J.H. Doveton, 1986; I.A. Gilreath, 1987a; S.J. Pirson, 1981; M.H. Rider, 1986; O. Serra, M.T. Abbott, 1982).

Odkodowanie zawartych w profilowaniach informacji geologicznych można osiągnąć przez dobór odpowiednich metodyk interpretacji profilowań geofizycznych (tab. 1). Wybrane ich zastosowania przedstawiono na fig. 5 i 6.

Fig. 5 pokazuje kształty podstawowych anomalii krzywych PG i PS w kompleksach piaszczystych. W wielu basenach sedimentacyjnych zaobserwowano związki między kształtami tych anomalii a genezą ciał piaszczystych. W praktyce bardzo często są spotykane kombinacje dwóch lub trzech typów anomalii podstawowych, np. anomalie cylindryczno-dzwonowe, lejkwato-dzwonowe i lejkwato-cylindryczno-dzwonowe. Poniżej zostaną kolejno wymienione podstawowe i kombinowane kształty anomalii oraz najczęściej odpowiadające im typy genetyczne osadów, zebrane przez autora na podstawie danych literaturowych:

a – anomalia cylindryczna normalna: wydmy piaszczyste, nadmorskie wały piaszczyste, płytkowodne osady piaszczyste, utwory koryt rozprzewadzających delty lub nasypy przyujściowe;

b – anomalia cylindryczna ząbkowana: osady splotów cieków wodnych, stożki napływowe, osady koryt deltowych, osady rzeczne (potoki ukierunkowane), głębokowodne osady piaszczyste;

c – anomalia dzwonowa normalna: serie osadów transgresywnych, osady wypełniające koryta rzeczne, bary piaszczyste, aluwialne stożki napływowe;

d – anomalia dzwonowa ząbkowana: osady rzek meandrujących, osady równi pływowych, delt i estuariów, serie osadów transgresywnych, nasypy przyujściowe lub łachy meandrowe;

e – anomalia lejkwata normalna: serie osadów regresywnych, osady piasków plażowych, bary piaszczyste;

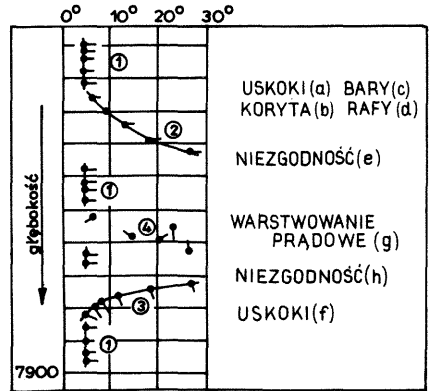


Fig. 4. Przykład oznaczeń interpretacyjnych stosowanych na wykresie wektorowym PUW oraz najczęściej im odpowiadającej interpretacji geologicznej (O.R. Holt, 1974; E.L. Bigelow, 1985a; I.A. Gilreath, 1987a)

Example of interpretation used in the dipmeter arrow plot and the most often geological interpretation related (O.R. Holt, 1974; E.L. Bigelow, 1985a; I.A. Gilreath, 1987a)

Układ upadów: ① – strukturalnych (oznaczony kolorem zielonym), ② – rosnących (oznaczony kolorem czerwonym), ③ – malejących (oznaczony kolorem niebieskim), ④ – tabularnych (wewnątrzwarstwowych)

A pattern of dips: ① – structural (in green), ② – increasing (in red), ③ – decreasing (in blue), ④ – tabular (intra-bedded); a, f – faults, b – channels, c – barres, d – reefs, e, h – disconformity, g – current bedding



f – anomalia lejkowata ząbkowana: piaski szelfu morskiego, nasypy przyujściowe delt, bary piaszczyste;

g – anomalia cylindryczno-dzwonowa (normalna i ząbkowana): osady rzek roztokowych;

h – anomalia lejkowato-cylindryczna (normalna i ząbkowana): osady delt konstruktywnych;

i – anomalia lejkowato-dzwonowa (normalna i ząbkowana): piaski szelfu morskiego, sekwencje regresywno-transgresywne, osady równi pływowych;

j – anomalia lejkowato-cylindryczno-dzwonowa (normalna i ząbkowana): turbidyty, osady stożków napływowych.

Wynika stąd, że omawiana metodyka dostarcza przesłanek do wykonania interpretacji sedimentologicznej, chociaż w praktyce ma ona znaczenie drugorzędne w stosunku do analizy pomiarów PUW.

Spośród stosowanych profilowań największe znaczenie ma bowiem PUW. Ponieważ ilość zawartych w nim informacji geologicznych jest bardzo duża, a jednocześnie jej graficzne przedstawienie jest niemożliwe, dlatego też jest niezbędne przeprowadzenie filtracji pomiarów pierwotnych. W tym celu wykonuje się serię tzw. obróbek tych pomiarów, stosując standardowe zestawy parametrów korelacyjnych; umożliwiają one przeprowadzenie w sposób automatyczny filtracji zawartych informacji geologicznych i ich podział na dwie grupy: strukturalną i stratygraficzną (E.L. Bigelow, 1985a; *Study guide...*, 1983; I.F. Goetz, 1985; S.J. Pirson, 1981; *Fundamentals...*, 1970; O. Serra, 1985). Zasady doboru parametrów obróbki są skomplikowanym problemem. Zostały one przedstawione w zachodniej literaturze profesjonalnej (E.L. Bigelow, 1985a–e; J.H. Doveton, 1986; *Study guide...*, 1983; I.F. Goetz, 1985; O.R. Holt, 1974; *Fundamentals...*, 1970; O. Serra, 1985), a także częściowo przez autora (M. Kieft, 1987).

W prezentowanej publikacji stosowano zmienny zestaw parametrów obróbki komputerowej ( $9' \times 36'' \times 25^\circ$ , itp.) oraz dwa rodzaje programów interpretacyjnych (NEXUS i GEO) w zależności od rozwiązywanego zadania geologicznego. Na figurach podano zarówno programy interpretacyjne, jak i parametry obróbki.

Przy wykonywaniu interpretacji geologicznej pomiarów PUW niezbędna jest znajomość:

– modeli poszczególnych zjawisk geologicznych i ich obrazów na wykresie wektorowym i zmodyfikowanym wykresie Schmidta,

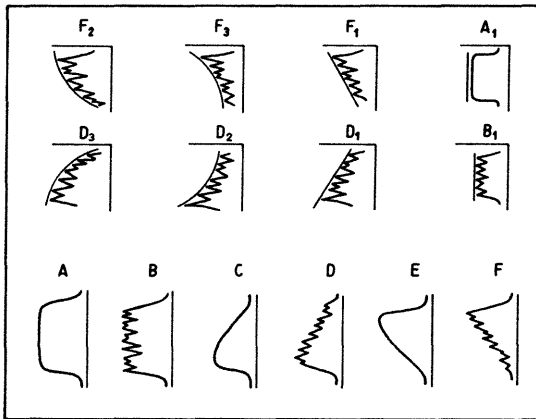


Fig. 5. Klasyfikacja kształtów krzywej PG zarejestrowanych w ciałach piaszczystych (I.F. Goetz, 1985; M.H. Rider, 1986; O. Serra, 1985)

Classification of the gamma ray logging curve shapes recorded in sandy bodies (I.F. Goetz, 1985; M.H. Rider, 1986; O. Serra, 1985)

A, B – anomalia cylindryczna (A – normalna, B – ząbkowana), C, D – anomalia dzwonowa (C – normalna, D – ząbkowana), E, F – anomalia lejkowata (E – normalna, F – ząbkowana); A<sub>1</sub>, B<sub>1</sub> – stabilizacja warunków sedimentacji; D<sub>1</sub>–D<sub>3</sub> – transgresja (D<sub>1</sub> – liniowa, D<sub>2</sub> – opóźniona, D<sub>3</sub> – przyspieszona); F<sub>1</sub>–F<sub>3</sub> – regresja (F<sub>1</sub> – liniowa, F<sub>2</sub> – opóźniona, F<sub>3</sub> – przyspieszona)

A, B – cylindrical anomaly (A – normal, B – serrated); C, D – bell-shaped anomaly (C – normal, D – serrated); E, F – funnel-shaped anomaly (E – normal, F – serrated); A<sub>1</sub>, B<sub>1</sub> – stabilization of sedimentation conditions; D<sub>1</sub>–D<sub>3</sub> – transgression (D<sub>1</sub> – linear, D<sub>2</sub> – delayed, D<sub>3</sub> – accelerated); F<sub>1</sub>–F<sub>3</sub> – regression (F<sub>1</sub> – linear, F<sub>2</sub> – delayed, F<sub>3</sub> – accelerated)

- ogólnej budowy geologicznej danego rejonu,
- wyników interpretacji z sąsiednich otworów,
- wyników badań sejsmicznych,
- wyników kompleksowej interpretacji profiliowań geofizycznych (M. Kiełt, 1986a, b, 1989).

Te informacje geologiczne były przez autora wykorzystywane w praktyce interpretacyjnej; pozwoliło to często na porównanie i sprawdzenie wiarygodności otrzymanych wyników.

## WYBRANE PRZYKŁADY WYNIKÓW INTERPRETACJI GEOLOGICZNEJ PROFIŁOWAŃ GEOFIZYCZNYCH W POJEDYNCZYCH OTWORACH

### INFORMACJE OGÓLNE

Warunkiem koniecznym dla przeprowadzenia geologicznej interpretacji profiliowań geofizycznych jest występowanie w każdym kompleksie osadowym warstw i kontrastów w uwarstwieniu. Z punktu widzenia interpretacji geologicznej profiliowań geofizycznych każdy otwór przecina zbiór tzw. płaszczyzn geologicznych o różnej genezie oraz zespół jednostek litofizycznych zawartych pomiędzy jednoimiennymi płaszczyznami geologicznymi. Dla ułatwienia rozważań płaszczyzny geologiczne są zastępowane przez „powierzchnie”. Jest to oczywiście przybliżenie, ale pozwala ono na opracowanie ogólnego modelu budowy hipotetycznego kompleksu osadowego, a następnie modeli cząstkowych

poszczególnych problemów i procesów geologicznych. Analiza tych modeli wykazuje, że w wielu przypadkach mogą one być określone przez zestaw sześciu parametrów petrofizycznych, wymienionych na początku artykułu, oraz występowanie między nimi charakterystycznych związków.

Rozwiązywanie problemów i charakteryzowanie procesów geologicznych polega na: lokalizacji (określeniu głębokości lub interwału występowania), identyfikacji (określeniu rodzaju) i określeniu parametrów geometrycznych. Można to osiągnąć przez dobór odpowiednich metodyk interpretacji przedstawionych w tab. 1.

Poniżej zostaną kolejno omówione przykłady zastosowania profilowań geofizycznych do rozwiązywania wybranych problemów i charakteryzowania niektórych procesów geologicznych. Przedstawiono przede wszystkim te przykłady, które mają potwierdzenie w standardowych danych geologicznych.

#### OKREŚLANIE NIEZGODNOŚCI, WYDZIELANIE JEDNOSTEK LITOFIZYCZNYCH I KOMPLEKSÓW SKALNYCH

Z analizy modeli niezgodności<sup>1</sup> (I.F. Goetz, 1985; *Fundamentals...*, 1970), informacji o warunkach ich powstawania oraz zasad profilowań geofizycznych wynika, że niezgodności główne powinny być wyraźniej widoczne na profilowaniach niż niezgodności podrzędne. Z geofizycznej definicji niezgodności oraz z ich modelowych obrazów można wnioskować, że w większości przypadków lokalizacja niezgodności nie sprawia problemów, natomiast trudniejszym zadaniem jest ich identyfikacja i określenie genezy. Do ich wydzielenia można stosować szereg metodyk interpretacji, przedstawionych w tab. 1. Spośród nich jedynie geologiczna analiza wyników PUW pozwala w większości przypadków na określenie wszystkich cech niezgodności. W praktyce jednoczesne stosowanie wszystkich metodyk interpretacji jest pracochłonne, ale celowe.

We wszystkich przypadkach występowania niezgodności na ilustracjach w niniejszym artykule dominującą rolę w ich wyznaczeniu odgrywa PUW, natomiast często może być także stosowana analiza trendów wielkości parametrów geofizycznych (fig. 6).

W praktyce interpretacyjnej bardzo często konieczny jest podział kompleksów osadowych na podrzędne jednostki litofizyczne. Z punktu widzenia geofizyki wiertniczej jednostka litofizyczna jest to zespół genetycznie ze sobą powiązanych osadów charakteryzujących się zestawem parametrów petrofizycznych oraz określonymi związkami zachodzącymi między nimi, ograniczony w stropie i spągu powierzchniami granicznymi (powierzchniami niezgodności), zaznaczającymi się na profilowaniach geofizycznych zmianą wraz z głębokością przebiegu trendów parametrów petrofizycznych oraz charakterystycznymi układami upadów. Z powyższej definicji wynika, że pojęcie „jednostka litofizyczna” ma znaczenie ogólne i może odpowiadać albo pojedynczym lub kilku jednostkom genetycznym, albo też — kompleksowi skalnemu. Można więc wyróżnić jednostki litofizyczne różnego rzędu (I, II itp.). W niniejszym artykule przyjęto, że jednostka litofizyczna I rzędu odpowiada kompleksowi skalnemu, a jednostki litofizyczne II rzędu są pojęciem podrzędnym. Do wydzielenia jednostek

<sup>1</sup> Pojęcie „niezgodności” używane jest tu w szerokim sensie geofizycznym, odczytywanym przede wszystkim z pomiarów PUW jako niezgodność nachylenia ławic skalnych. W sensie geologicznym może to być niezgodność tektoniczna, niezgodność (luka) stratygraficzna i „niezgodność facjalna” (litologiczna).



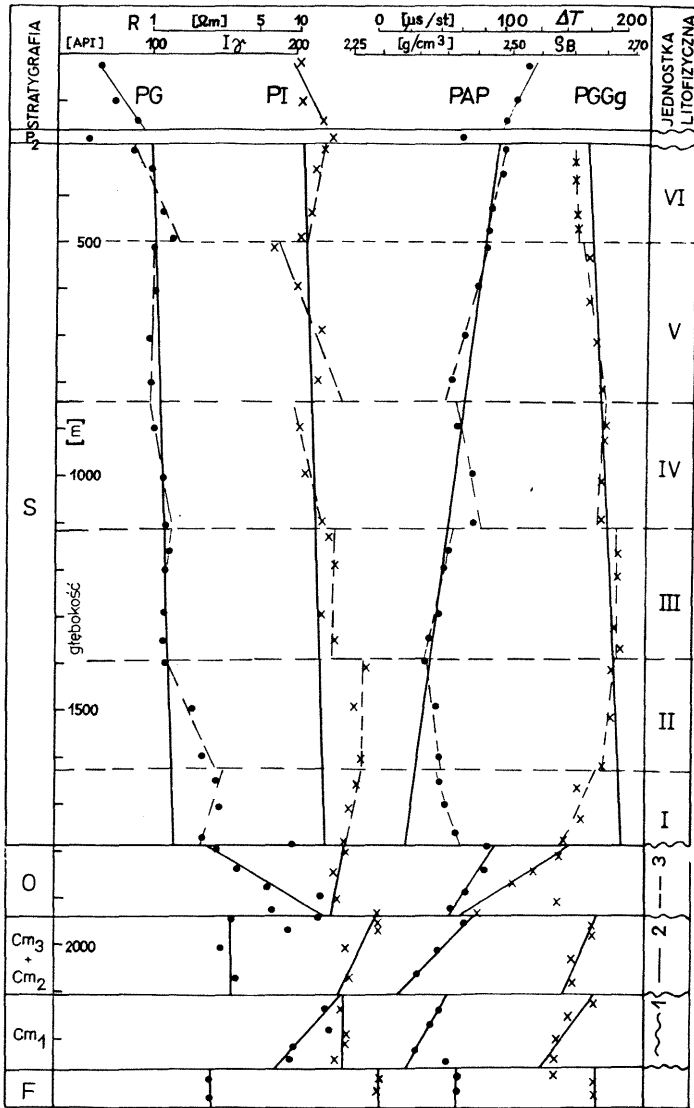


Fig. 6. Zastosowanie analizy zmienności wielkości parametrów petrofizycznych wraz z głębokością dla wydzielenia niezgodności stratygraficznych oraz jednostek litofizycznych I i II rzędu w otworze nr 7 (M. Kiełt, 1986a)

Use of the analysis of variability of petrophysical parameter values versus the depth for determination of stratigraphic disconformities and primary and secondary lithophysical units in the borehole no. 7 (M. Kiełt, 1986a)

1 – niezgodność; 2 – trend jednostki litofizycznej I rzędu; 3 – trend jednostki litofizycznej II rzędu

1 – disconformity; 2 – trend of the primary lithophysical unit; 3 – trend of the secondary lithophysical unit

litofizycznych i określenia ich granic można stosować metodyki interpretacji wymienione w tab. 1, a zwłaszcza:

– analizę zmienności z głębokością wielkości parametrów petrofizycznych,

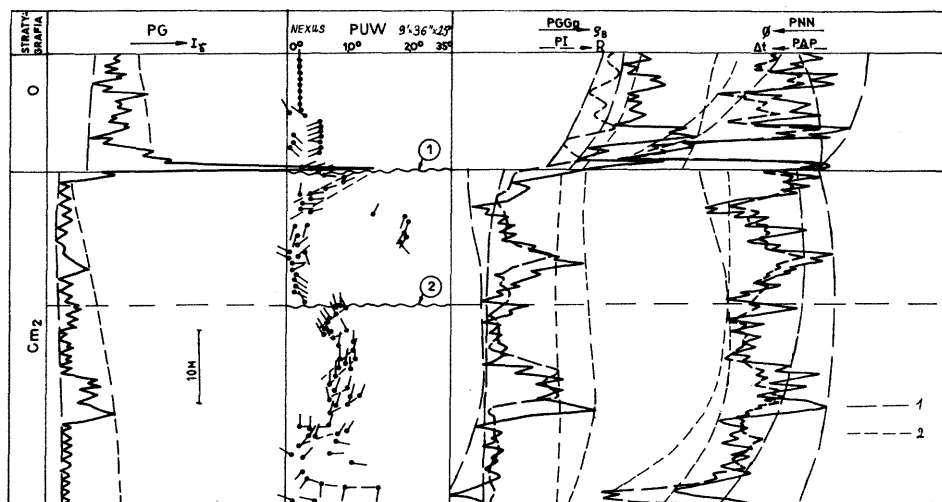


Fig. 7. Zastosowanie profilowań geofizycznych: PG, PNN, PGGg, PAP, PI i PUV do określenia granicy między ordowikiem a kambrem środkowym ① oraz pomiarów PUV do wydzielenia niezgodności w obrębie kambru środkowego ② w otworze nr 24

Use of the gamma ray, neutron – neutron, gamma – gamma (density), acoustic velocity, induction and dip loggings for determination of the boundary between Ordovician and Middle Cambrian ① and dip loggings for determination of disconformities within Middle Cambrian ② in the borehole no. 24

1 – trend minimalnych wielkości parametrów petrofizycznych; 2 – trend maksymalnych wielkości parametrów petrofizycznych

1 – trend of minimal values of petrophysical parameters; 2 – trend of maximum values of petrophysical parameters

- analizę trendów zestawu parametrów petrofizycznych,
- analizę wyników PUV.

Przedstawienie na ilustracjach problemu wydzielenia większych kompleksów skalnych jest niemożliwe z uwagi na ich dużą miąższość i małą skalę rysunku. Łatwiej jest przedstawić podział na jednostki niższego rzędu i kryteria wydzielenia granic.

Na fig. 6 zaprezentowano przykład zastosowania analizy zmienności parametrów petrofizycznych ilowców wraz z głębokością, co pozwoliło na podział osadów syluru na 6 jednostek litofizycznych (I–VI). Mają one również potwierdzenie na wykresach wektorowych PUV, czego jednak z przyczyn technicznych nie dało się na rysunku przedstawić. Analizowano w tym przypadku parametry  $I_{\gamma}$ ,  $R$ ,  $\Phi$  i  $\Delta t$ . Widoczne są charakterystyczne trendy, reprezentujące poszczególne jednostki litofizyczne.

Na fig. 7 przedstawiono przykład wydzielenia dwóch odmiennych jednostek litofizycznych w osadach kambru środkowego. Wykorzystano tu zarówno analizę trendów, jak i pomiary PUV. Standardowe pomiary PG, PGGg i PNN nie pozwoliły na taką precyzję podziału.

Na fig. 8 pokazano zastosowanie analizy anomalnych wskazań wybranych parametrów petrofizycznych ( $I_{\gamma}$ ,  $\rho_B$  i  $\Delta t$ ) oraz pomiarów PUV do określenia granic między cechsztynem a autunem i między autunem a karbonem górnym (a tym samym do wydzielenia autunu), a także określenia niezgodności na granicy zmienności typów skał wylewnych. Widoczne są wyraźne zmiany obrazów po obu stronach granic. Oczywiście, granice te można także określić na podstawie

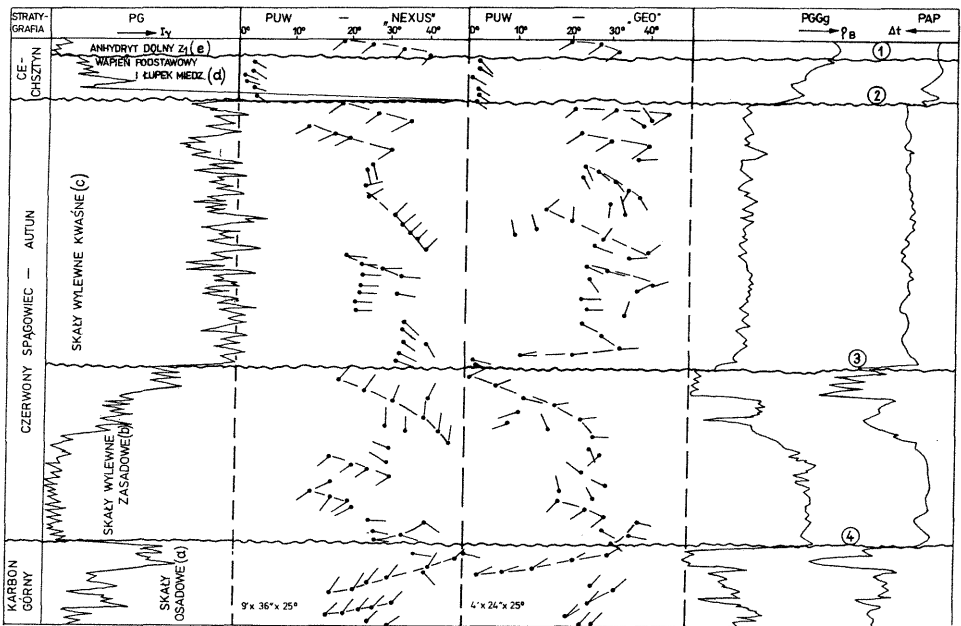


Fig. 8. Zastosowanie profilowań geofizycznych: PG, PGGg, PAP i PUW do określenia granicy między cechsztyńskim a autunem i karbonem górnym, a także niezgodności na granicy zmienności typu skał wylewnych w otworze nr 4 (M. Kiełt, 1989)

Use of the gamma ray, gamma-gamma (density), acoustic velocity and dip loggings for determination of the boundary between Zechstein/Autunian and Upper Carboniferous, as well as disconformities in the boundary of variability of types of eruptive rocks in the borehole no. 4 (M. Kiełt, 1989)

① – niezgodność między anhydrytem dolnym i wapieniem podstawowym; ② – niezgodność (luka stratygraficzna) między cechsztyńskim i autunem; ③ – niezgodność na granicy zmienności typów skał wylewnych autunu; ④ – niezgodność między autunem i karbonem górnym

① – disconformity between Lower Anhydrite and Basal Limestone; ② – disconformity (stratigraphic gap) between Zechstein and Autunian; ③ – disconformity in the boundary of variability of types of the Autunian eruptive rocks; ④ – disconformity between Autunian and Upper Carboniferous; a – sedimentary rocks; b – basic eruptive rocks, c – acid eruptive rocks, d – Basal Limestone, Copper Slate, e – Lower Anhydrite Z<sub>1</sub>

analizy standardowych profilowań geofizycznych, jednak jedynie PUW umożliwia określenie upadów strukturalnych i kierunku zapadania powierzchni granicznej. Świadczy to, że i w tym przypadku rola pomiarów PUW jest dominująca.

Także na fig. 9 widać, że dopiero zastosowanie pomiarów PUW pozwoliło na dokładne wydzielenie kompleksu skalnego odpowiadającego kambrowi górnemu. Zestaw profilowań standardowych nie pozwalał w sposób jednoznaczny określić granicy między tremadokiem a kambrem. Ponadto kompleksowa interpretacja profilowań geofizycznych umożliwiła wydzielenie 5 jednostek litofizycznych w obrębie kambru górnego (I–V). Każda z nich odznacza się odmiennym układem nachylenia warstw, tak pod względem kierunku (porównaj trzy górne z dwiema dolnymi jednostkami), jak i kąta nachylenia i jego rozkładu w pionie (np. dobrze wyodrębniona jednostka najniższa).

W otworze tym interwał kambru górnego był objęty rdzeniem, a wyniki zostały zinterpretowane na zlecenie W.O. Petrobaltic przez zespół specjalistów z FIG. Wydzielono pięć podrzędnych poziomów, które odpowiadają wyróż-

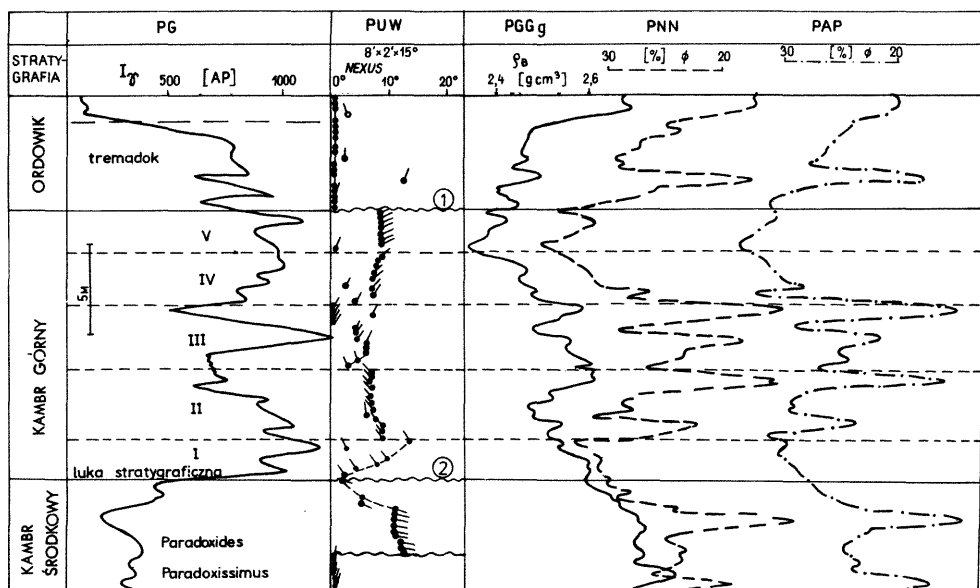


Fig. 9. Zastosowanie PUG do wydzielenia w profilu otworu nr 9 osadów kambru górnego i podrzędnych jednostek litofizycznych w jego obrębie (M. Kiełt, 1986a)

Use of dip logging for determination of the Upper Cambrian deposits and secondary lithophysical units in the borehole no. 9 (M. Kiełt, 1986a)

① – niezgodność kątowna między osadami ordowiku i kambru, ② – niezgodność kątowna (luka stratygraficzna) między osadami kambru górnego i środkowego, I–V – jednostki litofizyczne II rzędu w kambrze górnym

① – angular disconformity between Ordovician and Cambrian, ② – angular disconformity (stratigraphic gap) between Upper and Middle Cambrian, I–V – secondary lithophysical units in Upper Cambrian

nionym przez autora jednostkom litostratygraficznym (występują jedynie nieznaczne różnice, rzędu 0,5–1 m w określeniu granic tych jednostek).

Podobnie jak poprzednio, na fig. 10 pokazano, że zestaw standardowych profilowań geofizycznych nie pozwalał na jednoznaczne wydzielenie serii żarnowieckiej. Zastosowanie pomiarów PUG pozwoliło nie tylko na dokładne określenie jej stropu i spągu, ale także na jej podział na dwie części: osady stożka napływowego i strefę wietrzenia podłoża krystalicznego, jak również na określenie prawdopodobnej genezy osadów serii żarnowieckiej i dolnego kambru.

Również na następnych ilustracjach widać oddzielne jednostki litofizyczne wydzielone na podstawie kompleksowej interpretacji profilowań geofizycznych. W większości zaprezentowanych przypadków zestaw profilowań standardowych pozwala na podział kompleksów skalnych na podrzędne jednostki litofizyczne, jednakże zastosowanie PUG nie tylko umożliwia potwierdzenie otrzymanych wyników, ale często dostarcza dodatkowych informacji, m.in. o kierunku nachylenia powierzchni granicznych. Z załączonych przykładów widać, że omawiane jednostki litofizyczne odpowiadają jednostkom genetycznym.

#### OKREŚLENIE KIERUNKU NACHYLENIA POZIOMU SKAŁ WYLEWNYCH

Oryginalne jest zastosowanie pomiarów PUG (fig. 11) do określenia kierunku nachylenia poziomu skał wylewnych oraz ilowców objętych oddziaływaniem wysokiej temperatury w czasie procesu intruzji magmy wzdłuż

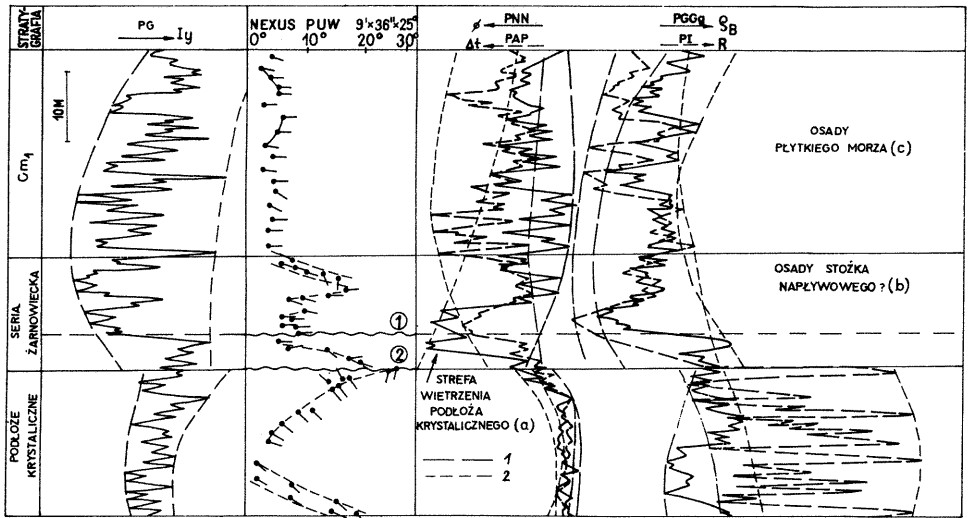


Fig. 10. Zastosowanie profilowań geofizycznych: PG, PGGg, PAP, PI i PUW do wydzielenia serii żarnowieckiej oraz stropu strefy wietrzenia podłoża krystalicznego w profilu otworu nr 9

Use of the gamma ray, gamma – gamma (density), acoustic velocity, inductive, and dip loggings for determination of the Żarnowiec Series and of the weathering zone top of the crystalline basement in the borehole no. 9

1 – trend minimalnych wielkości parametrów petrofizycznych; 2 – trend maksymalnych wielkości parametrów petrofizycznych; ① – niezgodność kątowna na granicy strefy wietrzenia z osadami stożka napływowego serii żarnowieckiej; ② – niezgodność kątowna na granicy strefy wietrzenia z podłożem krystalicznym

1 – trend of minimal values of petrophysical parameters; 2 – trend of maximum values of petrophysical parameters; ① – angular disconformity in the boundary of the weathering zone and the Żarnowiec Series fluvialite fan deposits; ② – angular disconformity in the boundary of the weathering zone and the crystalline basement; a – weathering zone of the crystalline basement; b – fluvialite fan deposits?; c – shallow sea deposits

plaszczyny uskoku w osady sylurskie. Prezentowany otwór przewiercił uskock przecinający osady syluru; interpretacja pomiarów PUW pozwoliła na wydzielenie w profilu syluru uskoku normalnego i określenia jego parametrów geometrycznych. Porównanie kierunku zapadania powierzchni uskoku i poziomu skał wylewnych pozwoliło z dużą wiarygodnością na stwierdzenie istnienia związku pomiędzy uskokiem a skałami wylewnymi.

W tym przypadku interpretacja standardowych profilowań geofizycznych pozwala jedynie na stwierdzenie występowania zaburzeń w obrazie parametrów petrofizycznych bez możliwości wiarygodnego określenia ich przyczyny. Ponadto osady syluru nie były rdzeniowane (oprócz poziomu skał wylewnych). Prezentowany przykład świadczy o dużej przydatności pomiarów PUW w badaniu tych zwykle nierdzeniowanych skał. W rozważanym otworze interpretacja tych pomiarów pozwoliła autorowi także na postawienie wiarygodnego wniosku, że zostało przewiercone skrzydło zrzucone uskoku (w kambrze), co może świadczyć o braku nasycenia osadów kambru środkowego węglowodorami.

#### WYDZIELENIE USKOKU

Do wydzielenia uskoku mogą być stosowane metodyki interpretacji wymienione w tab. 1, jednakże decydujące znaczenie ma analiza pomiarów PUW. Przykład wydzielenia uskoku normalnego między osadami syluru

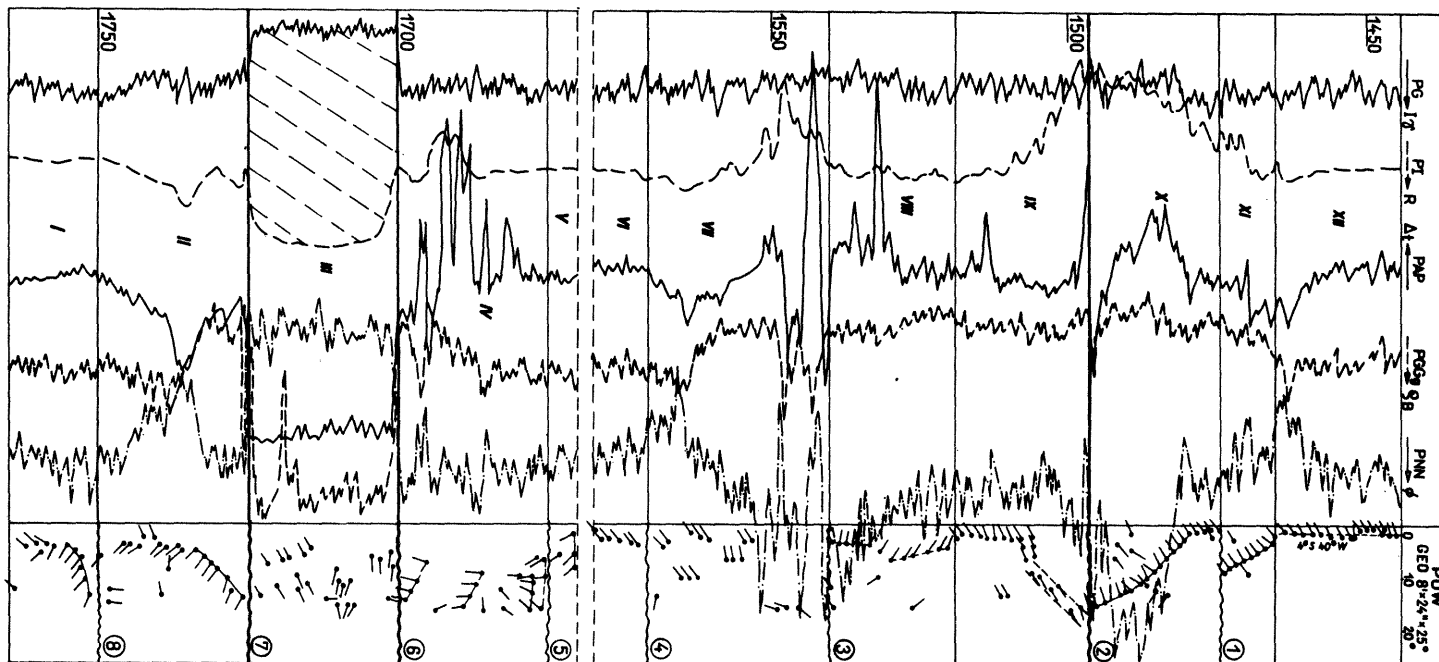


Fig. 11. Zastosowanie PUW do określenia kierunku nachylenia poziomu skał wylewnych oraz stref zmienionych termicznie w obrębie osadów syluru w otworze nr 16 (M. Kiełt, 1989)

Use of the dip logging for determination of direction of dip of eruptive rock zone and thermally-changed zones within Silurian in the borehole no. 16 (M. Kiełt, 1989)

① – niezgodność kąтова (prawdopodobnie podrzędny uskoki); ② – uskoki normalny; ③, ④ – niezgodności kątowe (prawdopodobnie takiej samej genezy jak ⑤ i ⑧); ⑤, ⑧ – niezgodności kątowe między niezmiennymi osadami syluru i odcinkami łowców objętych procesami termicznymi; ⑥, ⑦ – niezgodności kątowe na granicach poziomu skał wylewnych; I – XII – podrzędne jednostki litofizyczne; I, V, VI, XII – odcinki łowców nieskażonych wpływem uskoców i intruzji, II, IV – odcinki łowców objęte procesami termicznymi związanymi z intruzją wzdłuż uskoku, III – poziom skał wylewnych, VII, VIII – odcinki łowców charakteryzujące się podobnymi obrazami parametrów petrofizycznych jak odcinki II i IV (prawdopodobnie objęte procesami termicznymi), IX – XI – strefy przyuskokowe; 4°S40°W – regionalny upad strukturalny zaznaczający się w łowcach poniżej odcinka I i począwszy od odcinka XII

① – angular disconformity (probably a secondary fault); ② – normal fault; ③, ④ – angular disconformities (probably of the genesis as ⑤ and ⑧); ⑤, ⑧ – angular disconformities between the Silurian unchanged deposits and thermally changed sections of siltstone; ⑥, ⑦ – angular disconformities in the boundaries of eruptive rock zone; I – XII – secondary lithophysical units: I, V, VI, XII – sections of claystones unchanged by faults and intrusions, II, IV – sections of claystones thermally changed, connected with intrusion along the fault, III – eruptive rocks zone, VII – VIII – sections of claystones, characterized by alike pictures of petrophysical parameters as sections II and IV (probably thermally changed), IX – XI – near-faulted zones; 4°S40°W – regional structural dip occurred in claystones below the section I and beginning from the section XII

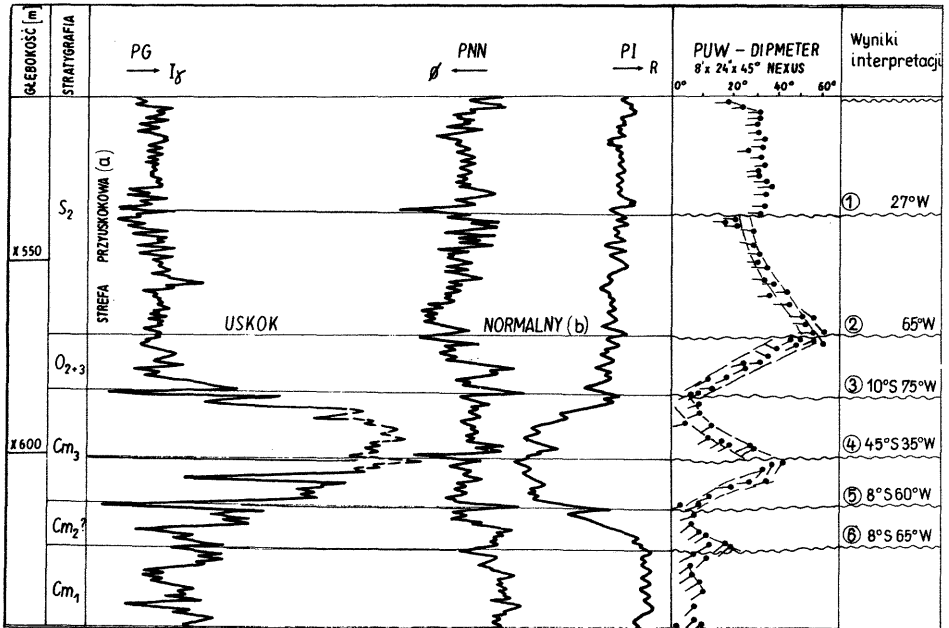


Fig. 12. Zastosowanie PUW do wydzielenia uskoku normalnego i towarzyszących mu niezgodności w otworze nr 1 (L. Król i in., 1988)

Use of the dip logging for determination of the normal fault and disconformities accompanied in the borehole no. 1 (L. Król et al., 1988)

①, ② – niezgodności tektoniczne; ③–⑥ – niezgodności facjalne

①, ② – tectonic disconformities; ③–⑥ – facial disconformities; a – near-faulted zone, b – normal fault

i ordowiku przedstawiono na fig. 12. W otworze nr 1 stwierdzono bardzo dużą lukę stratygraficzną. Dodatkowo wydzielono kilka niezgodności o charakterze tektonicznym, sedymentacyjnym i litologicznym (granice stratygraficzne) oraz określono ich parametry geometryczne (są one obarczone wpływem ruchów tektonicznych). Z analizy stratygrafii określonej w tym otworze oraz korelacji przeprowadzonej z otworami odwierconymi na Rugii, a także na obszarze morskim i lądowym syneklizy bałtyckiej, i z najbliższym otworem morskim (otwór nr 2) wynika, że wysokość zrzutu jest co najmniej kilkaset metrów (M. Kiełt, 1989). Wyniki przeprowadzonej interpretacji potwierdzają następujące dane geologiczne:

- duże kąty upadów i ślady zaangażowania tektonicznego widoczne na rdzeniach,

- urozmaicona stratygrafia o ogólnym podobieństwie i identycznych niezgodnościach, jak w otworach na południowym Bornholmie,

- regionalne informacje o miąższości i niezgodnościach w obrębie osadów syluru, ordowiku i kambru na platformie wschodnioeuropejskiej.

#### OKREŚLENIE GENEZY I WARUNKÓW SEDYMENTACJI

Z informacji zawartych w dostępnej literaturze wynika, że jest to zagadnienie nie zawsze rozwiązywalne w sposób jednoznaczny w pojedynczych otworach

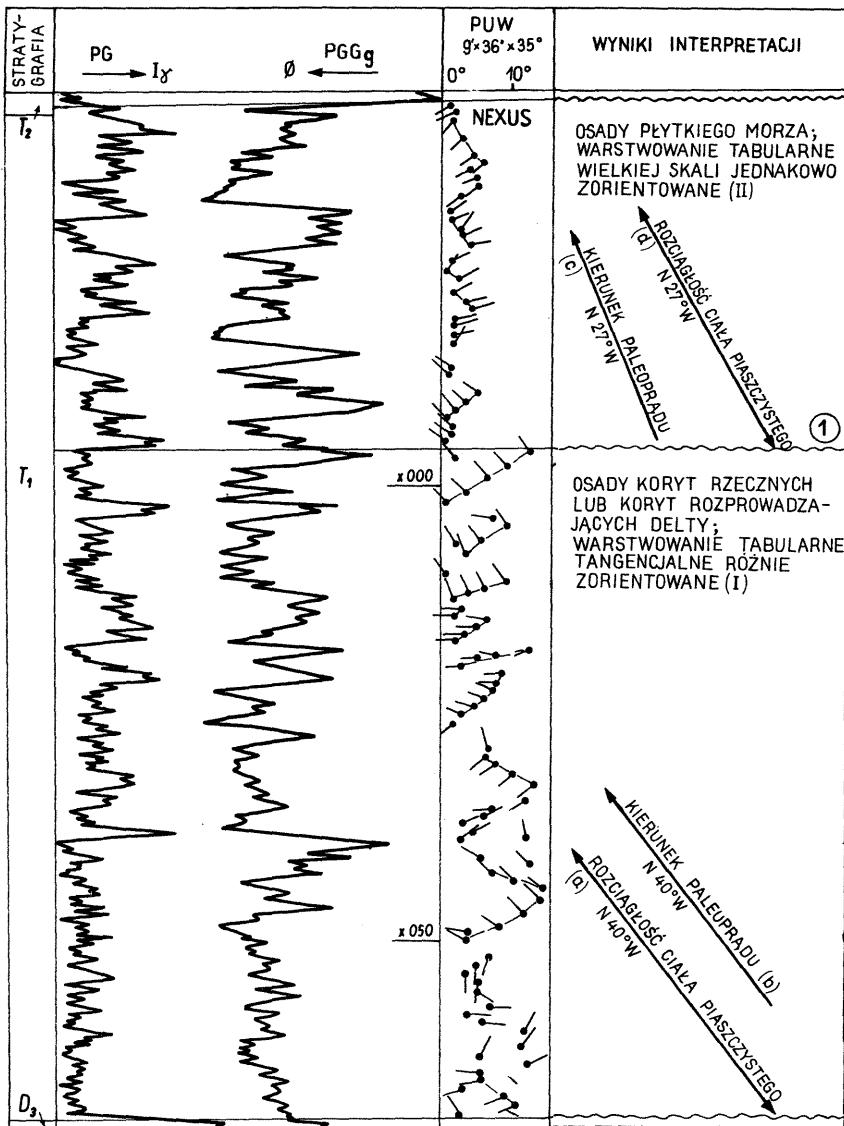


Fig. 13. Zastosowanie PUW do określenia genezy i warunków sedymentacji osadów dolnego pstrego piaskowca w otworze nr 2 (M. Kiełt, 1989; L. Król i in., 1988)

Use of the dip logging for determination of genesis and sedimentation conditions of the Lower Buntsandstein deposits in the borehole no. 2 (M. Kiełt, 1989; L. Król et al, 1988)

- ① – niezgodność kątowna na granicy zmienności warstwowania (genezy osadów)
- ① – angular disconformity in the boundary of bedding variability (genesis of sediments); I – river bed deposits or delta distributing bed deposits, with tabular, tangential, varioriented bedding; II – shallow sea deposits with tabular bedding of large scale, equally oriented; a, d – sandy body strike, b, c – direction of palaeocurrent

(E.L. Bigelow, 1985a – e; J.H. Doveton, 1986; I.A. Gilreath, 1987a, b; I.F. Goetz, 1984, 1985; S.J. Pirson, 1981; *Fundamentals...*, 1970; R.C. Selley, 1976, 1979; O. Serra, 1985).



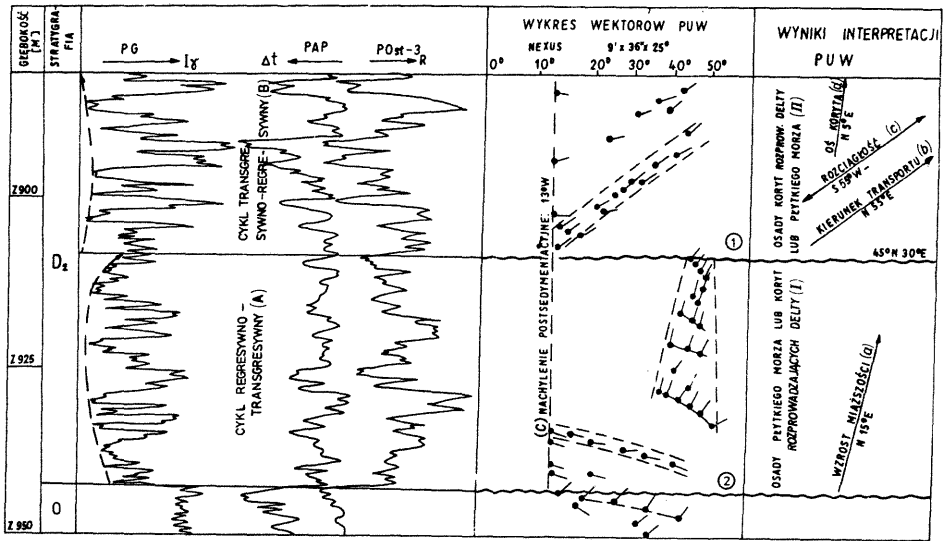


Fig. 14. Zastosowanie PUV do określenia genezy i warunków sedymentacji osadów dewonu środkowego oraz granicy między ordowikiem a dewonem środkowym i niezgodności w obrębie osadów dewonu środkowego w otworze nr 5

Use of the dip logging for determination of genesis and sedimentation conditions of the Middle Devonian and of the boundary between Ordovician and Middle Devonian and disconformities within the Middle Devonian deposits in the borehole no. 5

- ① – niezgodność kątowna na granicy zmienności warstwowania (prawdopodobnie – zmienności genezy osadów);  
 ① – niezgodność kątowna (luka stratygraficzna) na granicy osadów ordowiku i dewonu środkowego  
 ① – angular disconformity in the boundary of bedding variability (probably – variability of genesis of deposits);  
 ① – angular disconformity in the boundary of Ordovician and Middle Devonian;  
 A – regresywno-transgresywny cykl; B – transgresywno-regresywny cykl; C – postsedymenacyjne nachylenie; I – osady płytkiego morza lub rozprzeczających delty; II – osady głębszego morza lub rozprzeczających delty; a – zwiększenie grubości; b – kierunek transportu; c – kierunek transportu; d – kierunek transportu

Jednakże w większości przypadków jest możliwe określenie paru najbardziej wiarygodnych wariantów rozwiązania tego zagadnienia. Tak właśnie postąpił autor przy interpretacji środowisk sedymentacji na prezentowanych w pracy ilustracjach (fig. 13–16), biorąc pod uwagę ogólną znajomość paleogeografii i środowisk w poszczególnych okresach.

Z tab. 1 wynika, że przy określaniu genezy osadów i warunków ich sedymentacji podstawowe znaczenie ma analiza pomiarów PUV, a podrzędne – analiza kształtów anomalii krzywych profilowań geofizycznych (fig. 5) i analiza trendów parametrów petrofizycznych (fig. 6), natomiast na określenie cykliczności sedymentacji pozwala analiza sekwencyjna będąca częścią składową analizy trendów parametrów petrofizycznych (M. Kiełt, 1989). Polega ona na wydzieleniu różnych cykli odpowiadających poszczególnym etapom sedymentacji. Opiera się ona na zależności wykształcenia litologicznego osadów od wahań poziomu morza w danym basenie sedymentacyjnym (stadia: regresji, transgresji i stabilizacji warunków sedymentacji), a nawet od tempa tych wahań: przyspieszone, liniowe i opóźnione (fig. 5). Standardowa wersja tej metodyki, podana po raz pierwszy przez S.J. Pirsona w 1970 r. i O. Serrę w 1973 r. opiera się na analizie zmienności z głębokością wykształcenia litologicznego na podstawie profilowań PG i PS (S.J. Pirson, 1981).

Z analizy przeprowadzonej przez autora wynika, że na obszarze lądowym

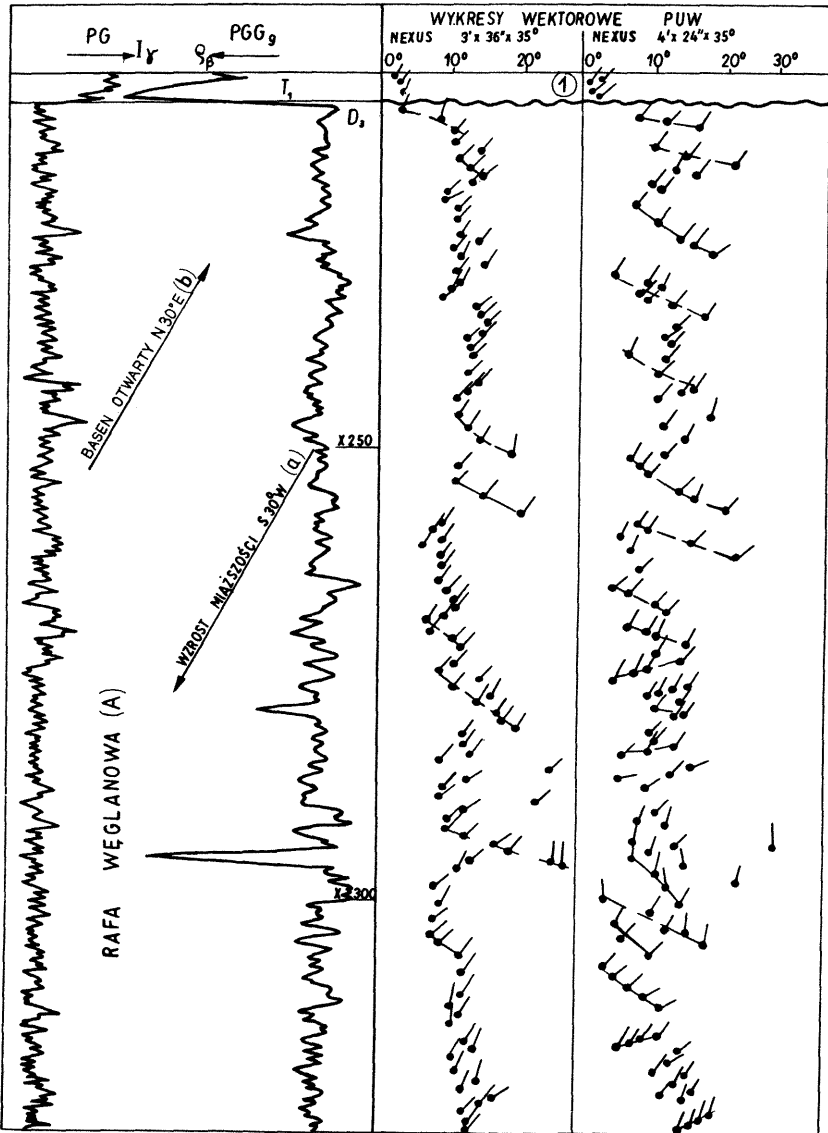


Fig. 15. Zastosowanie PUV do określenia genezy i warunków sedimentacji węglanowych osadów dewonu górnego w otworze nr 2

Use of the dip logging for determination of genesis and sedimentation conditions of the Upper Devonian carbonates in the borehole no. 2

① – niezgodność stratygraficzna

① – stratigraphic disconformity; A – carbonate reef; a – increasing thickness; b – open basin

i morskim syneklizy bałtyckiej i w pozostałych otworach morskich do wydzielenia cykli sedimentacyjnych (sekwencji osadowych) można stosować nie tylko profilowania PG i PS, ale także: PNN, PNG, PGGg, PAP i PI (M. Kiełt, 1989). Analiza sekwencyjna umożliwia wydzielenie cykli sedimentacyjnych

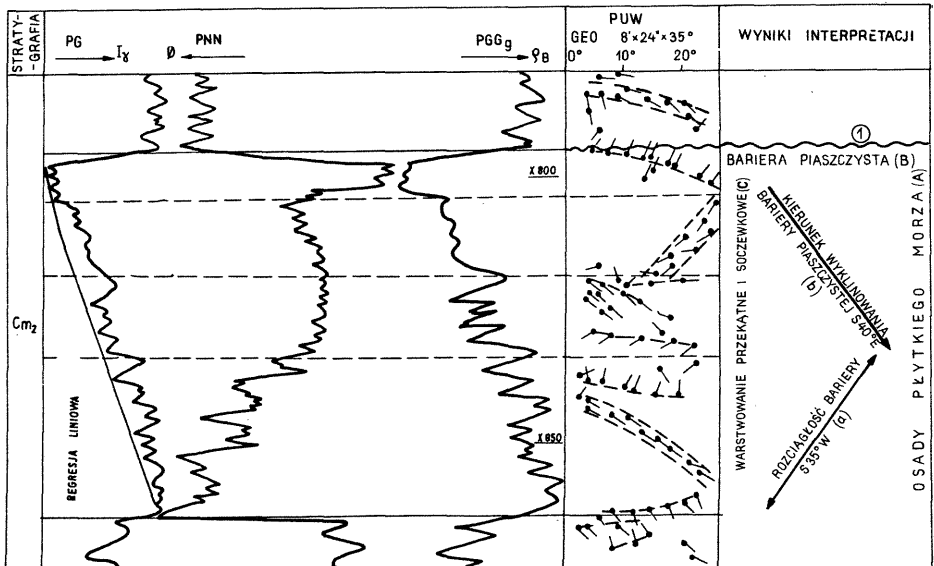


Fig. 16. Zastosowanie PUV do określenia genezy i warunków sedymentacji osadów kambru środkowego oraz niezgodności w jego obrębie w otworze nr 8

Use of the dip logging for determination of genesis and sedimentation conditions of the Middle Cambrian and disconformities within in the borehole no. 8

① – niezgodność facjalna

① – facial disconformity; A – shallow sea deposits; B – sandy barrier; C – diagonal and lenticular bedding; a – strike of barrier; b – direction of tailing out of sandy barrier

w osadach o genezie morskiej, a tym samym podział profilu na jednostki litofizyczne różnego rzędu.

Wybrane przykłady zastosowania tych metodyk przedstawiono na fig. 13–16, w tym na fig. 14 i 16 – wyniki zastosowania analizy sekwencyjnej; pozwoliła ona na określenie charakteru następstwa (regresywnego lub transgresywnego) i stwierdzenie cykliczności procesu sedymentacji. W większości prezentowanych przypadków możliwe było określenie dwóch wariantów rozwiązania (fig. 13 i 14). Ponadto pozwoliło w w licznych przypadkach na przybliżone scharakteryzowanie typu warstwowania osadów, określenie dominujących kierunków paleoprądów i transportu osadów oraz na podanie rozciągłości ciał piaszczystych i nachylenia postsedymentacyjnego osadów. Powyższe informacje pozwalają również na określenie prawdopodobnego kierunku wzrostu miąższości ciał piaszczystych. Załączone przykłady reprezentują różne środowiska osadowe: przeważnie deltowe i płytkiego morza. Ciekawy przypadek środowiska rafowego jest przedstawiony na fig. 15. Rdzeń pobrany w dolnej części dewonu górnego pozwolił na wstępne określenie środowiska sedymentacji jako przyrafowe.

Określenie genezy i warunków sedymentacji osadów w pojedynczych otworach jest zwykle problemem skomplikowanym. Ponadto w trakcie interpretacji niedostępne są przeważnie wyniki analizy sedymentologicznej rdzeni, a w większości przypadków w interesujących interwałach w ogóle nie wykonuje się rdzeniowania. Uniemożliwia to sprawdzenie wyników. Istnieje jedynie możliwość wykorzystania literaturowych informacji geologicznych, ale niestety

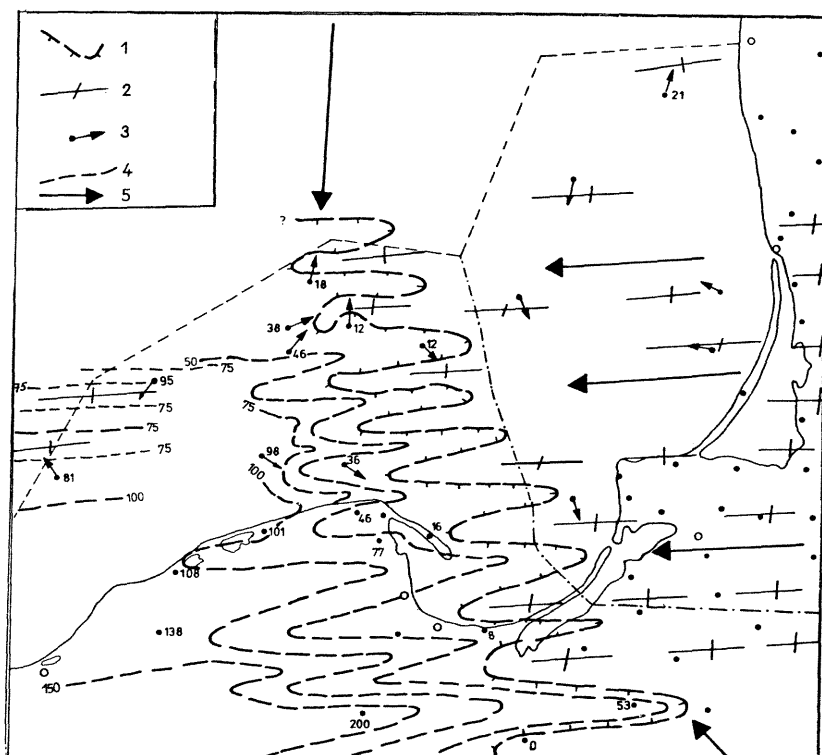


Fig. 17. Wykorzystanie wyników kompleksowej interpretacji profilowań geofizycznych do określenia przybliżonej paleomorfologii powierzchni podwendyjskiej oraz kształtu basenu sedimentacyjnego środkowej części syneklizy bałtyckiej

Use of the complex well logging interpretation for determination of approximate palaeomorphology of the Under – Vendian surface and shape of the sedimentation basin in the middle part of the Baltic Syneclise

1 – hipotetyczny zasięg osadów serii żarnowieckiej; 2 – hipotetyczne kierunki wyniesień podłoża wendo-kambryjskiego; 3 – kierunki podnoszenia się powierzchni podwendyjskiej; 4 – izopachyty; 5 – kierunek transportu

1 – hypothetical extent of the Żarnowiec Series; 2 – hypothetical directions of elevations of the Vendian – Cambrian basement; 3 – directions of ascent of the Under – Vendian surface; 4 – isopachs; 5 – direction of transport

w większości przypadków mają one charakter ogólny. Dlatego też w praktyce wyłącznym sposobem sprawdzenia wiarygodności wyników interpretacji otrzymanych w pojedynczych otworach jest kompleksowa interpretacja profilowań geofizycznych w planie regionalnym.

### PRZYKŁAD INTERPRETACJI GEOLOGICZNEJ PROFIŁÓW GEOFIZYCZNYCH W SKALI REGIONALNEJ

Oddzielnym zagadnieniem jest opracowanie wyników interpretacji ilościowej (złożowej) i geologicznej, uzyskiwanych w poszczególnych otworach, w planie regionalnym. W tym celu można wykorzystać zdecydowaną większość

parametrów ilościowych i informacji geologicznych (M. Kiełt, 1989). Korelacja danych z pojedynczych otworów z innymi danymi geologicznymi, sejsmicznymi itp. ułatwia opracowanie jednolitej koncepcji budowy geologicznej basenu sedymentacyjnego lub jednostki geologicznej.

Na fig. 17 przedstawiono szkic miąższości osadów serii żarnowieckiej (granice serii określono na podstawie materiałów geofizyki wiertniczej). Przy jego konstrukcji uwzględniono określone na podstawie PUW kierunki zapadania powierzchni podwędnyjskiej, a także powierzchni stropowej serii żarnowieckiej (szkic miąższości opracowano łącznie ze szkicami miąższości kambru dolnego i środkowego za pomocą superpozycji miąższości). Przedstawiono także dominujące kierunki transportu materiału w czasie sedymentacji, hipotetyczne kierunki paleowyniesień podłoża wendo-kambryjskiego i hipotetyczny współczesny zasięg występowania osadów serii żarnowieckiej, a także pośrednio – przybliżone kierunki występowania paleolinii brzegowej (M. Kiełt, 1989; L. Król i in., 1988). Przedstawiony model zgadza się ogólnie z koncepcją stożków napływowych serii żarnowieckiej, sformułowaną przez K. Jaworowskiego (1979).

## ZASTOSOWANIE POMIARÓW PUW PRZY PROJEKTOWANIU OTWORÓW WIERTNICZYCH

Wyniki geologicznej interpretacji PUW (znajomość genezy i geometrii ciał piaszczystych, a tym samym kierunku ich wyklinowywania i podnoszenia się oraz lokalizacja w profilach otworów przebiegu uskoku i niezgodności) w połączeniu z wynikami ilościowej interpretacji (znajomość wykształcenia litologicznego, porowatości, zailenia, nasycenia) pozwalają na etapie rozwiercania danej struktury lub rejonu na przestrzenne odtworzenie badanego ciała piaszczystego. Stwarza to duże możliwości zmniejszenia ilości negatywnych wierceń.

## PODSUMOWANIE

W niniejszym artykule jedynie zasygnalizowano możliwości interpretacyjne w rozszyfrowywaniu licznych problemów geologicznych, jakie stwarza nowoczesna aparatura karotażowa typu *DDL* umożliwiająca pomiar szeregu parametrów petrofizycznych ( $I_{\gamma}$ ,  $\rho_B$ ,  $\delta/R$ ,  $\Phi$ ,  $\Delta t$  i  $\alpha/A$ ). Wykonywane z jej pomocą profilowania geofizyczne są zbiorem licznych zakodowanych informacji geologicznych, które można odkodować przy użyciu zestawu odpowiednich metod interpretacji.

Oszczędności czasu, pomimo znacznego zwiększenia ilości profilowań geofizycznych, oraz skomputeryzowanie aparatury umożliwiają wykonywanie interpretacji ilościowej i geologicznej często już w zakresie szerszym niż przedstawiono w publikacji tuż po zakończeniu pomiarów (zwykle po upływie kilku godzin). Wykorzystanie wyników interpretacji pomiarów PUW daje możliwość wpływu na zmniejszenie liczby negatywnych wierceń i świadczy o dużych praktycznych możliwościach nowoczesnych cyfrowych aparatów karotażowych (L. Król i in., 1988). Podstawowym celem pracy było zapoznanie szerszego grona polskich specjalistów z wybranymi aspektami geologicznej interpretacji profilowań geofizycznych. W pracy zastosowano oznaczenia parametrów geofizycz-

nych przyjęte przez firmy zachodnie ze względu na przedstawienie na ilustracjach oryginalnych wersji programowych oraz na brak polskich odpowiedników znacznej części stosowanych oznaczeń.

Wspólna Organizacja  
Petrobaltic  
Gdańsk, ul. Stary Dwór 9  
Nadesłano dnia 2 grudnia 1988 r.

## PIŚMIENNICTWO

- BIGELOW E.L. (1985a) – Making more intelligent use of log derived dip information. Part I. The log analyst, p. 41–51, nr 1.
- BIGELOW E.L. (1985b) – Making more intelligent use of log derived dip information. Part II. The log analyst, p. 25–41, nr 2.
- BIGELOW E.L. (1985c) – Making more intelligent use of log derived dip information. Part III. The log analyst, p. 18–31, nr 3.
- BIGELOW E.L. (1985d) – Making more intelligent use of log derived dip information. Part IV. The log analyst, p. 21–43, nr 4.
- BIGELOW E.L. (1985e) – Making more intelligent use of log derived dip information. Part V. The log analyst, p. 25–64, nr 5.
- DOVETON J.H. (1986) – Log analysis of subsurface geology. Concepts and computer methods, ed. John Wiley and Sons. New York.
- FUNDAMENTALS OF DIPMETER INTERPRETATION (1970) – Schlumberger Technical Publication. New York.
- GILREATH I.A. (1987a) – Strategies for dipmeter interpretation. Part I. Techn. Rev., p. 28–41, July.
- GILREATH I.A. (1987b) – Dipmeter interpretation rules. Suppl. Techn. Rev., July.
- GOETZ I.F. (1984) – Dipmeter interpretation. Sc. Art. Gearhart Industries, Inc.
- GOETZ I.F. (1985) – Geological application of logging measurements. Gearhart Technical Publication, p. 1–82, 1–68.
- HOLT O.R. (1974) – Relating diplog to practical geology. Dresser Atlas Technical Publication.
- JAWOROWSKI K. (1979) – Transgresja morza kambryjskiego w północnej Polsce. Pr. Inst. Geol., 94.
- KIEŁT M. (1984) – Metodyczne podstawy geologicznej interpretacji profilowania upadu warstw. Geof. Stos., p. 67–81, nr 1/2.
- KIEŁT M. (1986a) – Geofizyczna korelacja litostratygraficzna osadów wendy i kambry (obszar łądowy syneklizy perybałtyckiej). Wiad. Gór., 37, p. 255–260, nr 11/12.
- KIEŁT M. (1987) – Zastosowanie profilowania upadu warstw w badaniach geologicznych. Techn. Posz. Geol., 26, p. 26–36, nr 6.
- KIEŁT M. (1989) – Geologiczna interpretacja profilowań geofizycznych na przykładzie wybranych południowobałtyckich formacji piaszczysto-ilastych. Arch. AGH. Kraków.
- KRÓL L., KRÓL E., KIEŁT M. (1988) – Rola nowoczesnej aparatury karotażowej w zakresie informacji uzyskiwanych w wyniku interpretacji profilowań geofizycznych. Materiały IV Sympozjum Geofizyki Wiertniczej, p. 89–108. Drżonków/Zielona Góra.
- PIRSON S.J. (1981) – Geologic well log analysis. Gulf Publ. Co. Houston.
- RIDER M.H. (1986) – The geological interpretation of well logs. Blackie – Halstead Press. Glasgow – London – New York.
- SELLEY R.C. (1976) – Subsurface facies analysis. The log analyst, p. 3–11, nr 1.

- SELLEY R.C. (1979) — Dipmeter and log motifs in North Sea submarine fan sands. Am. Ass. Petrol. Geol. Bull., p. 925–937, nr 6.
- SERRA O. (1985) — Fundamentals of well log interpretation. T. 1 — The Acquisition of logging data. Elsevier. Pau.
- SERRA O., ABBOTT M.T. (1982) — The contribution of logging data to sedimentology and stratigraphy. SPE Jour., p. 117–131, nr 2.
- STUDY GUIDE DIPMETER (1983) — Gearhart Technical Publication.
- КЕЛТ М. (1985) — Применение наклонометрии для решения геологических вопросов. Материалы научно-технической конференции. Гданьск.
- КЕЛТ М. (1986b) — Применение материалов ПГИС для решения некоторых геологических вопросов в области Балтийской синеклизы. Материалы XXXI международного Геофизического Симпозиума. Гданьск.

Мариан КЕЛТ

### РЕШЕНИЕ ИЗБРАННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ВОПРОСОВ ЮЖНОБАЛТИЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ НА ОСНОВАНИИ НАКЛОНОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

#### Резюме

Представлены возможности, которые в области получаемых геологических информации создает современная скважина измерительная аппаратура типа *DDL-1*, снабженная набором 9 комплексных зондов, позволяющих в частности на проведение следующего геофизического каротажа: ГК, ГГК, ННК, АК, ИК и наклонометрии. Такой комплект каротажа делает возможным измерение следующих петрофизических параметров: интенсивности естественного гамма-излучения, объемной плотности, пористости, проводимости-сопротивления, интервального времени, а также углов падения и их азимутов. Среди этих типов каротажа, главную роль с точки зрения геологических информации играет каротаж падения слоев (наклонометрия).

В морских скважинах расположенных на территории южной части Балтийского моря измерения наклонометрические проводились при помощи четырехплечевого наклонометра типа *FED*. За период 1980–1988 в В.О. „Петробалтик” наклонометрические измерения были проведены в 25 скважинах расположенных на общем расстоянии свыше 33 тыс. п.м. (фиг. 1).

На геофизическом каротаже отражаются разные информации по структурной геологии, седиментологии и тектонике. Иначе говоря — геофизический каротаж является набором геологических информации по седиментационной и постседиментационной истории данного района исследований. Целью комплексной геологической интерпретации геофизического каротажа проведенного в отдельных скважинах является декодирование находящихся в нем геологических информации. Это декодирование можно провести путем подбора соответствующих методик интерпретации геофизического каротажа (таб. 1). Необходимым условием для проведения геологической интерпретации геофизического каротажа является присутствие в каждом осадочном комплексе слоев и контрастов в их слоистости. С точки зрения геологической интерпретации каждая скважина пересекает набор так называемых геологических плоскостей разного геологического генезиса, а также набор литофизических единиц, находящихся между геологическими плоскостями.

В статье представлены следующие вопросы:

а — роль и место наклонометрических измерений в комплексе геофизического каротажа (фиг. 2–5);

б — применение стандартного геофизического каротажа и наклонометрических измерений для решения следующих геологических вопросов в отдельных скважинах:

— выделение несогласностей, литофизических единиц и осадочных комплексов (фиг. 6–10),

— определение направления западания горизонта излившихся пород и зон термически измененных (фиг. 11),

— выделение сбросов (фиг. 12),

— определение генезиса осадков и условий их седиментации (фиг. 13–16);

в — применение наклонометрических измерений для решения геологических вопросов в региональном масштабе (фиг. 17).

Экономия времени, мимо значительного увеличения количества геофизического каротажа, проведение количественной и геологической интерпретации сразу после окончания измерений, а также возможность оказывания влияния на уменьшение количества негативных скважин путем соответственного использования результатов интерпретации измерений наклонометрических, указывают на большие практические возможности современной каротажной аппаратуры.

Marian KIELT

## SOLUTION TO THE SELECTED GEOLOGICAL PROBLEMS OF THE SOUTHERN BALTIC AREA WITH THE USE OF DIP LOGGING

### S u m m a r y

Possibilities are presented in obtaining geological information by the use of the modern measuring equipment type *DDL-1*, comprising 9 logging combains, that among others allow to carry out the: gamma — ray, gamma — gamma (density), neutron — neutron, acoustic velocity, inductive, and dip loggings. Such a set of logging allows to measure the following petrophysical parameters: natural gamma radiation, intensity volume density, porosity, conductivity-resistance, interval transit time, and dip angle and azimuth. Amongst the above methods the dominant role, in respect of geological information content, plays dip logging.

The dip logging was carried out in the underwater boreholes situated in the Southern Baltic, with the use of the four armed dipmeter type FED. In 1980–1988, W.O. Petrobaltic carried out dip logging in 25 boreholes with a total section of over 33,000 m (Fig. 1).

Various information in the field of structural geology, sedimentology and tectonics reflects upon well logging. In other words well loggings are a set of coded geological information on sedimentation and post-sedimentation history of a given region. The aim of the complex geological interpretation of well logging in singular boreholes is decoding geological information comprising in logging data. Decoding may be obtained by selection of the adequate modes of well logging interpretation (Tab. 1). The precondition to carry out geological interpretation of well logging is the presence of horizons and contrasts in bedding in each complex of sedimentary rocks. From a point of view of geological interpretation, each borehole cuts a set of so called geological planes with various geological genesis and a complex of lithophysical units situated between geological planes.

The paper presents the following subjects:

а — the role and location of dip logging in the well logging complex (Figs. 2–5);



b – the use of standard well logging and dip logging to solve the following geological problems in singular boreholes:

- separation of unconformities, lithophysical units and sedimentary complexes (Figs. 6–10),
- determination of directions of dip of eruptive rock beds and thermally changed zones (Fig. 11),
- separation of faults (Fig. 12),
- determination of genesis of sediments and conditions of their sedimentation (Figs. 13–16),
- c – the use of dip logging to solve geological problems in regional scale (Fig. 17).

Time saving despite of considerable increasing the quantity of well loggings, carrying out of the deposit and geological interpretation just after measurements, and possibilities of influence on decreasing the quantity of negative drillings by a proper use of dip logging interpretation data manifest good practical possibilities of the modern well logging equipment.