

## ZASTOSOWANIE METODY ELEKTROOPOROWEJ W BADANIACH STREFY RADLIN — IWANISKA W GÓRACH ŚWIĘTOKRZYSKICH

UKD 550.837.3+550.822:551.73:553.574:553.551 +553.613(438.13:234.5)

W strefie Radlin-Iwaniska w Górach Świętokrzyskich na pierwszy plan wysuwają się trzy główne problemy geologiczne: kontakt dwu pięter strukturalnych (kaledońskiego i waryscyjskiego) magmatyzm oraz rudonośność warstw przejściowych emsu i eiflu. Zagadnień tych nie można wyjaśnić nie dysponując odpowiednio dokładnym obrazem kartograficznym. Skomplikowana budowa geologiczna, znaczne przykrycie czwartorzędem, a jednocześnie niedostatek wierceń i tradycyjność metod kartowania spowodowały, iż dotychczasowy obraz budowy geologicznej był niedokładny i uproszczony.

Powyższą problematykę geologiczną podjęła autorka w 1965 r. w ramach Pracowni Złóż Rud Metali Oddziału Świętokrzyskiego IG w Kielcach, stosując kompleks badań geoelektrycznych, geologicznych i wiertniczych. Badania elektrooporowe realizowane były w pasie ok. 60 km długości, w latach 1965—1968 przez VI Zespół Geoelektryczny PPG, pod kierownictwem S. Dudy. Dotychczas prace elektrooporowe w strefie Radlin-Iwaniska nie były prowadzone. Otrzymane wyniki elektrooporowe okazały się pomocne w wielu zagadnieniach geologicznych. Część wyników autorzy postanowili opublikować, przy czym stronę geologiczną opracowała autorka, natomiast wyniki elektrooporowe — autorzy.

Autorzy składają serdeczne podziękowanie dr Z. Rubinowskiemu z Oddziału Świętokrzyskiego IG za konsultowanie kwestii geologicznych oraz mgr W. Bachanowi i mgr S. Wybrańcowi z Zakładu Geofizyki IG za wskazówki i sugestie dotyczące metodyki badań elektrooporowych.

### ZARYS BUDOWY GEOLOGICZNEJ

Ze względu na charakter niniejszego opracowania przedstawiono tylko zarys geologii, natomiast więcej uwagi poświęcono charakterystyce litologicznej, warunkującej zróżnicowanie przewodnictwa elektrycznego skał.

Obszar Radlin-Iwaniska położony jest w środkowej części paleozoicznego masywu Gór Świętokrzyskich. Teren ten obejmuje strefę brzeżną dwu głównych jednostek strukturalnych: kaledońskiego antyklinorium dymińsko-klimontowskiego oraz kaledońsko-waryscyjskiego synklinorium kielecko-łagowskiego (ryc. 1). Antyklinorium w badanej północnej strefie brzeżnej tworzą pofałdowane utwory kambru dolnego i środkowego. Synklinorium należące już do epikaledońskiej pokrywy budują kolejno: ems, eifel, żywet, fran, famen i karbon dolny.

Najstarsze są tu utwory kambru dolnego, który dzieli się na trzy poziomy: subholmiowy, holmiowy i protolenusowy. W badanym obszarze nie stwierdzono dotychczas istnienia poziomu subholmiowego kambru dolnego. Najstarsze ogniwa holmiowego kambru dolnego znane są z okolic położonych na S od Łagowa i Górna. Kambr holmiowy tworzą szare mułowce ilaste, mułowce piaszczyste oraz ilowce, lokalnie przewarstwione piaskowcami. W strefie hipergenicznej mułowce są złupkowacone i tworzą gruzowiska oliwkowoszarych łupków ilastych. Po-

ziom protolenusowy dolnego kambru występuje głównie we wschodniej części badanej strefy na E od Wszachowa, ponadto wąskie jego wychodnie stanowią wypełnienie kaledońskich synklin na S od Łagowa, na S Boskowin i Górna, stwierdzony on został również pod dewonem w otworze Zaręby-2. Kambr protolenusowy posiada większy udział przewarstwień piaskowcowych, stanowią go mułowce, łupki ilasto-mułowcowe oraz piaskowce (1, 6).

Udokumentowany faunistycznie kambr środkowy znany jest we wschodniej części badanego obszaru, pod dewonem w otworze Haliszka-1, oraz w jego sąsiedztwie w Jugoszwowie i na górze Słowiec. Kambr środkowy budują kompleksy mułowców piaszczystych, piaskowców kwarcowych, z przeławiczeniami ilowców, szarogłazów. W przykrytych czwartorzędem zachodnich obszarach antyklini orłowińskiej prawdopodobne jest występowanie kambru środkowego.

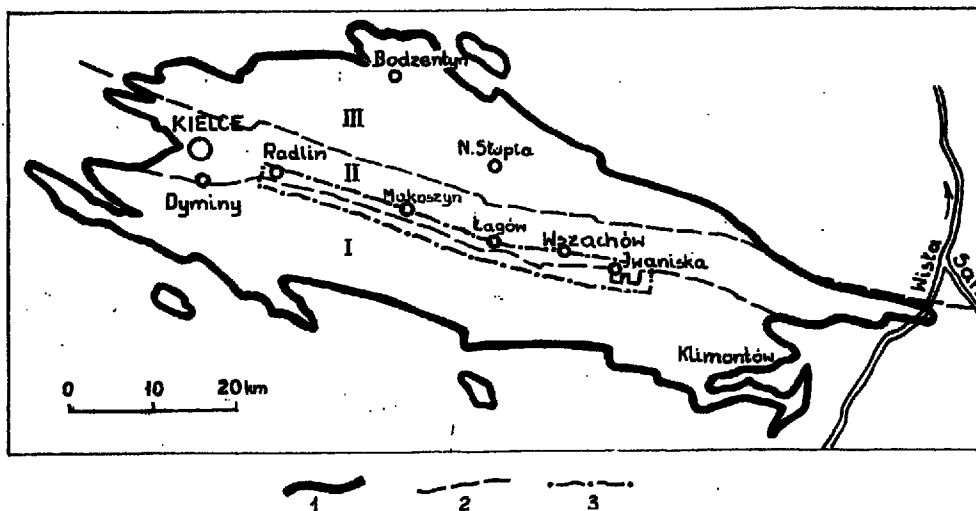
Wychodnia dewonu dolnego przebiega wąskim pasem wzdłuż północnej granicy antyklinorium klimontowskiego, znacząc jego kontakt z synklinorium łagowskim. Dewon dolny zalega niezgodnie, przekraczając, z hiatusem, na różnych wiekowie utworach kambru. Dewon dolny stanowią przeławicające się nawzajem piaskowce kwarcowe i kwarcytowe, mułowce pstre — żelaziste, a podrzędnie mułowce szare oraz ilowce. Dla utworów tych przyjmowany jest ogólnie wiek emski.

W profilu emsu we wschodniej części badanego obszaru wyróżniono pięć głównych kompleksów litologicznych: trzy kompleksy piaskowcowe przedzielone są dwoma kompleksami pstrymi, mułowcowo-piaskowcowymi. W środkowej i wschodniej części obszaru miąższość rzeczywista emsu wynosi ok. 125 m, w zachodniej jest mniejsza i wynosi ok. 75 m (7, 9). Ze względu na znaczne różnice upadów warstw szerokość wychodni emsu jest zróżnicowana od 150 do ok. 2 km.

Kontakt ems-eifel w zachodniej części badanego obszaru jest wykształcony wg J. Czarnockiego (1923, 1956) w postaci rudonośnego „kuwinu”. Kontakt  $D_1$ — $D_2$  zbadano w kilku otworach wiertniczych we wschodniej części terenu pomiędzy Łagowem a Iwaniskami. Nad piaskowcami kwarcowymi górnego kompleksu piaskowcowego emsu zalegają ze zgodnością kątową dolomity piaszczyste, a potem dolomity eiflu; stwierdzono ząbienie się facji okruczowej emsu z węglanową eiflu, a w mieszanych osadach piaszczysto-węglanowych stwierdzono impregnacyjną mineralizację pirytem i blendą cynkową. W zachodnim odcinku (Łagów-Radlin) w niektórych wierceniach na pograniczu emsu i eiflu występują ility z impregnacyjną mineralizacją pirytem (9).

Dewon środkowy i górny stanowią skały węglanowe: wapienie, dolomity, margle. Miąższość rzeczywista dewonu środkowego w rejonie Łagowa wynosi ok. 550 m, z czego 350 m przypada na żywet, a ok. 200 m stanowi eifel.

Eifel budują szare dolomity drobnziarniste, zbite, lokalnie z wkładkami dolomitów marglistych, bitumicznych. W strefie hipergenicznej dolomity eiflu pokrywają się zwykle jasną powłóczką kaolinową. Po



Ryc. 1. Lokalizacja obszaru badań.

1 — zarys masywu paleozoicznego 2 — granice regionów, 3 — granica obszaru badań; regiony strukturalno-facjalne: I — antyklinorium dymińsko-klimontowskie, II — synklinorium kielecko-łagowskie, III — region Łysogórski.

Fig. 1. Map of the area studied.

1 — outline of Palaeozoic massifs, 2 — boundaries of regions, 3 — boundary of the area in study; structural-facial regions: I — Dyminy-Klimontów anticlinorium, II — Kielce-Łagów synclinorium, III — region of the Łysogóry Ridge.

zaliczeniu do żywetu serii brekcji śródformacyjno-osuwiskowych rzeczywistość miąższość eiflu w otworze Łagów-1 wynosi ok. 120 m. Granica między eiflem a żywetem nie jest ściśle w regionie świętokrzyskim zdefiniowana; z reguły za J. Czarnockim większość badaczy stawia ją w miejscu masowego pojawienia się formy *Amphipora ramosa* Phill. J. Czermiński (1960) dodatkowo dokumentuje tę granicę zmianą składu litologicznego dolomitów, która odbija się w ich chemizmie — dolomity eiflu cechuje większa zawartość domieszek krzemionkowo-ilastych, natomiast dolomity żywetu są bardziej czyste. (2).

Żywet stanowią krystaliczne dolomity ok. 250 m miąższości, zalegające zgodnie na dolomitach eiflu. Są to dolomity szare lub szarozółtawe, z obfitymi ławicowymi nagromadzeniami fauny, wśród której dominuje *Amphipora ramosa* (1, 2).

Bezpośrednio na dolomitach i dolomitowapieniach leży około 200 m seria wapieni żywetu. Są one szare, masywne, lokalnie z obfitymi nagromadzeniami fauny. Cechuje je jednorodność składu chemicznego i równomierna wysoka zawartość  $\text{CaCO}_3$  (ok. 98% wag).

W dewonie górnym kontynuuje się nadal sedymentacja węglanowo-wapienna. Utwory dewonu górnego występują w wewnętrznych partiach warwicyjskich synklin.

Fran posiada niewielką miąższość ok. 70 m. Stanowią go nadal wapienie masywne, a w wyższej części cienkoławicowe, gruzłowe. Wapienie franu są mniej czyste chemicznie od wapieni żywetu, średnia zawartość  $\text{CaCO}_3$  spada w nich do ok. 83% wag.

Famen reprezentują ciemne, płytkowe wapienie margliste, naprzemianległe z marglami oraz łupkami ilasto-marglistymi. Łączna miąższość franu i famenu wynosi ok. 110 m w okolicy Łagowa, a ok. 130 m w rejonie Zareb.

Karbon dolny występuje lokalnie w środkowych partiach synklin. Utwory dolnego karbonu zbadać zostały szczegółowo w okolicy Piotrowa, Lechówka, Górna i Radlina przez H. Zakową. Karbon dolny reprezentowany jest przez turnej i wizen, wykształcone najczęściej w postaci osadów ilasto-krzemionkowych (mułowce, łupki krzemionkowe, lidy, tufy). Miąższość karbonu dolnego nie przekracza 400 m, a często jest znacznie mniejsza.

W budowie badanej strefy brzeżnej uczestniczą dwapiętra strukturalne: piętro starokałedońskie (kambr) i epikałedońska pokrywa (dewon-karbon).

Utwory kambru zostały zdeformowane fałdowo, a potem dysjunktywnie, w różnych fazach orogenezy kałedońskiej. Powstał wtedy szereg równoległych, wąskopromiennych fałdów o kierunku WNW-ESE.

Po okresie pokaledońskiej denudacji i erozji sedymentowały kolejno utwory emsu, eiflu, żywetu, franu, famenu i karbonu, zalegające niezgodnie, dyskordantnie na różnowiekowych utworach kambru. Dewońsko-karbońska pokrywa epikałedońska uległa odkształceniom orogenezy warwicyjskiej. Powstały wówczas asymetryczne, szerokopromienne fałdy. Badany obszar obejmuje południowe skrzydło synkliny kielecko-łagowskiej nazywanej w różnych jej odcinkach synkliną radlińską, łagowską, piotrowską i romanowską. W rejonie Iwanisk udokumentowano ostatnio reliktywno zachowaną jednostkę fałdową, którą stanowią — synklina Ujazdu oraz antyklina Toporowa.

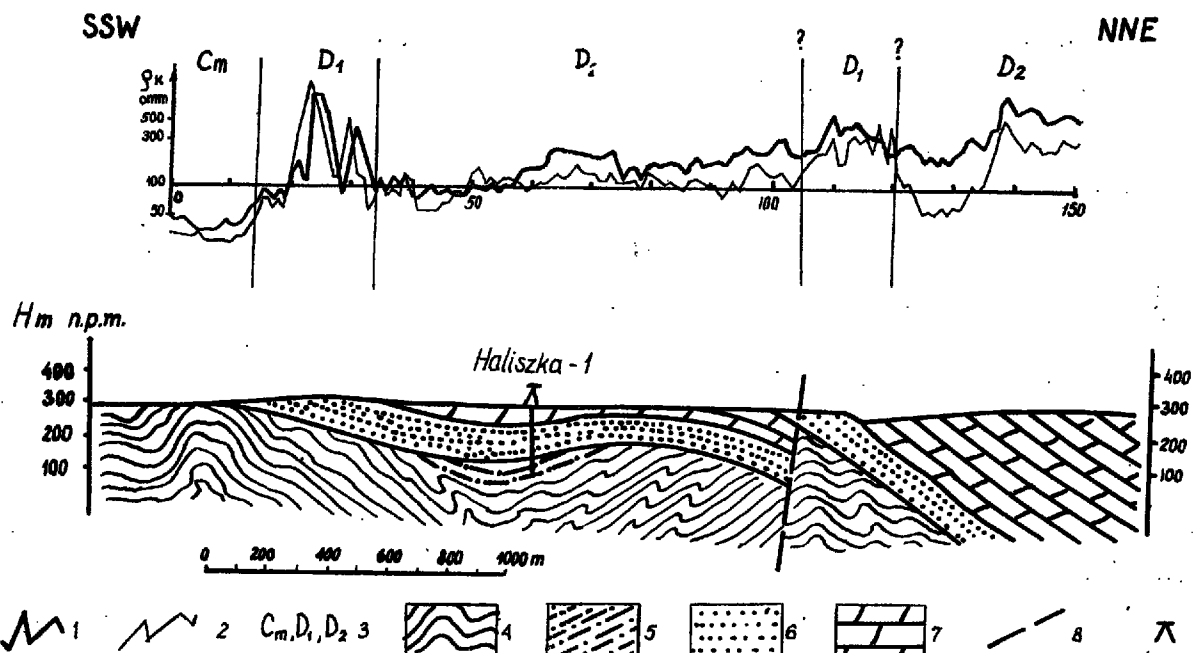
W badanej strefie krawędziowej znaczny udział posiadają różne odkształcenia dysjunktywne, głównie uskoki poprzeczne i podłużne. Uskoki poprzeczne posiadają najczęściej charakter zrzutowo-przesuwczy, do ważniejszych należą uskoki: Makoszyńska, Łagowa, N. Stawu, Wzachowa, Iwanisk i Krępy. Ww. główne uskoki poprzeczne posiadają zasadniczy wpływ na różnicowanie się warunków strukturalnych strefy brzeżnej, a odcinki zawarte między nimi różnią się stylem tektoniki.

Ostatnio uwzględniając wyniki wierceń udokumentowano w badanej strefie brzeżnej szereg uskoków podłużnych, zrzucających poszczególne bloki ku centrum synkliny łagowskiej. Dyslokacje podłużne rozwijają się w obrębie kambru, w partii kontaktu kambr-dewon, w obrębie emsu i dewonu środkowego. Ze strefami dyslokacji podłużnych, między Wzachowem a Iwaniskami często współwystępują dajki lamprofirów.

Znaczny udział dyslokacji poprzecznych i podłużnych powoduje, że budowa tektoniczna strefy brzeżnej Radlin-Iwaniska jest skomplikowana i słabo poznana.

#### METODYKA BADAŃ ELEKTROOPOROWYCH

Ze względu na stosunkowo duże upady oraz na postawiony cel (kartowanie wychodni) w trakcie prac geoelektrycznych w strefie Radlin-Iwaniska stosowano głównie metodę profilowania elektrooporowego, natomiast metodę sondowań elektrycznych jedynie pomocniczo.



Ryc. 2. Porównanie profilu elektrooporowego z przekrojem geologicznym na E od Iwaniska.

1 - krzywa dla rozstawu AO = 100 m, 2 - krzywa dla rozstawu AO = 30 m, 3 - strefy elektrooporowe wydzielone w tab. I, 4 - kambr dolny, 5 - kambr środkowy, 6 - dewon dolny - ems, 7 - dewon środkowy, 8 - uskoki, 9 - otwór wiertniczy.

Fig. 2. Comparison of resistivity profile with a geological cross section east of Iwaniska.

1 - curve for a spacing AO = 100 m, 2 - curve for a spacing AO = 30 m, 3 - resistivity zones distinguished in Tab. I, 4 - Lower Cambrian, 5 - Middle Cambrian, 6 - Lower Devonian - Emsian, 7 - Middle Devonian, 8 - faults, 9 - bore hole.

Prace na poszczególnych obszarach rozpoczynano zwykle od wykonania kilku sondowań, których celem było orientacyjne określenie miąższości nadkładu czwartorzędowego oraz oporów właściwych poszczególnych kompleksów litologiczno-stratygraficznych. Dla uzyskania informacji z całego obszaru sondowania starano się lokalizować równomiernie na całym obszarze badań oraz na wszystkich interesujących wychodniach litologiczno-stratygraficznych. Były to sondowania symetryczne w układzie Schlumbergera o rozstawach AB nie przekraczających na ogół 500 m. Uzyskane w ten sposób informacje pozwalały na właściwy dobór rozstawów profilowania.

Prace profilowe prowadzono w układzie jednobiegowym dwupoziomym. Rozstaw głębszy AO wynosił 100 m lub 150 m, rozstaw płytszy AO wynosił 30 m lub 50 m. Profile sytuowano prostopadle do zakładanego biegu warstw, a w przypadku, gdy celem profilu było dokładne uchwycenie linii dyslokacyjnej, prostopadle do spodziewanego kierunku dyslokacji. Krok pomiarowy na profilach wynosił 20 m.

W trakcie badań na poszczególnych obszarach stosowano dwuetapowość prac. W pierwszym etapie profile sytuowano w odległościach ok. 500 m. Etap drugi polegał na wykonywaniu profili zagęszczających oraz ewentualnych przedłużeń. W okolicach Górna w drugim etapie prac stosowano profilowanie jednobiegowe, dwustronne, a to w celu wyraźniejszego oddzielenia dewonu dolnego od środkowego.

Po wykonaniu dokładnego zdjęcia profilowego na niektórych obszarach wykonano sondowania głębsze. Celem ich była próba prześledzenia pozornych miąższości w obrębie paleozoiku. Sondowania te lokalizowano przeważnie w miejscach zaprojektowanych wierceń. Otrzymane krzywe są na ogół trudne do interpretacji, co jest wynikiem znacznego zaangażowania tektonicznego badanego obszaru (duże upady ok. 30–50° oraz spękania serii skalnych). Sondowania głębsze były w kilku wybranych miejscach uszeregowane w ciągi prostopadle do rozciągłości struktur geologicznych. Celem tych prac było uzys-

kanie przekrojów geoelektrycznych, które ilustrowałyby budowę geologiczną poszczególnych bloków strefy brzeżnej.

#### WYNIKI BADAŃ

Wykonane prace elektrooporowe pozwoliły na wydzielenie szeregu stref elektrooporowych, które następnie na podstawie danych geologicznych przyporządkowano poszczególnym kompleksom litologiczno-stratygraficznym. W obrębie poszczególnych wychodni zaznacza się pewna zmienność charakterystyki elektrooporowej w kierunku E na W. Najbardziej wyraźne zmiany wartości oporów w tym kierunku obserwuje się w kambrze. W obrębie dewonu zmiany te są najczęściej lokalne. Wartości oporności właściwych określanych na podstawie sondowań elektrycznych oraz wartości oporności pozornych dla głębszego rozstawu profilowania zawiera tabela.

A oto krótka charakterystyka poszczególnych stref wydzielonych w tabeli:

$C_m$  — strefa charakteryzująca się na ogół małą zmiennością wartości  $\rho_k$  na jednym profilu. Istnieje natomiast dość wyraźna zmiana charakterystyki elektrooporowej w kierunku z E na W. Na niektórych odcinkach w środkowej i zachodniej części obszaru badań wartości  $\rho_k$  wyraźnie wzrastają. Omawianą strefę przyporządkowano ilasto-mułowcowym utworom kambru.

$D_1$  — strefa charakteryzująca się urozmaiconą krzywą wartości  $\rho_k$ , które w obrębie jednego profilu zmieniają się niekiedy od kilkuset do ok. 50 omm. Szerokość tej strefy jest na ogół niewielka i waha się w granicach 150–300 m. Jedynie we wschodniej części obszaru badań obserwowano lokalnie znaczne jej rozszerzenie. Strefę tę przyporządkowano piaskowcom kwarcytowym oraz mułowcom dewonu dolnego.

$D_2 + D_3$  — strefa ta charakteryzuje się dość monotonnym przebiegiem krzywej profilowej. Wartości  $\rho_k$  są na ogół powyżej 150 omm. Najczęściej  $\rho_k$  kształtuje się w granicach 200–500 omm. We

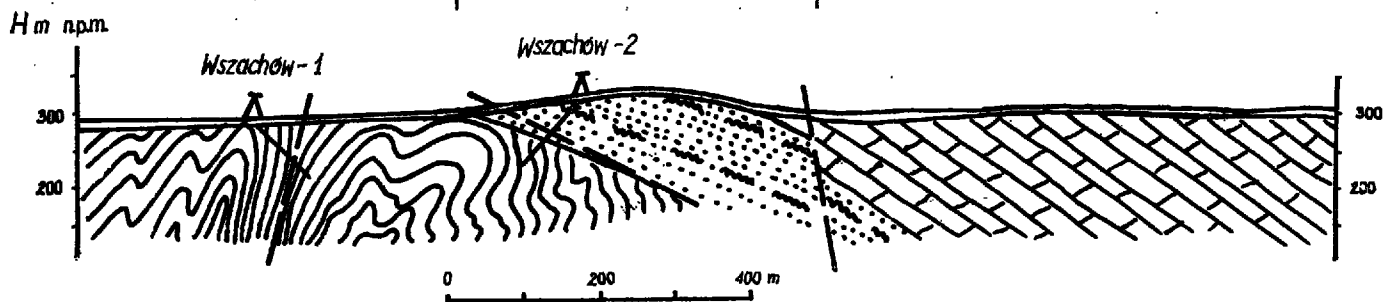
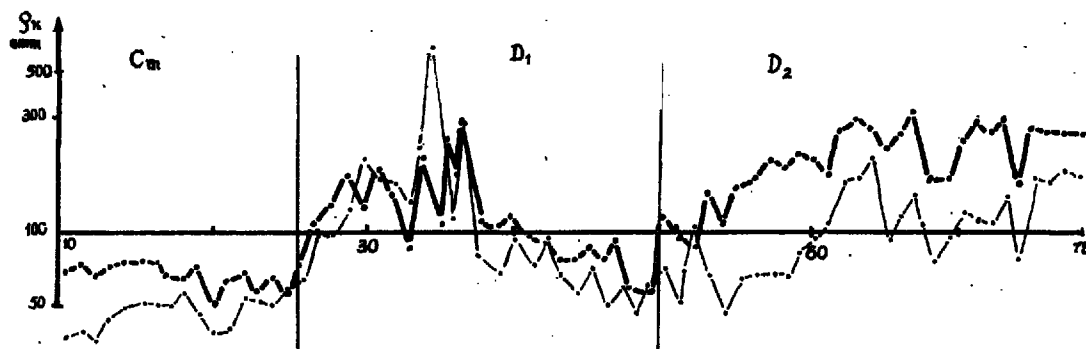
CHARAKTERYSTYKA ELEKTROOPOROWA STREFY BRZEŻNEJ RADLIN-IWANISKA

		Radlin—Makoszyn		Makoszyn—Łagów		Łagów—Wszachów		Wszachów—Iwaniska	
Cm		$\rho_k$	$\rho$	$\rho_k$	$\rho$	$\rho_k$	$\rho$	$\rho_k$	$\rho$
		70—150	ok. 100	poniżej 100	poniżej 100	poniżej 100	50—125	40—80	45—72
D <sub>1</sub>		90—500	ok. 300	od pon. 100 do ok. 600	brak danych	od pon. 100 do ok. 500	140—200	od pon. 100 do ok. 400	145—400
D <sub>2</sub> +D <sub>3</sub> f	D <sub>2</sub>	100—500	350—∞	400—1500	325—∞	od ok. 150 do pow. 1000	300—2500	150—400	450—500
	D <sub>2w</sub>							450—1100	brak danych
	D <sub>3f</sub>								
D <sub>3a</sub>		ok. 100 lub nieco pow.	brak danych	ok. 100 lub nieco pow.	110—232*				
C <sub>1</sub>		40—80	58—65	40—80	60*				

$\rho_k$ —oporność pozorna w omm,  $\rho$ —oporność właściwa w omm,  
\* Dane z opracowania A. Piłarskiej, pozostałe wartości z opracowań S. Dudy (1965—67) oraz J. Wińskiego (1968).

SSW

NNE



Ryc. 3. Porównanie profilu elektrooporowego z przekrojem geologicznym na E od Wszachowa.

1 — krzywa dla rozstawu AO = 100 m, 2 — krzywa dla rozstawu AO = 30 m, 3 — strefy elektrooporowe wydzielone w tab. I, 4 — kambryjny, 5 — dewon dolny — ems, 6 — dewon środkowy, 7 — czwartorzęd 8 — uskoki, 9 — otwór wiertniczy.

Fig. 3. Comparison of resistivity profile with a geological cross section east of Wszachów.

1 — curve for a spacing AO = 100 m, 2 — curve for a spacing AO = 30 m, 3 — resistivity zones distinguished in Tab. I, 4 — Lower Cambrian, 5 — Lower Devonian — Emsian 6 — Middle Devonian, 7 — Quaternary 8 — fault, 9 — bore hole.

wschodniej części w strefie tej zaznaczono następujące wydzielenia: D<sub>2d</sub> — strefa o wartościach  $\rho_k$  od 150 do 400 omm przyporządkowana dolomitom oraz D<sub>2w</sub> — strefa o wartościach  $\rho_k$  powyżej 400 omm przyporządkowana wapieniom. Całą strefę D<sub>2</sub>+D<sub>3f</sub> przyporządkowano dolomitom i wapieniom dewonu środkowego i franu.

D<sub>3a</sub> — strefa charakteryzująca się spokojną krzywą  $\rho_k$  o wartościach utrzymujących się na ogół nieco powyżej 100 omm. Strefę tę przyporządkowano utworom marglisto-wapiennym famenu.

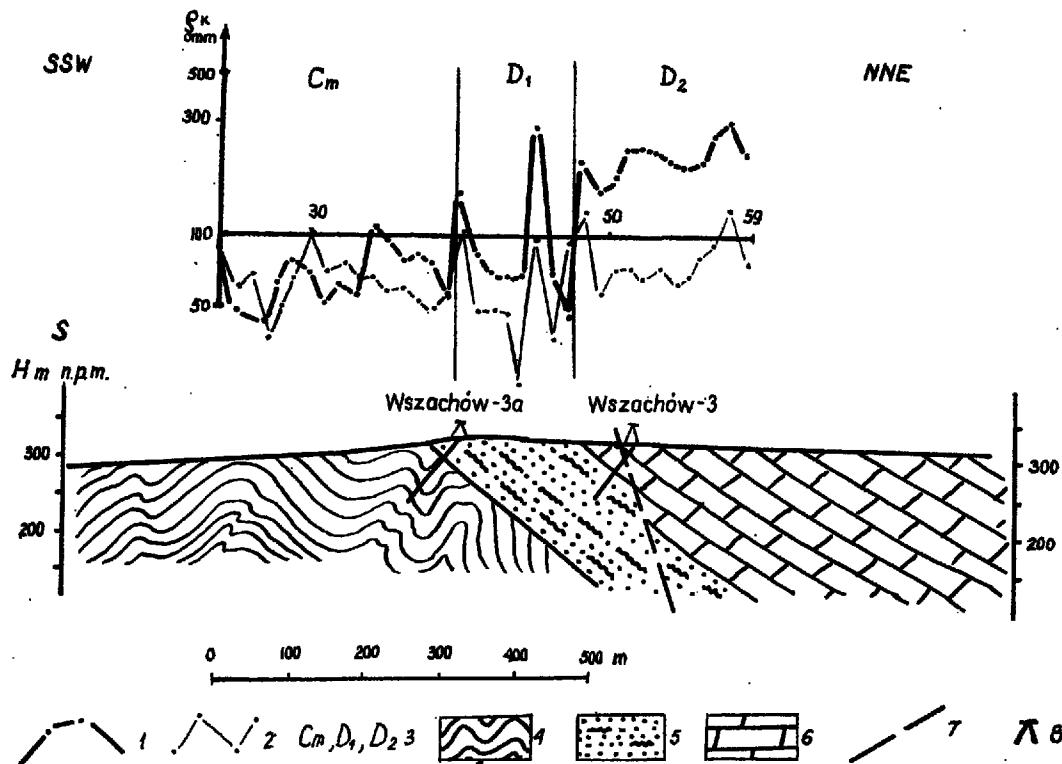
C<sub>1</sub> — strefa charakteryzująca się spokojnym przebiegiem krzywej profilowej o wartościach  $\rho_k$  na ogół w granicach 40—80 omm. Przyporządkowano ją

łupkom krzemionkowym i ilastym karbonu dolnego.

Dokładność wyznaczenia granicy między strefami elektrooporowymi uzależniona jest od kilku czynników. Są to: 1) kontrasty elektrooporowe między strefami, 2) upady warstw, 3) miąższość i charakter nadkładu.

W badanym obszarze od Ujazdu do Radlina obserwujemy częstą zmianę tych warunków. Zmienność warunków geologicznych powoduje pewną zmianę charakteru krzywych profili elektrooporowych w kierunku z E na W.

Granica Cm—D<sub>1</sub> zaznacza się wyraźnie na całej przestrzeni od Ujazdu do Radlina. Do ilustracji tego kontaktu wybrano profile elektrooporowe, reprezen-

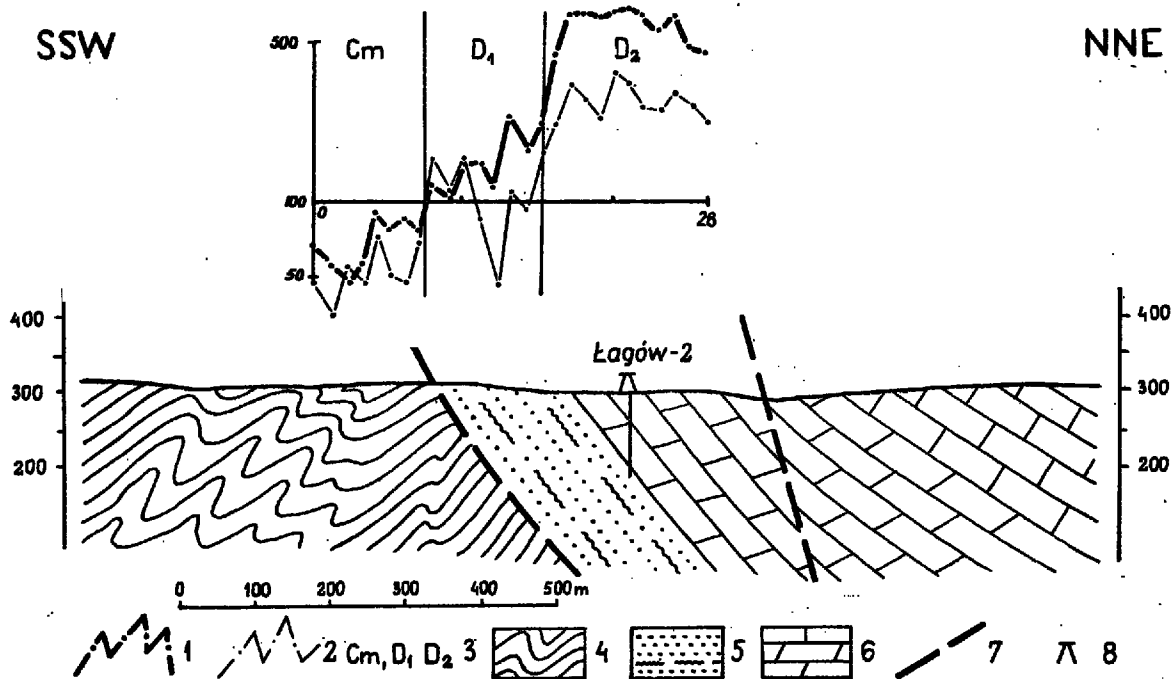


Ryc. 4. Porównanie profilu elektrooporowego z przekrojem geologicznym na E od Wszachowa.

1 - krzywa dla rozstawu AO = 100 m, 2 - krzywa dla rozstawu A'O = 30 m, 3 - strefy elektrooporowe wydzielone w tab. I, 4 - kambry dolny, 5 - dewon dolny - ems, 6 - dewon środkowy, 7 - uskoki 8 - otwór wiertniczy.

Fig. 4. Comparison of resistivity profile with a geological cross section south of Wszachów.

1 - curve for a spacing AO = 100 m, 2 - curve for a spacing A'O = 30 m, 3 - resistivity zones distinguished in Tab. I, 4 - Lower Cambrian, 5 - Lower Devonian - Emsian, 6 - Middle Devonian, 7 - fault 8 - bore hole.



Ryc. 5. Porównanie profilu elektrooporowego z przekrojem geologicznym na S od Łągowa.

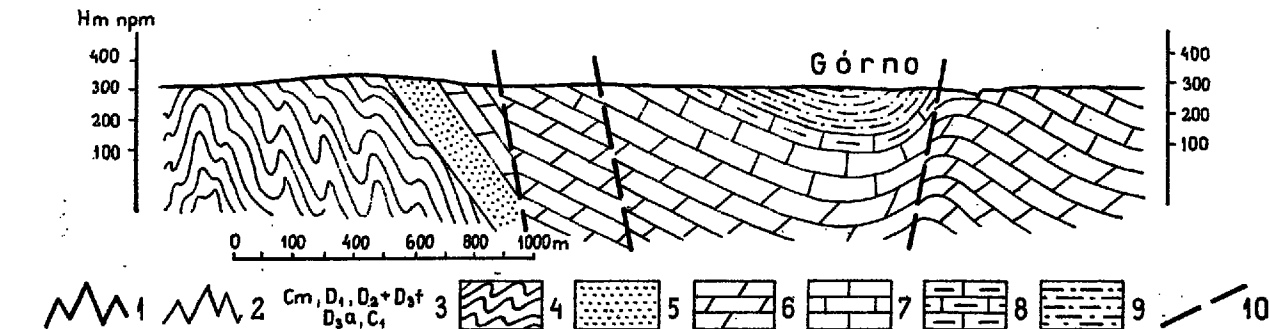
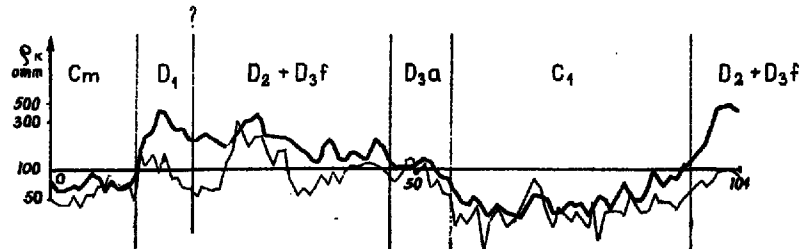
1 - krzywa dla rozstawu AO = 100 m, 2 - krzywa dla rozstawu A'O = 30 m, 3 - strefy elektrooporowe wydzielone w tab. I, 4 - kambry dolny, 5 - dewon dolny - ems, 6 - dewon środkowy, 7 - uskoki 8 - otwór wiertniczy.

Fig. 5. Comparison of resistivity profile with a geological cross section south of Łągów.

1 - curve for a spacing AO = 100 m, 2 - curve for a spacing A'O = 30 m, 3 - resistivity zones distinguished in Tab. I, 4 - Lower Cambrian, 5 - Lower Devonian - Emsian, 6 - Middle Devonian, 7 - fault 8 - bore hole.

SSW

NNE



Ryc. 6. Porównanie profilu elektrooporowego z przekrojem geologicznym na S od Górnó.

1 — krzywa dla rozstawu AO = 150 m, 2 — krzywa dla rozstawu AO = 30 m, 3 — strefy elektrooporowe wydzielone w tab. I, 4 — kambr dolny, 5 — dewon dolny — ems, 6 — dewon środkowy, 7 — dewon górny — fran 8 — dewon górny — famen, 9 — karbon dolny, 10 — uskók.

Fig. 6. Comparison of resistivity profile with a geological cross section south of Górnó.

1 — curve for a spacing AO = 150 m, 2 — curve for a spacing AO = 30 m, 3 — resistivity zones distinguished in Tab. I, 4 — Lower Cambrian, 5 — Lower Devonian — Emsian 6 — Middle Devonian, 7 — Upper Devonian — Frasnian 8 — Upper Devonian — Famennian, 9 — Lower Carboniferous, 10 — fault.

tujące określone typowe warunki geologiczne (ryc. 2—7). Profil przedstawiony na ryc. 2 wykonany był w okolicach Ujazdu, gdzie dewon tworzy piaską synklinę zalegającą na utworach kambru. Ryc. 3 i 4 przedstawia profile wykonane w okolicach Wszachowa, gdzie upady w obrębie dewonu są większe. Jeszcze większe upady występują w okolicach Łągowa i Górnó (ryc. 5 i 6). Na wszystkich tych profilach granica Cm—D<sub>1</sub> zaznacza się wyraźnie znacznym urozmaiceniem wartości  $\rho_k$  przy przejściu na dewon dolny i ogólnie biorąc wzrostem tych wartości. Podobny jest charakter tej granicy w okolicach Radlina, chociaż opory pozorne w obrębie kambru dochodzą tu do 140 omm (ryc. 7).

Wszystkie omawiane profile ilustrują również zmienność charakteru granicy D<sub>1</sub>—D<sub>2</sub>. Strefa D<sub>2</sub> zaznacza się wzrostem oporności pozornych oraz stabilizacją ich wartości. Niekiedy wskutek wzrostu miąższości niskooporowego nadkładu, przy przejściu na skały węglanowe nie obserwuje się wyraźnego wzrostu wartości  $\rho_k$ , a jedynie spokojniejszy i bardziej ustabilizowany przebieg krzywej.

W pewnych szczególnych sytuacjach obserwujemy bezpośredni tektoniczny kontakt utworów kambru i dewonu środkowego. Profil XXXVIb (ryc. 8) wykonany był w okolicy Haliszki k. Iwanisk, gdzie utwory kambryjskie graniczą z dewonem środkowym wzdłuż dyslokacji poprzecznej, natomiast profil LXV (ryc. 8) wykonano na SW od Łągowa, gdzie kambr graniczy z dewonem środkowym wzdłuż dyslokacji podłużnej. W obu tych przypadkach duży kontrast oporowy oraz kontakt powodują, iż metoda elektrooporowa daje tu szczególnie dobre wyniki. Na profilach elektrooporowych granica kambr — dewon środkowy zaznacza się ostrą zmianą wartości  $\rho_k$ .

We wschodniej części obszaru badań zaznacza się pewien kontrast oporności między dolomitami a wapieniami dewonu środkowego. Charakter granicy

między tymi strefami na profilu elektrooporowym obrazuje ryc. 9. Jak widać wapienie zaznaczają się pewnym wzrostem wartości  $\rho_k$ .

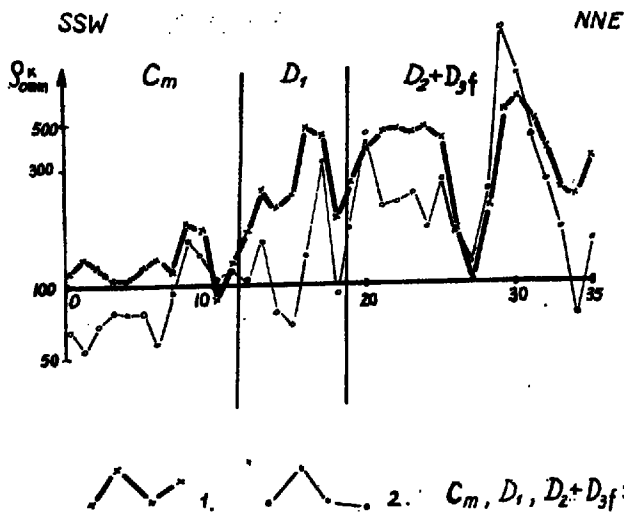
Na W od Łągowa prace elektrooporowe wkroczyły w zasięg wychodni dewonu górnego i karbonu. Na profilach elektrooporowych można tu oddzielić skały węglanowe dewonu środkowego i franu od skał marglistych famenu. Z kolei utwory margliste famenu oddzielają się wyraźnie od łupków ilastych i krzemionkowych karbonu (ryc. 6).

Na całym obszarze badań w wybranych punktach określono miąższości i oporności właściwe nadkładu czwartorzędowego. W miejscach wykonanych sondowań miąższości czwartorzędowej kształtowały się w granicach 0—28 m. Dla poszczególnych wydzielin litologicznych nadkładu wartości właściwych oporności elektrycznych kształtują się następująco: gliny — 20—50 omm, gliny piaszczyste z rumoszem skalnym — 65—110 omm, less, mułki lessopodobne — 40—90 omm, piaski kwarcowe — 200—900 omm.

Wyniki sondowań elektrycznych wykazały znaczne zróżnicowanie miąższości i litologii pokrywy czwartorzędowej, co zgodne jest z dotychczasowym rozpoznaniem geologicznym.

#### GEOLOGICZNA INTERPRETACJA WYNIKÓW

Szczegółową geologiczną interpretację wykonano przez zestawienie i porównanie wszystkich dostępnych obserwacji i materiałów geologicznych z wynikami prac elektrooporowych. Wykresy profili elektrooporowych i sondowań elektrycznych w części wschodniej Łągów-Iwaniska zestawiono z pracami i materiałami J. Samsonowicza, H. Ozonkowej, I. Olkowicz i M. Tarnowskiej, a w części zachodniej Łągów-Radlin z pracami J. Czarnockiego, J. Czermińskiego, P. Filonowicza, Z. Kowalczewskiego, A. Walczowskiego i H. Zakowej. Wykonane ostatnio



Ryc. 7. Profil elektrooporowy wykonany w okolicach Górna.

1 — krzywa dla rozstawu AO = 150 m, 2 — krzywa dla rozstawu AO = 30 m, 3 — strefy elektrooporowe wydzielone w tabeli.

Fig. 7. Resistivity profile made in the vicinity of Górno.

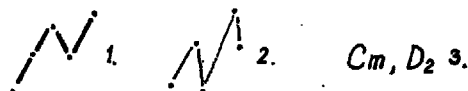
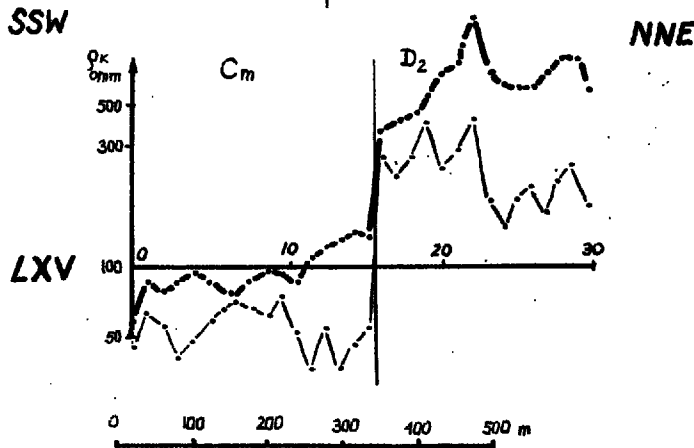
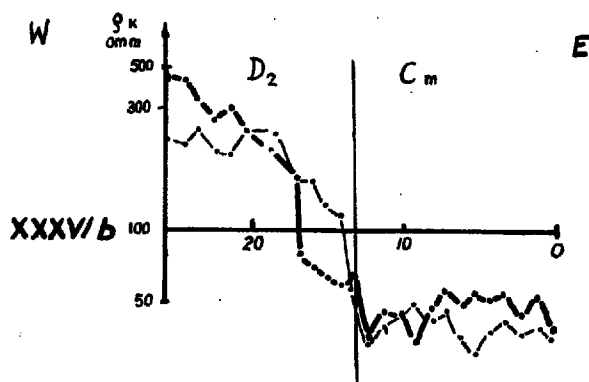
1 — curve for a spacing AO = 105 m, 2 — curve for a spacing AO = 30 m, 3 — resistivity zones distinguished in the table.

(1964—1967) prace badawcze autorki (szurfy, rowy, wiercenia) łącznie z uwzględnieniem wyników badań elektrooporowych pozwoliły opracować nową bardziej szczegółową wersję odkrytej mapy geologicznej wschodniej części badanej strefy Iwaniska-Łagów. Na tych materiałach oparto też konstrukcję poprzecznych przekrojów geologicznych (ryc. 2—5).

Przed zainicjowaniem badań elektrooporowych w terenie Łagów-Iwaniska autorka przeprowadziła szczegółową analizę litologii poszczególnych pięter stratygraficznych, które uczestniczą w budowie badanej strefy brzeżnej. Obszar badań tworzą zróżnicowane pomiędzy sobą litologicznie, a więc i elektrooporowo, utwory kambru, dewonu dolnego, środkowego i górnego oraz dolny karbon. Fakty te stanowią teoretyczne uzasadnienie i warunek otrzymania korelujących się z geologią wyników.

Wyniki powierzchniowych badań elektrooporowych w strefie Iwaniska-Radlin korelują się dość dobrze z wydzieleniami litostratygraficznymi, jednak jakość korelacji jest zróżnicowana. Obok obszarów, w których strefy elektrooporowe przyporządkować można ściśle jednostkom litostratygraficznym napotymano lokalnie tereny o gorszej korelacji (na S od Stobca, k. Toporowa, k. Smykowa). Niejednakowo również kształtuje się korelacja wyników elektrooporowych z profilem stratygraficznym. Najlepiej korelują się utwory monotonne litologicznie, o dużych miąższościach, jak np. utwory kambru, słabiej natomiast utwory zmienne litologicznie ustawione stromo, o małych miąższościach rzeczywistych (np. ems na ESE od Łagowa i w okolicy G. Zdobiec).

Szczegółowa korelacja oraz interpretacja stref elektrooporowych w obrębie utworów węglanowych dewonu środkowego, chociaż przedstawiają one duże miąższości jest trudna. Dolomity i wapienie podlegają bowiem na dużą skalę procesom krasowienia i wietrzenia, zmieniającym ich charakter fizyczny. Z tego względu tylko niektórymi tzw. reperowymi profilami elektrooporowymi obejmowano całą serię węglanową dewonu, a większość profili kończono w eiflu, poprzestając na śledzeniu granic C<sub>m</sub>—D<sub>1</sub>—



Ryc. 8. Profile elektrooporowe wykonane na tektonicznych kontaktach ilasto-mułowcowych utworów kambru z węglanowymi skałami dewonu środkowego.

1 — krzywa dla rozstawu AO = 100 m, 2 — krzywa dla rozstawu AO = 30 m, 3 — strefy elektrooporowe wydzielone w tabeli.

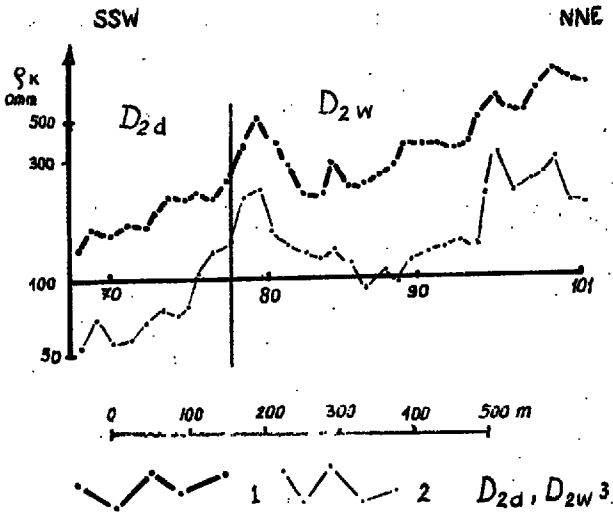
Fig. 8. Resistivity profiles made at tectonic contacts of clay-siltstone Cambrian formations with the carbonate rocks of Middle Devonian.

1 — curve for a spacing AO = 100 m, 2 — curve for a spacing AO = 30 m, 3 — resistivity zones distinguished in the table.

D<sub>2</sub>. Dobrze korelują się ilasto-krzemionkowe utwory karbonu dolnego występujące na tle marglisto-wapiennych osadów famenu; famen natomiast ze względu na małą miąższość jest słabiej czytelny w wynikach elektrooporowych.

Na południowych odcinkach profili elektrooporowych zaznacza się strefa niskich oporności elektrycznych rzędu 40—100 omm. Ośrodek obniżonych oporności posiada dość dobrą dokumentację geologiczną w odkrywkach naturalnych, w robotach ziemnych autorki oraz w wierceniach: Wszachów-1, 2 oraz 3a (ryc. 3 i 4) i w otworach Iwaniska-1 i 3. Uwzględniając powyższe materiały można stwierdzić, iż ośrodek niskooporowy odzwierciedla utwory dolnego kambru holmiowego i protolenusowego, budujące północny skłon antyklinorium Klimontowskiego.

Kontakt kambru antyklinorium z emsem synklinorium jest zróżnicowany tektonicznie i obejmuje różne wiekowo utwory kambru, dlatego ostrość tego



Ryc. 9. Profil elektrooporowy wykonany na granicy dolomitów i wapieni dewonu środkowego.

1 — krzywa dla rozstawu AO = 100 m, 2 — krzywa dla rozstawu A'O = 30 m, 3 — strefy elektrooporowe wydzielone w tabeli.

Fig. 9. Resistivity profile made at the contact of dolomites and limestones of Middle Devonian.

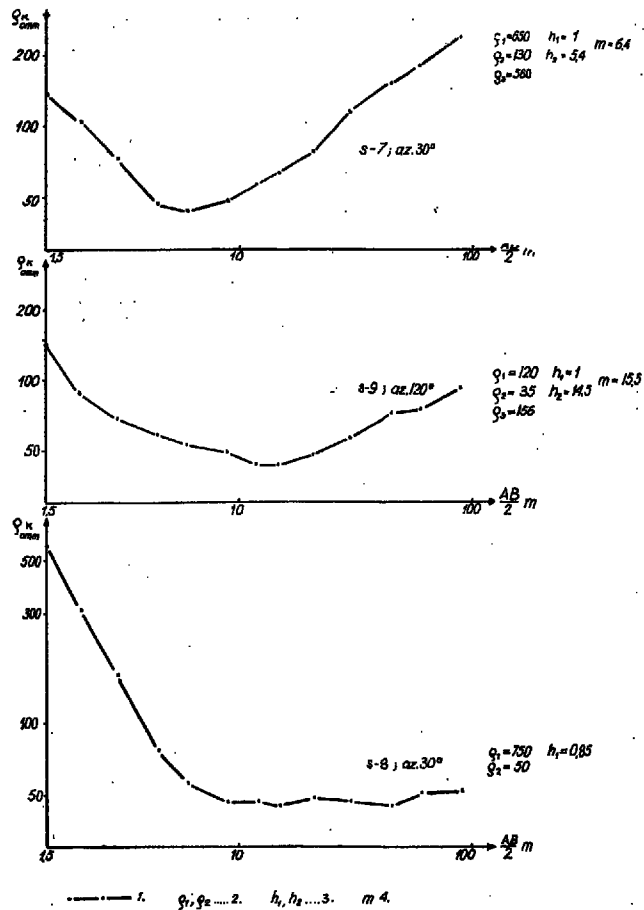
1 — curve for a spacing AO = 100 m, 2 — curve for a spacing A'O = 30 m, 3 — resistivity zones distinguished in the table.

kontakty w zapisie elektrooporowym jest zróżnicowana. Gdy z emsem kontaktują ilasto-mułwcowe osady kambru dolnego w miejscu kontaktu krzywa wznosi się ostro (ryc. 3—5), natomiast gdy z emsem kontaktują piaszczysto-mułwcowe utwory wyższych ogniw kambru (środkowego?), to kontakt ten posiada mniej kontrastowy zapis elektrooporowy (ryc. 7).

Niektóre z profili elektrooporowych w okolicy Niestachowa i Smykowa zarejestrowały w obrębie wychodni kambru obszary znacznie podwyższonych oporności elektrycznych rzędu 150 omm. Fakt ten wstępnie interpretować można w dwojaki sposób: bardzo prawdopodobne jest występowanie nieznanego dotychczas w tej części antyklinorium kambru środkowego lub że lokalnie facja ilasto-mułwcowych utworów kambru dolnego zmienia się na piaszczysto-mułwcową. Wobec znacznego przykrycia czwartorzędowego interpretację powyższą należy uważać jako wstępną.

Kontakt kambry-dewon z dużym hiatusem stratygraficznym posiada czasem charakter tektoniczny, co wzmaga ostrość wyników elektrooporowych; taki charakter wg autorki reprezentuje obszar między Nowym Stawem a Łagowem (ryc. 5). Niewątpliwie tektoniczny charakter posiadają również kontakty kambry-dewon środkowy. Podłużny tego typu kontakt znany jest na SW od Łagowa (ryc. 8 profil LXV), a poprzeczne tektoniczne kontakty kambry-eifel występują w kilku miejscach badanej strefy. Profil XXXVIIb na ryc. 8 obrazuje kontakt kambry-eifel wzdłuż dyslokacji poprzecznej Haliszki; miejsce to posiada dobre udokumentowanie w obserwacjach i wynikach robót ziemnych autorki. Należy podkreślić, że w obu przypadkach tektonicznych kontaktów mułowcowo-ilastych utworów kambru dolnego z dolomitami dewonu środkowego zapis krzywej elektrooporowej jest bardzo kontrastowy i dokładnie określa miejsce kontaktu pod pokrywą czwartorzędową (ryc. 8).

Przebieg kontaktu kambry-ems po uwzględnieniu wyników elektrooporowych został nieraz znacznie zmieniony, w stosunku do dotychczasowej mapy geo-



Ryc. 10. Sondowania elektrooporowe wykonane na różnych kompleksach litologiczno-stratygraficznych.

S-7 wykonano na skałach węglanowych dewonu środkowego, S-9 na utworach piaszczysto-mułwcowych dewonu dolnego, S-8 na ilasto-mułwcowych utworach kambry dolnego. 1 — krzywa sondowania, 2 — wartości oporów właściwych w omometrach, 3 — miąższości warstw w metrach, 4 — sumaryczna miąższość nadkładu w metrach.

Fig. 10. Resistivity logging made within the areas of various lithologic-stratigraphical complexes.

S-7 made on carbonate rocks of Middle Devonian age, S-9 made on sandstone-siltstone formations of Lower Devonian age, S-8 made on clay-siltstone formations of Lower Cambrian age. 1 — logging curve, 2 — values of resistivities in ohmmetres 3 — thickness of beds in metres, 4 — total thickness of overburden in metres.

logicznej. Zmiany poszły najczęściej w kierunku zmniejszenia szerokości wychodni emsu, kosztem poszerzenia wychodni kambry.

Granica między niskooporowym ośrodkiem kambry a strefą wyższych zróżnicowanych oporności emsu jest bardzo charakterystyczna i koreluje się dobrze. Taki stan uzasadniają warunki geologiczne, bowiem w przeważającej części badanego terenu śledzono kontakt ilasto-mułwcowych utworów kambry, z piaszczystymi w przewodzie utworami emsu.

W badanej strefie Radlin-Iwaniska bezpośrednio na utworach kambry przekraczając i niezgodnie kątowno zalegają utwory najwyższego piętra dewonu dolnego — emsu, który we wschodniej części posiada niewielką miąższość rzeczywistą ok. 120 m i składa się z pięciu kompleksów litologicznych; trzy kompleksy piaszczyste przedzielone są dwoma kompleksami pstryimi o znacznym udziale mu-



łowców (7). To niejednorodne wykształcenie emsu powoduje zwykle charakterystyczny zapis na wykresach profilów elektrooporowych.

Na krzywej profilu elektrooporowego zaznaczają się najczęściej dwa kompleksy piaskowcowe (dolny i środkowy) w postaci wysokich wartości oporności przedzielonych wyraźnym lokalnym spadkiem oporów, odpowiadającym dolnemu kompleksowi pstręgo emsu. Środkowy — (główny kompleks piaskowcowy emsu) tworzy szczytowe partie wzgórz z szeregiem odsłoneń i jest łatwy na ogół do korelacji; w zapisie obu rozstawów (płytkiego i głębokiego) odpowiadają mu wysokie wartości oporności rzędu 200—500 omm. Następnie w kierunku północnym obniżenie oporności odzwierciedla górny kompleks pstry (mułowcowo-piaskowcowy) emsu, stwierdzony w otworach Halliszka-1, Wszachów-3, Poręba-1, Winna-1, Łagów-1 i 2. Na tym kompleksie w wynikach elektrooporowych stawiana jest granica między  $D_1$  a  $D_2$  (ryc. 4 i 7).

Wychodnia  $D_1$  wyznaczona na podstawie wyników elektrooporowych jest pomniejszona o górny kompleks piaskowcowy, zbliżony elektrooporowo do dolomitów eiflu (scala się z nimi w zapisie). Fakt ten należy uwzględnić przy wykorzystywaniu prac elektrooporowych do celów geologicznych. Badania autorki przeprowadzone nad kontaktem ems-eifel wykazały, iż najczęściej piaskowce kwarcowe emsu przechodzą sedymentacyjnie ciągle w dolomity piaszczyste, a potem w dolomity eiflu. Stwierdzenie to uzasadnia niemożliwość otrzymania w wynikach elektrooporowych granicy  $D_1$ — $D_2$ , ściśle korelującej się z granicą geologiczną. Wobec znacznego przykrycia czwartorzędem granicy emsu i eiflu nawet przybliżone wyniki profilowania elektrooporowego są pomocne przy lokalizacji wierceń, których celem jest rozpoznanie kontaktu  $D_1$ — $D_2$ .

Inaczej kształtuje się wykres elektrooporowy w obszarach, gdzie ems zalega płasko, a jego wychodnia posiada znaczną miąższość pozorną. Wśród położonych płasko głównych kompleksów emsu zaznaczają się wyraźniej inne cienie przewarstwienia, powodujące, że krzywe elektrooporowe nad wychodnią emsu są w takich przypadkach postrzępione (ryc. 2 oraz 3). Natomiast w obszarach, w których ems zalega całkiem płasko i tworzy bardzo szerokie wychodnie, może się zdarzyć, że profil elektrooporowy przez cały czas śledzi jeden z kompleksów (np. w rejonie Ujazdu-Toporowa kompleks mułowcowo-piaszczysty). Bez udziału sondowań elektrycznych oraz reperów geologicznych obraz taki jest niemożliwy do właściwej interpretacji. Niskooporowy ośrodek mułowcowo-piaskowcowy emsu w zapisie elektrooporowym jest co do wartości oporów pozornych, analogiczny z niskooporowymi osadami kambru. W takich obszarach metoda profilowania elektrooporowego nie daje jednoznacznych wyników.

Poprzez dokładną analizę geologiczną wyników profilowania elektrooporowego w obrębie wychodni emsu można wytypować obszary korzystne dla opracowania dokumentacji piaskowców dolnodewońskich. Będą to tereny, gdzie piaskowce kwarcowe i kwarcytowe środkowego kompleksu piaskowcowego emsu zalegają pod cienką pokrywą czwartorzędu, gdzie zaleganie ich jest dość płaskie ok. 10°, a pole złożowe jest rozległe. Obszary takie występują we wschodniej części badanego terenu, w okolicy Iwanisk.

Węglanowe utwory dewonu środkowego zaznaczają się w wynikach profilowania elektrooporowego jako ośrodek wysokooporowy, w którym oporności pozorne najczęściej są rzędu 300—500 omm. Dewon środkowy jest tu monotony litologicznie, stanowią go dolomity i wapienie. Charakteryzuje go słabo urozmaicona krzywa elektrooporowa. Obserwowane lokalne obniżenia oporności w zapisie obu rozstawów spowodowane są prawdopodobnie przez głęboko rozwinięte procesy krasowe i wietrzeniowe. Ponieważ szczeliny krasowe rozwijają się najczęściej na wcześniej powstałych systemach spękań tek-

tonicznych można niekiedy z uwzględnieniem obserwacji geologicznych (upady, biegi) określić w przybliżeniu strefę takich podłożnych uskoku (ryc. 3—6).

Odróżnienie dolomitów dewonu środkowego od wapieni żywetu jest na podstawie wyników elektrooporowych nieczytelne i udaje się tylko w obszarach, gdzie wychodnie zalegają płytko, pod małą pokrywą czwartorzędu. Ryc. 9 przedstawia fragment profilu elektrooporowego z okolicy Stobca, gdzie dolomity i wapienie tworzą liczne odsłonecia. Kontakt między dolomitami a wapieniami wyznaczony jest dość dokładnie na podstawie przesłanek geologicznych i koreluje się z miejscem, gdzie wartości krzywej głębszego rozstawu wzrastają i gdzie postawiona została granica  $D_2d$ — $D_2w$  (ryc. 9). Do wysokooporowego ośrodka dewonu środkowego w zapisie elektrooporowym włączone zostają utwory niższego piętra dewonu górnego — franu, ponieważ fran budują również wapienie.

Natomiast wyraźnie zazwyczaj zaznacza się różnica w zapisie krzywych elektrooporowych między wapieniami franu a marglami i wapieniami marglistymi famenu. Famen zaznacza się spadkiem oporności pozornych do rzędu ok. 100 omm (ryc. 6). Fakt ten ma duże znaczenie przy pracach dokumentacyjnych; złożo wapieni można okonturować elektrooporowo od niekorzystnych, marglistych utworów famenu ( $D_2fa$ ). Utwory węglanowe dewonu środkowego i górnego posiadają w badanym terenie sporo odsłoneń naturalnych. Najlepiej udokumentowane profile eiflu, żywetu, franu i famenu znane są wzdłuż dolin erozyjnych rzek: Łagowicy, Koprzywianki i Belnianki. Korelacja profilów elektrooporowych w obrębie dewonu środkowego z danymi geologicznymi jest dobra.

Podobnie wyraźny kontrast elektrooporowy występuje między marglami famenu a ilasto-krzemionkowymi utworami dolnego karbonu. Karbon dolny zaznacza się rozległym, wyraźnym obniżeniem krzywej elektrooporowej, przekraczającej linię odniesienia, a wartości oporności pozornych karbonu wynoszą ok. 50 omm. Porównanie profilu elektrooporowego z przekrojem geologicznym w rejonie Górna (7) przedstawia ryc. 6; niskooporowe utwory karbonu dolnego wypełniają środkową partię synkliny łagowskiej.

Wyniki elektrooporowe w strefie Radlin-Iwaniska można dość dokładnie przyporządkować poszczególnym ogniom geologicznym. Badania elektrooporowe są pomocne w rozwiązywaniu wielu zagadnień kartograficznych, tektonicznych i surowcowych.

#### WNIOSKI

Przedstawione powyżej materiały wykazały przydatność powierzchniowych badań elektrooporowych w obszarze o skomplikowanej budowie geologicznej, jakim jest strefa Radlin-Iwaniska. Wyniki tych badań posiadają szczególnie istotne pomocnicze znaczenie w dwu dziedzinach: przy kartowaniu paleozoiku oraz przy dokumentowaniu niektórych surowców skalnych.

Kartowanie elektrooporowe paleozoiku pod nadzorem czwartorzędowym obejmowało w zróżnicowanych warunkach tektonicznych kontakty: kamb — dewon dolny — dewon środkowy. Wyniki elektrooporowe łącznie z obserwacjami i materiałami geologicznymi okazały się pomocne przy opracowaniu geologicznej mapy odkrytej oraz przy lokalizacji wierceń. Najbardziej kontrastowe wyniki otrzymano w śledzeniu kontaktu kamb-ems, natomiast granica ems-eifel śledzona jest elektrooporowo mniej dokładnie z błędem ok. kilkudziesięciu metrów. Przy dużym przykryciu czwartorzędem wynik ten jest jednak bardzo istotny.

Niektóre profile elektrooporowe obejmowały również wyższe ogniwa stratygraficzne, budujące centrum synkliny łagowskiej. Wyraźne granice elektrooporowe otrzymano między żywetem z franem

włącznie a famenem oraz między famenem a karbonem. Ponieważ brak odpowiedniego zróżnicowania litologicznego metodą elektrooporową nie można rozdzielić żywetu od franu oraz eiflu od żywetu; słabo oddzielają się także wapienie żywetu od dolomitów żywetu.

Metoda elektrooporowa pomocna jest w odtworzeniu tektoniki dysjunktywnej, ponieważ rejestruje uskoki poprzeczne o charakterze zrzutowo-przesuwczym. Tego typu uskoki zaznaczają się przesunięciami bądź przerwaniem ciągłości stref elektrooporowych. W obszarze Radlin-Iwaniska prześlędzono elektrooporowo kilkanaście różnych uskoków o niewielkich amplitudach przesunięcia oraz potwierdzono uskoki znane, ale słabo dotąd udokumentowane geologicznie. Uskoki podłużne nie znalazły odzwierciedlenia w wynikach elektrooporowych, z wyjątkiem kontrastowej litologicznie dyslokacji Łazy-Wola Łagowska, wzdłuż której kambry kontaktuje z dewonem środkowym. Nie dały pozytywnego rezultatu również próby śledzenia wglębnej budowy geologicznej wzdłuż ciągów sondowań elektrycznych.

Chociaż głównym celem przeprowadzonych badań elektrooporowych było kartowanie paleozoiku, jednak przy bliższej analizie wyniki elektrooporowe zawierają istotne informacje, które można wykorzystać przy dokumentowaniu surowców skalnych.

Wśród okonturowanych elektrooporowo wychodni emsu łatwo można wytypować obszary, w których wychodnie te są szerokie, utwory zalegają płasko i mogą stanowić złożowe nagromadzenia piaskowców kwarcowych i kwarcytowych. Ponadto w zapisie elektrooporowym wyraźnie oddzielają się większe kompleksy kwarcytowe emsu od kompleksów ilasto-mułowcowych, co można bezpośrednio wykorzystać przy prowadzeniu wyrobisk dokumentacyjnych.

Dla prac geologicznych dokumentujących surowce węglanowe istotne znaczenie posiada okonturowanie złoża wapieni i dolomitów pod pokrywą czwartorzędową. Na podstawie wyników elektrooporowych można przeprowadzić granicę między wapieniami a marglistymi utworami famenu oraz między dolomitami a mułowcowo-płaszczystymi utworami emsu. Przy zastosowaniu sondowań elektrycznych dających informacje o miąższości i wykształceniu pokrywy czwartorzędowej można planowo i racjonalnie prowadzić lokalizację wyrobisk dokumentacyjnych, unikając stref krasowych, głębokich wcięć erozyjnych itp. Rozznanie elektrooporowe powinno poprzedzać inne roboty dokumentacyjne.

Interesujące wyniki elektrooporowe otrzymane w próbie okonturowania złoża ilów kaolinowych wykrytych w otworze Wszachów-3 świadczą, że rozwiązując to zagadnienie można także uzyskać pomocnicze dane w oparciu o metody geoelektryczne.

Przeprowadzone badania elektrooporowe zgromadziły dużo materiałów charakteryzujących pod względem przewodnictwa elektrycznego poszczególne piętra stratygraficzne paleozoiku (tab.).

Do ważniejszych wyników czteroletnich badań elektrooporowych w strefie Radlin-Iwaniska zaliczyć można opracowanie metodyki badań, która może okazać się przydatna w rozpoznawaniu analogicznych obszarów. Szerzej została ona przedstawiona w oddzielnym rozdziale. Tu zaznaczyć należy tylko, że zależnie od stylu budowy tektonicznej odpowiednio trzeba dostosowywać metodykę badań elektrooporowych. W strefie Radlin-Iwaniska w przypadku płaskich, monotonnych struktur celowe było zastosowanie kombinacji metody profilowej z głębszymi sondowaniami elektrycznymi, natomiast w obszarach o stromym zapadaniu warstw zasadnicze znaczenie posiadała metoda profilowania elektrooporowego uzupełniona piótkimi sondowaniami PSE.

#### LITERATURA

1. Czarnocki J. — Stratygrafia i tektonika Gór Świętokrzyskich. Pr. geol., 1957, t. 2, z. 1 i 3.

2. Czermiński J. — Rozwój litologiczny serii węglanowej dewonu południowej części Gór Świętokrzyskich. Ibidem, 1960, t. 30, cz. II.
3. Duda S. — Dokumentacja badań geoelektrycznych temat: Góry Świętokrzyskie, 1965. Arch. IG, 1966.
4. Duda S. — Dokumentacja badań geoelektrycznych temat: Wszachów-Iwaniska, 1966, Ibidem, 1967.
5. Duda S. — Dokumentacja badań geoelektrycznych temat: Łagów — Makoszyn, 1967. Ibidem, 1968.
6. Samsonowicz J. — The lower Cambrian of the Klimontów Antyclinorium. Inter. Geol. Congr., Copenhagen, 1960.
7. Tarnowska M. — Kompleksy litologiczne dewonu dolnego w wierceniach Haliszka-1 k. Iwanisk. Kwart. geol., 1967, nr 4.
8. Tarnowska M. — Wstępne dane o mineralizacji warstw przejściowych emsu i eiflu w strefie Łagów-Iwaniska. Roczn. PTG, t. XXXIX, z. 4, 1969.
9. Tarnowska M. — Wstępne dane o profilu litologicznym emsu i eiflu w strefie Łagów-Radlin. Kwart. geol., 1970, nr 2.
10. Wiński J. — Dokumentacja badań geoelektrycznych temat: Belno—Radlin, 1968. Arch. IG, 1968.

#### SUMMARY

The article deals with the resistivity prospecting method applied in various geological problems concerning the Palaeozoic formations found to occur in the middle part of the Świętokrzyskie Mountains. The works present the results of the surface resistivity prospecting made in the zone Radlin — Iwaniska in a period from 1965 to 1968, and their geological interpretation. The authors describe the resistivity prospecting conducted in the marginal zone of the Dymn — Klimontów anticlinorium and in the Kielce — Łagów synclinorium. The prospecting has been made within a belt about 60 km in width, between Radlin and Iwaniska (Fig. 1).

The area in study is built of lithologically differentiated Cambrian, Lower Devonian (Emsian), Middle Devonian, Upper Devonian and Lower Carboniferous formations, overlain with a Quaternary cover from 0 to 30 m in thickness. The knowledge of detailed cartographical picture is necessary to explain here numerous geological questions of the zone (e.g. position of lamprophyre dikes, contents of ore at the contact between the Emsian and Eifelian formations, a.o.). Since, due to thick Quaternary overburden, the existing geologic map is characterized by a lower exactness and is highly simplified, a complex resistivity method has been applied here, along with geological works and drillings, to make the uncovered geologic map more precise.

Due to the existing geological conditions (heavy dips), mainly resistivity logging method has been employed, completed with a shallow PSE logging. Determination of several resistivity zones is here an effect of the prospecting considered. These zones have been correlated with the individual lithological-stratigraphical members. The resistivity of the individual zones is presented in the attached table. A correlation of the results of the resistivity prospecting with geology may be seen on Figs. 2—6, where a comparison is shown of some geological cross sections, prepared on the basis of exposures and drillings, with the resistivity profiles made at these sites. The method here considered allowed the present authors to determine rather precisely the following boundaries: Cambrian — Lower Devonian, Lower Devonian — Middle Devonian, Frasnian — Famennian, and Famennian — Lower Carboniferous. The results of the resistivity prospecting have partly been used for the location of some drill holes shown on the geological cross sections. It has been also demonstrated that this method may be highly

instrumental in determining the boundaries of the deposits of some rocky raw materials like quartzites, limestones, and kaolin clays.

## РЕЗЮМЕ

В статье описывается применение метода электросопротивлений при изучении разных проблем палеозоя центральной части Свентокшиских гор. Представлены результаты работ методом электросопротивления, проведенных в зоне Радлин — Иваниска в 1965—1968 г.г. Проведенные работы охватывали периферическую зону Дыминско-Климонтовского антиклинория и Келецко-Лаговского синклинория, шириной около 60 км (фиг. 1).

Исследованная площадь сложена разного рода породами кембрия, нижнего девона (эмса), среднего и верхнего девона, нижнего карбона, перекрытыми четвертичным чехлом (0—30 м). Для решения ряда геологических проблем этой зоны, как простирание лампрофировых даек, оруденение на контакте пород эмского и эйфельского ярусов и др., требовалось иметь детальную карту. В связи с тем, что геологическая карта этого района была мало де-

тальна из-за развития четвертичного чехла, для ее уточнения требовалось проведение геофизических работ, дополненных буровыми и горными работами.

В связи с крутыми углами падения пород работы проводились, в основном, методом электропрофилирования с неглубокими вертикальными зондированиями. В итоге проведенных работ был определен ряд зон разного сопротивления, сложенных разными литолого-стратиграфическими комплексами пород, которые были вскрыты контрольными скважинами и горными выработками. Характеристики электросопротивлений разных зон приведены в таблице 1.

Корреляция геофизических и геологических данных показана на фигурах 2—6. На них представлены сопоставления геологических разрезов с данными электропрофилирования. При помощи геофизических работ были определены под четвертичными породами геологические границы кембрий — нижний девон, нижний — средний девон, фран — фамен и фамен — нижний карбон. Проведенные работы доказали, что метод электросопротивлений можно применять при оконтуривании залежей кварцитов, известняков, каолиновых глин и других видов нерудного сырья.