

ZAGADNIENIE IDENTYFIKACJI I KORELACJI POKŁADÓW WĘGLOWYCH METODAMI GEOFIZYKI KOPALNIAŃEJ

W POLSCE W OKRESIE POWOJENNYM pierwsze pomiary geofizyczne w otworach węglowych były wykonane w 1950 r. Stanowiły one badania elektrometryczne (profilowanie lub boczne sondowanie). Następnie zastosowano tu również metody radiometryczne: natężenia naturalnego promieniowania gamma skał oraz neutron-gamma. Poza metodami geofizycznymi zajmowałem się również pomiarami: elektrycznego mikroprofilowania (mikrologu), potencjałów wzbudzonej polaryzacji skał, kawernomierzem, gamma-gamma i neutron-neutron, stosowanym do wykrywania pokładów węglowych opuszczonych w czasie wiercenia.

Metodę geofizycznych pomiarów kopalnianych w zastosowaniu do poszukiwań węgla kamiennego opracowałem w 1956 r. i przekazałem przedsiębiorstwu wykonującemu tego typu badania. Należało więc szukać nowych zagadnień ważnych dla górnictwa i geologii węglowej. Takim problemem jest wyznaczanie stopnia uwęglenia węgla kamiennych, korelacja i identyfikacja pokładów węglowych za pomocą metod geofizyki kopalnianej. Szczególnie ważnym a zarazem trudnym zagadnieniem jest wykrywanie horyzontów wodnych i gazowych występujących w karbonie produktywnym i jego nadkładzie. Zastosowałem tu metody rezystywności i termometrii oraz gazowe profilowanie otworów wiertniczych.

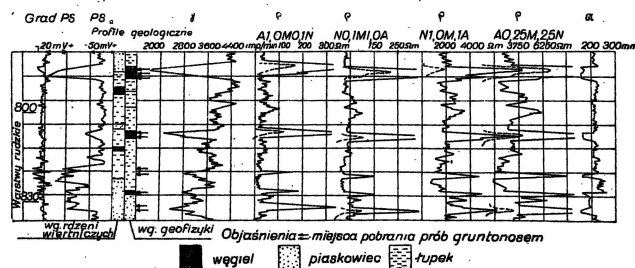
W czasie wiercenia otworu wiertniczego czasem opuszcza się węgiel wskutek małego uzysku rdzenia zwłaszcza w węglach wysoko uwęglonych. Węgla te charakteryzują się dobrą urabialnością i zwiercalnością, wskutek czego zdarzają się wypadki zmiełnienia i rozkruszenia rdzeni wiertniczych węglowych pochodzących z pokładów węglowych nawet kilkumetrowej miąższości. Metody geofizyki kopalnianej spełniają tu rolę kontroli. Pozwalają one poprawiać profile geologiczne przez wykrycie nowych pokładów i dokładne wyznaczenie ich miąższości. Badania, o których mowa, wykonywane były w otworach wiertniczych Rybnickiego Okręgu Węglowego.

WYKRYWANIE POKŁADÓW WĘGLOWYCH METODAMI GEOFIZYKI KOPALNIAŃEJ (WIERTNICZE)

Możliwość wykrycia węgla kamiennych w profilu otworu wiertniczego metodami geofizyki kopalnianej opiera się na badaniu naturalnych i sztucznych pól elektrycznych, naturalnej i sztucznej promieniotwórczości skał oraz innych parametrów.

Oporność elektryczna węgla kamiennych zmienia się w bardzo szerokich granicach i zależy od ich stopnia uwęglenia. Na wielkość oporności właściwej węgla kamiennych ma również wpływ ich struktura i tekstura, są one bowiem skałą silnie warstwowaną. W. N. Dachnow (1) podaje, że współczynnik anizotropii węgla kamiennych waha się

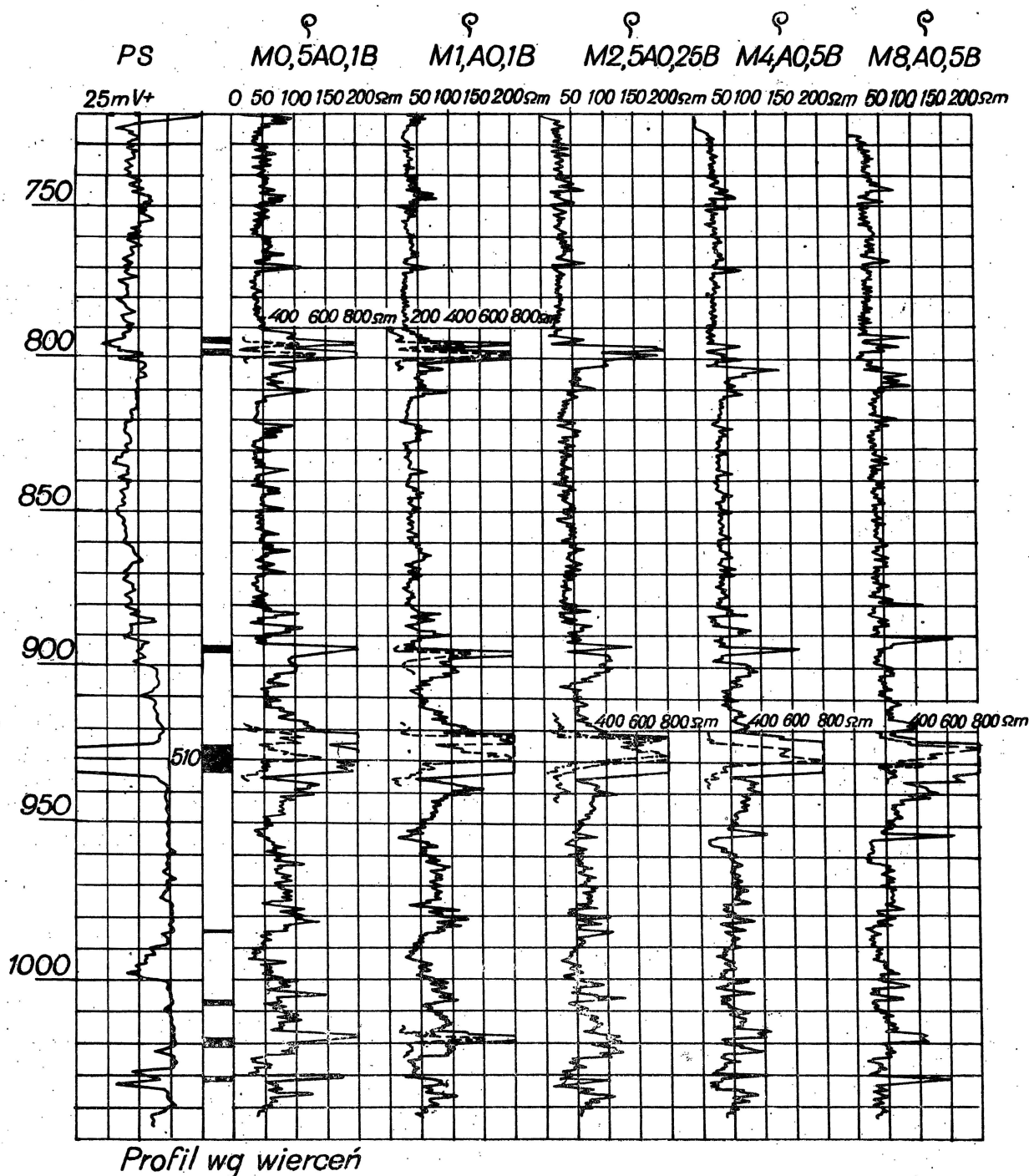
w granicach od 1,73 do 2,55. Na wykresach elektrometrii otworów wiertniczych węgle kamienne zaznaczają się wyraźnymi maksimami w stosunku do oporności skał otaczających. Oporność właściwa skał ilastych i ilasto-lupkowych wynosi od kilku do kilkunastu ohmm. Elektryczna oporność piaskowców karbońskich zależy przede wszystkim od ich gęstości i stopnia cementacji. Piaskowce słabo scementowane i porowate mają oporność właściwą kilkudziesięciu ohmm, a węgle kamienne kilkuset ohmm. Wówczas elektryczna charakterystyka węgla kamiennych jest różna od elektrycznej charakterystyki skał otaczających typu ilastego i piaskowcowego. Metody elektryczne zastosowane w tym przypadku wykrywają przewiercone pokłady węglowe. Ryc. 1 przedstawia przykład zastosowania metod elektrycznych do wykrywania pokładów węglowych leżących wśród piaskowców o niższej oporności właściwej w stosunku do elektrycznej oporności występujących węgla kamiennych. W rejonach poszukiwawczych, gdzie występują piaskowce silnie scementowane, zastosowanie metod elektrycznych nie wystarcza, bowiem zarówno



Ryc. 2. Zestawienie krzywych gradientu PS, PS, γ , ρ , q , d — dla otworu Nr 6.

Fig. 2. Compilation of gradient curves of PS, PS, γ , ρ , q , d — for the bore-hole No 6

węgle kamienne, jak i piaskowce mają tu taką samą elektryczną charakterystykę. Ryc. 2 przedstawia przykład występowania węgla kamiennych wśród piaskowców silnie scementowanych. Miejsca przypuszczalnej lokalizacji pokładów węglowych zostały wyznaczone na podstawie charakterystyk elektrycznych. Poszczególne anomalie przekontrolowano gruntuosem przez pobieranie próbek skały i w ten sposób wyeliminowano anomalie odpowiadające horyzontom piaskowców zbitych. Uzupełnienie pomiarów elektrycznych badaniami natężenia naturalnego promieniowania gamma skał nie ułatwia nam interpretacji, gdyż zarówno węgle, jak i piaskowce charakteryzują się tu minimami. Należało więc dobrać tu jakąś metodę odróżniającą węgle od zbitych piaskowców. Takimi metodami może być profilowanie neutron-gamma lub gamma-gamma. Zastosowana przez mnie metoda neutron-gamma, jako uzupełnienie



Ryc. 1. BSE otworu Nr — 19

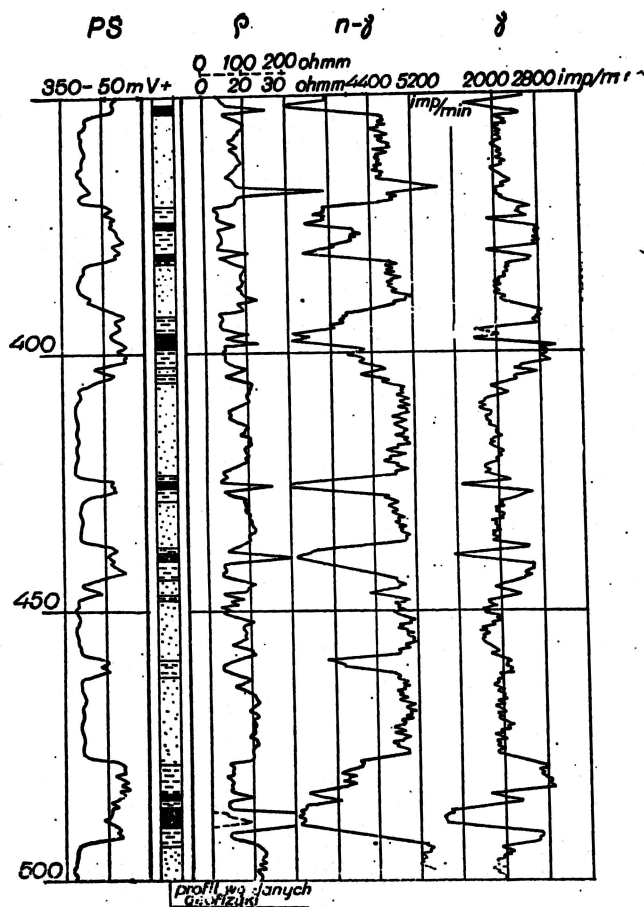
Fig. 1. BSE of the bore-hole No 19

specjalnie dobrą zdolnością rozdzielczą warstw z punktu widzenia ich litologii (ryc. 4). Krzywa neutron-gamma ma tu za zadanie nie tylko pomagać w wydzieleniu pokładów węglowych. Na jej podstawie oblicza się również współczynnik porowatości piaskowców, którego znajomość jest tu nieodzowna, zwłaszcza przy poszukiwaniu horyzontów wodnych i gazowych. Wyznaczanie miąższości pokładów węglowych przewierconych otworem wiertniczym, odbywa się na podstawie wyników stosowania kompleksu metod geofizyki kopalnianej. Specjalne znaczenie mają tu metody elektryczne, zwłaszcza w modyfikacji sond stropowych i spągowych oraz pomiar gradientu PS (ryc. 5).

ZAGADNIENIE KORELACJI I IDENTYFIKACJI POKŁADÓW WĘGLOWYCH

Ostateczną fazą opracowania materiałów badawczych jest problem dobrej identyfikacji pokładów węglowych. Dotychczas znane i stosowane metody nie zawsze pozwalają nam zidentyfikować dany pokład węglowy. Prace moje nad geofizyczną korelacją i identyfikacją węgla kamiennych rozwiercanych w Rybnickim Okręgu Węglowym potwierdzają możliwość zastosowania metod geofizyki kopalnianej dla identyfikacji korelacji poszczególnych pokładów a nawet całych profili.

Geofizycznymi parametrami korelacyjnymi są: opor-



Ryc. 3. Zestawienie krzywych PS, ρ , $n-\gamma$ i γ dla otworu Nr 119.

Fig. 3. Compilation of curves PS, ρ , $n-\gamma$ and γ — for the bore-hole No 119

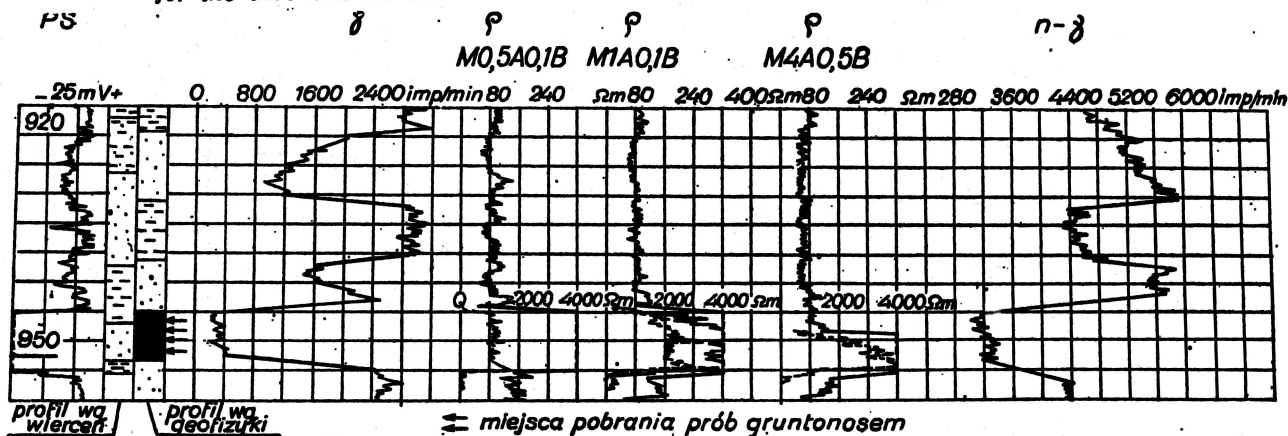
ność elektryczna oraz natężenie naturalnej promieniotwórczości węgla kamiennych i skał otaczających. Do korelacji pokładów węglowych można używać zarówno krzywych natężenia naturalnego promieniowania gamma, jak i krzywych pozornej oporności właściwej skał. Niejednokrotnie krzywe potencjałów polaryzacji własnej (PS) mogą być użyte do korelacji pokładów węgla przewierconych otworami wiertniczymi.

KRZYWE POTENCJAŁÓW POLARYZACJI WŁASNEJ (PS)

Węgla kamiennie rozwiercone w Rybnickim Okręgu Węglowym mają różny znak i różne wartości amplitud anomalii na krzywych PS. Przeważnie mamy tu do czynienia z ujemnymi anomaliami. W niektórych pokładach węglowych można zauważyć zupełny zanik amplitudy krzywych potencjałów polaryzacji własnej (PS). W jednym z rejonów poszukiwawczych ROW pokład 510 charakteryzuje się silną ujemną anomalią PS. W rejonie tym możliwa jest korelacja tego pokładu na podstawie krzywej PS. Ryc. 6 podaje przykład korelacji krzywych PS między otworami 9 i 15, oddległych od siebie o 1,7 km. Dużo lepsze i pewniejsze wyniki uzyskuje się na podstawie krzywych ρ .

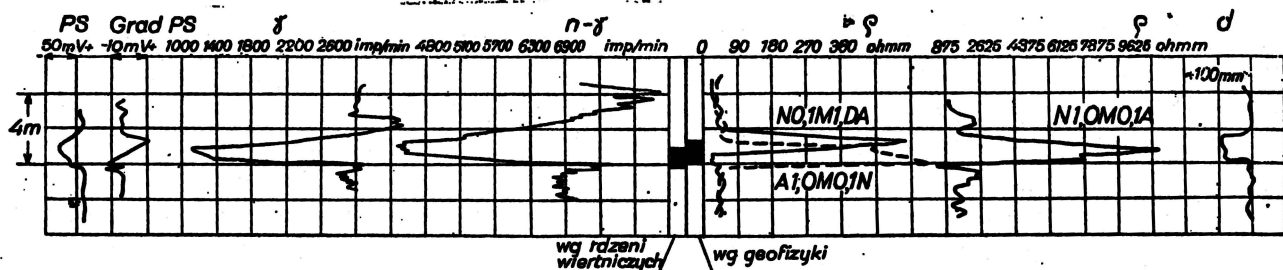
KRZYWE POZORNEJ OPORNOŚCI WŁAŚCIWEJ (ρ)

Na ryc. 1 podany jest przykład wydzielania węgla kamiennych w profilu geologicznym na podstawie krzywych (ρ). Specjalnie charakterystyczną anomalią na krzywej pozornej oporności właściwej (ρ) i potencjału polaryzacji własnej (PS) zaznacza się pokład 510. Pokład ten na podstawie geofizycznych danych można śledzić na dużej przestrzeni w rejonie poszukiwawczym „B”. Ryc. 7 podaje nam przykład wydzielenia tego pokładu na podstawie krzywych PS i ρ w otworze wiertniczym oznaczonym numerem 10. W czasie wiercenia otworu wiertniczego pokład ten został przeoczony wskutek dużych strat rdzenia, a zamieszczony profil geologiczny został wykonany na podstawie danych geologiczno-wiertniczych. Ano-



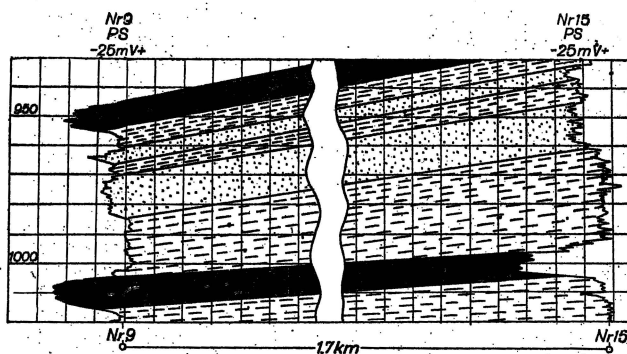
Ryc. 4. Zestawienie krzywych PS, γ i $n-\gamma$ dla otworu Nr — 18

Fig. 4. Compilation of curves PS, γ and $n-\gamma$ — for the bore-hole No 18

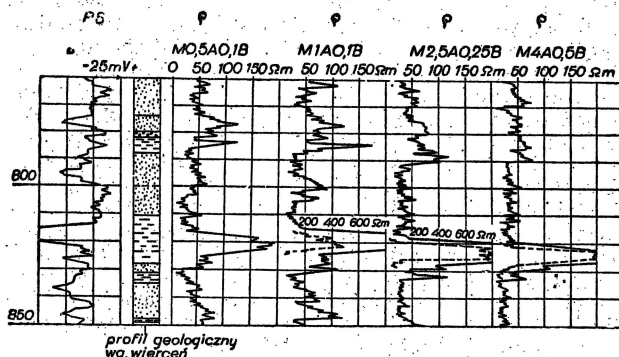


Ryc. 5. Wyznaczanie miąższości pokładu węglowego za pomocą kompleksu metod geofizycznych

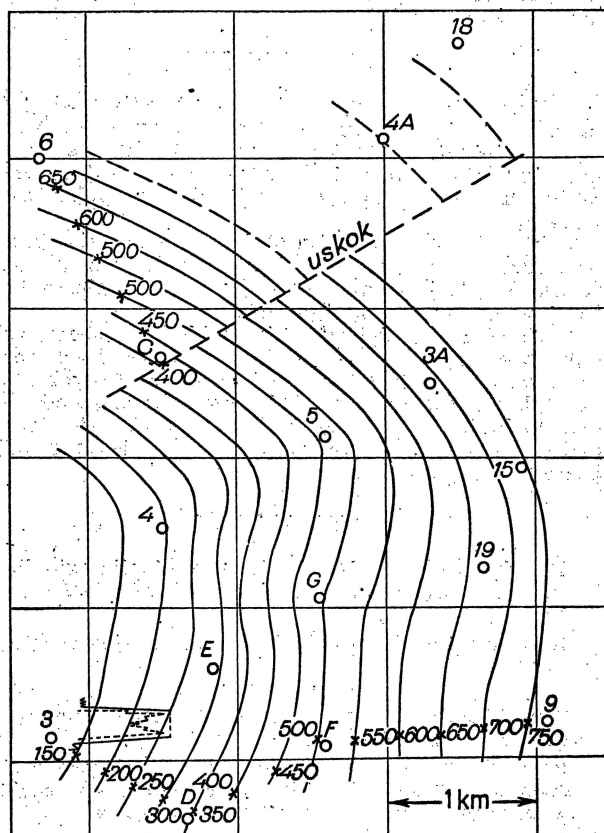
Fig. 5. Calculating of the coal seam thickness using a complex of the geophysical methods



Ryc. 6. Korelacja otworów na podstawie krzywych PS
Fig. 6. Correlation of the bore-holes on the basis of PS curves

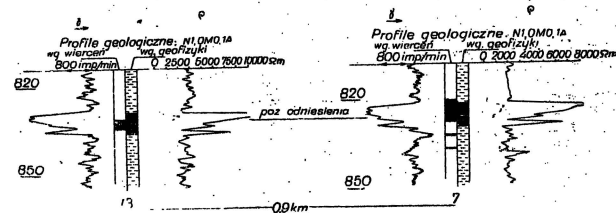


Ryc. 7. Otwór Nr 10
Fig. 7. Bore-hole No 10



Ryc. 8. Mapa spagu pokładu 510 wykonana na podstawie korelacji wykresów pozornej oporności właściwej (ρ)
Fig. 8. Bottom map of the seam No 510 made by means of correlation of the imaginary specific resistance diagrams (ρ)

malia PS i ρ zorientowane w tym otworze na głębokości 814–822 m odpowiadają geofizycznym anomalii pokładu 510 z otworu 19 (ryc. 1). Mamy tu więc do czynienia z pokładem 510. Straty rdzeni zdarzają się tu dość często i dlatego geofizyczne dane są tu nieodczuwane (ryc. 4). W przypadku straty rdzenia i uzyskania anomalii geofizycznych wskazujących, że został opuszczony pokład węglowy, wykonuje się tu kontrolne rdzeniowanie za pomocą gruntonosu.



Ryc. 9. Geofizyczne charakterystyki pokładu 405
Fig. 9. Geophysical characteristics of the seam No 405

Opuszczony pokład węglowy zostaje naniesiony na profil geologiczny tylko po kontrolnym potwierdzeniu jego istnienia za pomocą gruntonosu (ryc. 4). Dla porównania wyników uzyskanych na podstawie rdzeni wiertniczych i geofizyki podaje się tu dwa profile, jeden skonstruowany na podstawie rdzeni, a drugi na podstawie danych geofizycznych przekontrolowanych gruntonosem (ryc. 4 i 5). Na podstawie geofizycznej identyfikacji pokładu 510 w rejonie poszukiwawczym „B” skonstruowałem mapę spagu tego pokładu (ryc. 8) dla zorientowania się co do prawidłowości wykonanych prac korelacyjnych. Oprócz pokładu 510, który ma charakterystyczny dla siebie zapis krzywych oporu i PS, można również zidentyfikować i inne pokłady z grupy warstw rudzkich i siódłowych. Ryc. 9 podaje geofizyczne charakterystyki pokładu 405 dla otworów 13 i 7B. Pokład ten ma bardzo wyraźny i charakterystyczny zapis krzywych oporu i naturalnej promieniotwórczości gamma.

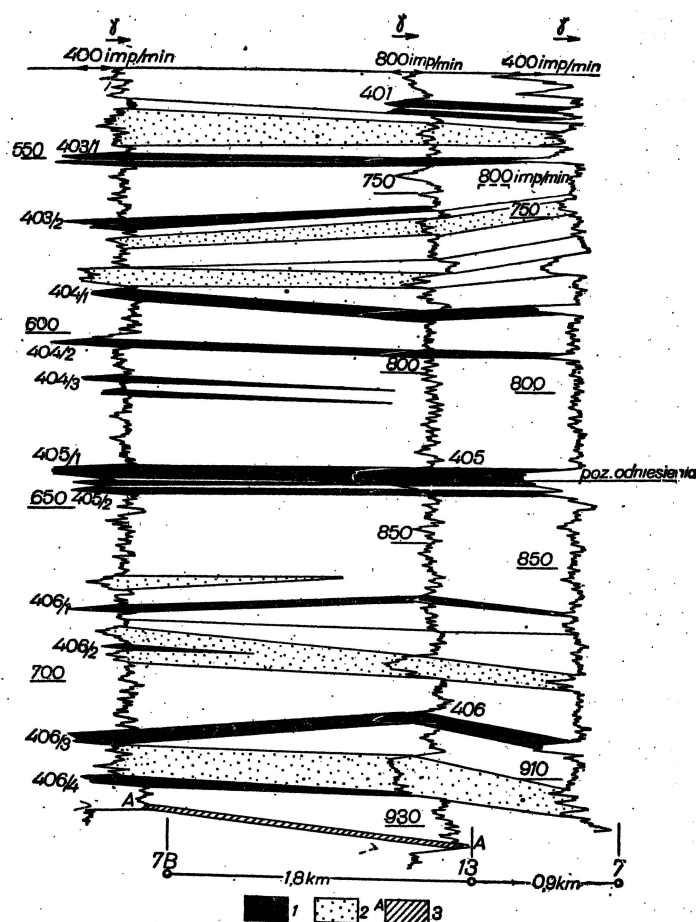
KRZYWA NATEŻENIA NATURALNEGO PROMIENIOWANIA GAMMA SKAŁ

W metodzie badania natężenia naturalnego promieniowania gamma skał również szuka się charakterystycznego „zapisu” odpowiadającego danemu pokładowi węglowemu.

Krzywe gamma pozwalają również wyznaczyć repery odpowiadające skałom o specyficznych cechach petrograficznych. Reper talki może być korelacyjnym horyzontem przewodnim.

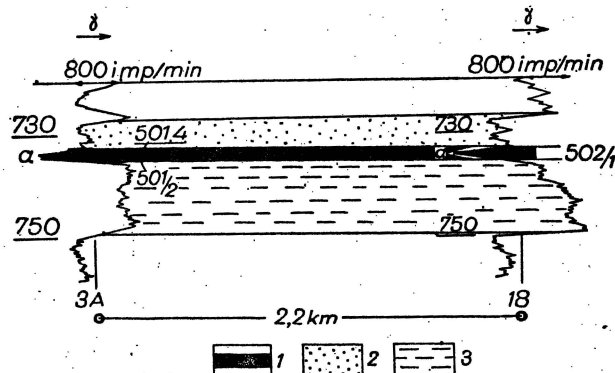
Analizując wykresy natężenia naturalnego promieniowania gamma skał dla otworów węglowych Rybnickiego Okręgu Węglowego, można wykryć korelacyjny horyzont przewodni leżący pod pokładem 406. Horyzont ten charakteryzuje się zwiększonym natężeniem promieniowania gamma skał w stosunku do skał ilasto-lupkowych cechujących się zazwyczaj maksymalnymi promieniami gamma.

Na ryc. 10 korelacyjny horyzont przewodni zaznaczyłem symbolem A. Anomalia horyzontu A dla stosowanej u nas skali natężenia naturalnego promieniowania gamma nie mieści się na standardowej taśmie rejestracyjnej wskutek promieniowania gamma większego od zazwyczaj obserwowanego. Dopiero drugi galwanometr rejestruje zakończenie omawianej anomalii (ryc. 10, otwór 7B i 13). Według opisu próbek skał charakterystyczna anomalia „A” otworu 7B odpowiada lupkowi ilastemu szaremu z apendiksami, w partii spągowej przechodzi w łupkę ilastą. Dla innych otworów np. 6B mamy tu łupkę szarą ilastą z apendiksami i detrytusem roślinnym. Horyzont A można uznać za horyzont korelacyjny przewodni, gdyż można go prześledzić na znacznej powierzchni rejonu poszukiwawczego „C”. Na dwanaście przeanalizowanych otworów, które przewierciły warstwy rudzkie, w jedenastu z nich napotkałem oznaczony



Ryc. 10. Geofizyczna korelacja pokładów węglowych. 403/2, 406/2 — numeracja pokładów na podstawie danych geologiczno-wiertniczych
1 — węgiel, 2 — piaskowiec, 3 — geofizyczny horyzont przewodni

Fig. 10. Geophysical correlation of coal seams. 403/2, 406/2 — numeration of seams on the basis of geological-drilling data
1 — coal, 2 — sandstone, 3 — geophysical key horizon



Ryc. 11. Geofizyczna korelacja pokładu „a”. 501/1, 502/1 — numeracja wg danych geologiczno-wiertniczych; 3A i 18 nr odwiertów
1 — węgiel, 2 — piaskowiec, 3 — łupki

Fig. 11. Geophysical correlation of „a” seam; 501/1, 502/1 — numeration of seams according to the geological-drilling data; 3A and 18 — numbers of boreholes
1 — coal, 2 — sandstone, 3 — schist

przeze mnie horyzont „A”. Przeanalizowane przeze mnie otwory usytuowane są na powierzchni pola poszukiwawczego zajmującego 16 km². Na ryc. 9 za poziom odniesienia przyjąłem pokład 405, którego geofizyczne charakterystyki przedstawia ryc. 9. Otwór 7B w chwili analizowania wykresów geofizycznych miał zidentyfikowane pokłady węgla. Numerację pokładów wg danych służby geologicznej naniosłem obok krzywej gamma. Otwór nr 13 miał tylko oznaczone dwa pokłady 405 i 406. Otwór wiertniczy nr 7 nie miał jeszcze podanej numeracji przewierconych pokładów. Zestawienie wykresów natężenia naturalnego promieniowania gamma skał otworów 7B, 13 i 7 miało na celu wykazanie skuteczności zastosowania geofizycznej korelacji pokładów węglowych dla ich identyfikacji w omawianych odwiertach względem otworu wiertniczego 7B, który miał numerację ustaloną. Na ryc. 11 zestawilem krzywe natężenia naturalnego promieniowania gamma dla dwóch otworów wiertniczych. Zestawienie krzywych natężenia naturalnego promieniowania gamma wykonałem względem geofizycznej anomalii „a”. Anomalia „a” jest bardzo charakterystyczna i odpowiada temu samemu pokładowi węglowemu. Na jej podstawie możliwa jest identyfikacja omawianego pokładu. Wg danych geologiczno-wiertniczych pokład ten w poszczególnych otworach (3A i 18) został oznaczony innymi numerami, jak to jest pokazane na rycinie. Podobne, a nawet jeszcze większe rozbieżności identyfikacyjne między danymi geologicznymi i geofizycznymi zaobserwowałem i na innych otworach węglowych. Geofizyczna korelacja otworów wiertniczych pozwala na dokładniejszą identyfikację pokładów węglowych, niż to jest możliwe na podstawie materiałów geologiczno-wiertniczych.

Obecnie zajmuję się analizą parametrów rdzeni wiertniczych petrofizycznych i zastosowaniem ich do identyfikacji pokładów węglowych na podstawie danych ilościowych.

UWAGI I WNIOSKI

1. Parametrami korelacyjnymi otworów wiertniczych mogą być krzywe: pozornej oporności właściwej i natężenia naturalnej promieniotwórczości gamma skał. Wyjątkowo jako parametru korelacyjnego można używać krzywych potencjałów polaryzacji własnej.
2. Metody geofizyki kopalnianej pozwalają przeprowadzić identyfikację pokładów węglowych na podstawie korelacji krzywych ρ i gamma zarejestrowanych w otworach wiertniczych.
3. Korelacja i identyfikacja pokładów węglowych może być wykonana na podstawie geofizycznych charakterystyk poszczególnych pokładów węglowych albo na podstawie geofizycznych horyzontów przewodnich.
4. Badania geofizyczne należy włączyć do kompleksu znanych i stosowanych metod identyfikacji pokładów węglowych.

LITERATURA

1. Dachnow W. N. — Interpretacja geofizycznych badań i analizy rozmiarów skał. Moskwa 1955.
2. Komarow S. — Technika przemysłowej geofizyki. Moskwa 1957.
3. Pierkow N. A., Korszikow W. N. — Interpretacja diagram radioaktywnego karotaża skał. Moskwa 1956.
4. Pietruszka J., Plewa S. — Neutronowo-gamma profilowanie otworów wiertniczych węglowych. „Biul. Inform. PGNP” 1957, nr 9.
5. Plewa S. — Geophysikalisches Verfahren zur Feststellung von Kohle in polnischen Bohrlöchern. „Freiburger Forschungshefte” C-81, 1960.
6. Plewa S. — Metodyka geofizycznej interpretacji i pomiarów kopalnianych za węglem kamiennym z uwzględnieniem profilowania neutron-gamma. „Nafta” 1957, nr 10.