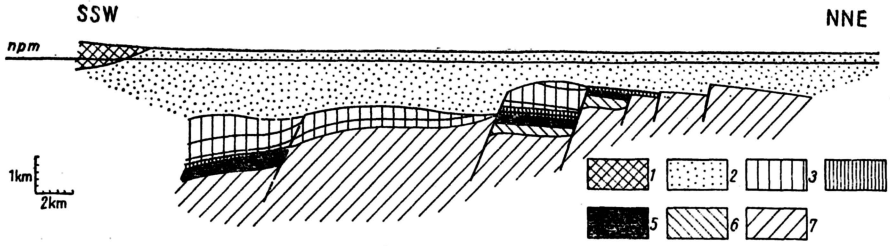
ANDRZEJ KOSTECKI, JERZY DŹWINEL
Instytut Naftowy

PROBLEMY MAGNETOTELLURYCZNEGO KARTOWANIA ZAEKRANOWANYCH STRUKTUR PODŁOŻA KRYSTALICZNEGO PRZEDGÓRZA KARPAT

NA PODSTAWIE danych geologicznych i geofizycznych pragniemy poniżej wykazać możliwość i celowość zastosowania na Przedgórzu Karpat jednej z najbardziej nowoczesnych i tanich metod badań, której zadaniem byłoby zbadanie dotychczas słabo rozpoznanej rzeźby podłoża krystalicznego. Dzięki uprzejmości mgr Z. Wilczyńskiego jesteśmy w stanie zilustrować tekst dwoma schematycznymi przekrojami geologicznymi (ryc. 1, 2) opracowanymi przez Niego na podstawie dotychczasowych danych z wierceń i badań sejsmicznych przemysłu naftowego. Na ryc. 1 wymienionego opracowania przedstawiony jest przekrój geologiczny od Dębicy na NNE, a na ryc. 2 od Tarnowa równoległy mu profil również na NNE.

Ogólnie przekrój geologiczny tworzą: utwory miocenu w postaci iłołupków, iłów i piaskowców z charakterystycznym dla olbrzymiego obszaru przewarstwieniem warstwą anhydrytu, która ze względu na swoje własności fizyczne (dużą oporność elektryczną i prędkość rozchodzenia się impulsów sprężystych) stanowi poważną przeszkodę (ekran) dla wymienianych badań geofizycznych.

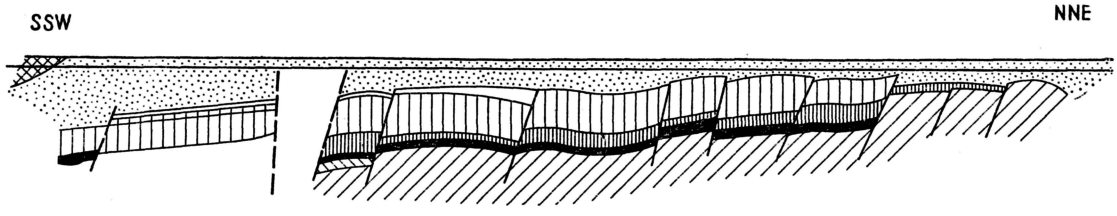
Utwory jurajskie występujące w postaci margli i wapieni (m.in. skalistych) posiadają również rozległe warstwy ekranujące, których ujemny wpływ na wgłębne badania geoelektryczne prądem stałym oraz badania sejsmiczne jest często ze względu na znaczną miąższość tych utworów bardziej znaczny



Ryc. 1. Schematyczny przekrój geologiczny Przedgórza Karpat wg Z. Wilczyńskiego.
1 — Karpaty, 2 — utwory miocenu, 3 — utwory jurajskie, 4 — utwory triasowe, 5 — utwory karbonu, 6 — utwory dewonu, 7 — prekambr.

Fig. 1. Diagrammatic geological cross section of the Carpathian piedmont area, after Z. Wilczyński.

1 — Carpathians, 2 — Miocene deposits, 3 — Jurassic deposits, 4 — Triassic deposits, 5 — Carboniferous deposits, 6 — Devonian deposits, 7 — Precambrian.



Ryc. 2. Schematyczny przekrój geologiczny Przedgórza Karpat wg Z. Wilczyńskiego, odległy o 30 km na WNW od przekroju podanego na ryc. 1. Oznaczenia jak na ryc. 1.

Fig. 2. Diagrammatic geological cross section of the Carpathian piedmont area, after Z. Wilczyński; the cross section is 30 km remote in a WNW direction from that shown in Fig. 1. Explanations the same as in Fig. 1.

od „ekranu" mioceńskiego. Utwory triasu w przeważającej mierze obejmują wapienie, łupki i piaskowce z zasady (w odróżnieniu od poprzednich utworów) nie stanowiące poważniejszych „ekranów" dla wgłębnych badań geofizycznych. Utwory karbonu stanowią również wapienie, łupki, piaskowce i niekiedy dolomity. Podobne utwory reprezentują również dewon. Podłoże prekambryjskie stanowią zdiagenezowane łupki.

Wieloletnie doświadczenia ze stosowania w tych warunkach badań sejsmicznych wykazały, iż ekran mioceński i jurajski praktycznie uniemożliwia dostateczne rozpoznanie przekroju wgłębnego, a w szczególności rzeźby podłoża prekambryjskiego, od którego otrzymywane sporadyczne odbicia sejsmiczne w takich warunkach są trudne do zidentyfikowania, a w najlepszym przypadku (najczęściej w pobliżu odwiertów) są tak rzadkie, iż nie mogą przedstawiać praktycznie żadnej wartości.

Na podstawie danych profilowania elektrycznego odwiertów stwierdziliśmy, iż wartość oporności wymienionych warstw ekranujących wynosi 150—250 mΩ, gdy oporności pozostałych warstw wahają się w granicach 2—30 Ωm. Ilustruje to w dostateczny sposób kompleksowy przekrój jednego z odwiertów:

	miąższość	średnia oporność [Ωm]
	50—1660 m	2
miocen	1660—1675 m	150
	1675—1695 m	3
	1695—1760 m	25
	1760—1778 m	250
jura	1778—1865 m	10
	1865—2322 m	135
jura + trias	2322—2850 m	26
karbon	2850—3050 m	12
	3050—3275 m	250
prekambr		

Jak to uwidoczniono na przekrojach ryc. 1 i 2, w poszczególnych blokach brak jest szeregu utworów i ogólnie biorąc na N przekrój geoelektryczny znacznie upraszcza się.

Na podstawie danych geologicznych z wielu wierceń do obliczeń rozkładu pola elektromagnetycznego nad prekambryjskim podłożem przyjęliśmy następujące schematy:

1)	$h_1 = 500$ m	$\varrho_1 = 5$ Ωm
	$h_2 = 15$ m	$\varrho_2 = 150$ „
	$h_3 = 20$ m	$\varrho_3 = 3$ „
	$h_4 = 350$ m	$\varrho_4 = 75$ „
	$h_5 = 500$ m	$\varrho_5 = 150$ „
	$h_6 = 200$ m	$\varrho_6 = 45$ „
	$h_7 = 500$ m	$\varrho_7 = 5$ „
	$h_8 = \infty$ m	$\varrho_8 = \infty$ „
2)	$h_1 = 1750$ m	$\varrho_1 = 5$ „
	$h_2 = 18$ m	$\varrho_2 = 250$ „
	$h_3 = 90$ m	$\varrho_3 = 10$ „
	$h_4 = 470$ m	$\varrho_4 = 133$ „
	$h_5 = 730$ m	$\varrho_5 = 24$ „
	$h_6 = 225$ m	$\varrho_6 = 290$ „
	$h_7 = \infty$ m	$\varrho_7 = \infty$ „
3)	$h_1 = 850$ m	$\varrho_1 = 5$ „
	$h_2 = 20$ m	$\varrho_2 = 150$ „
	$h_3 = 50$ m	$\varrho_3 = 5$ „
	$h_4 = \infty$ m	$\varrho_4 = \infty$ „
4)	$h_1 = 500$ m	$\varrho_1 = 5$ „
	$h_2 = \infty$ m	$\varrho_2 = \infty$ „

Stosując do przytoczonych schematów sposób obliczeń według (5) mamy następujące równania:

$$\frac{\rho\omega}{\rho_1} = R_n^2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad [1]$$

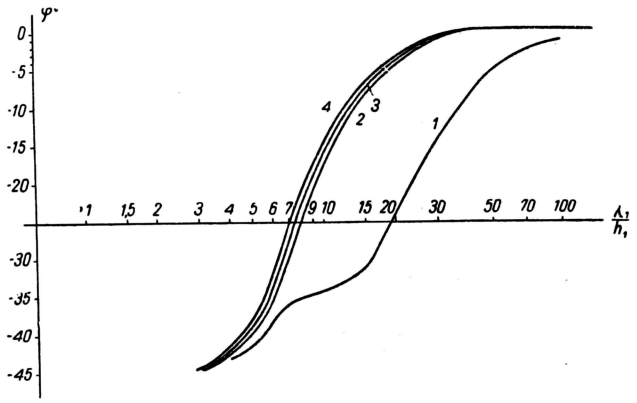
$$R_n = \operatorname{cth}\left\{k_1 h_1 + \operatorname{arcth}\left[\sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_1}}\operatorname{cth}\left(R_2 h_2 + \operatorname{arcth}\left[\sqrt{\frac{\rho_{n-1}}{\rho_{n-2}}}\operatorname{cth}\left(R_{n-1} h_{n-1} + \operatorname{arcth}\sqrt{\frac{\rho_n}{\rho_{n-1}}}\right)\right]\right)\right]\right. \quad [2]$$

$$R_m = \frac{2\pi}{\frac{\lambda_m}{h_m}}(1 - i). \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad [3]$$

gdzie λ jest długością fali elektromagnetycznej.

Otrzymane wg wzorów [1], [2] i [3] krzywe magnetotellurycznych sondowań przytoczone są na ryc. 3 i 4.

Z krzywych tych w jednoznaczny sposób wynika, iż za pomocą magnetotelurycznego profilowania w pasmie częstotliwości 0,067 Hz (i mniejszych), co równoważne jest okresom wariacji naturalnego pola elektromagnetycznego od 15 sek. (i większych) możliwe jest jakościowe kartowanie prekambryjskiego podło-

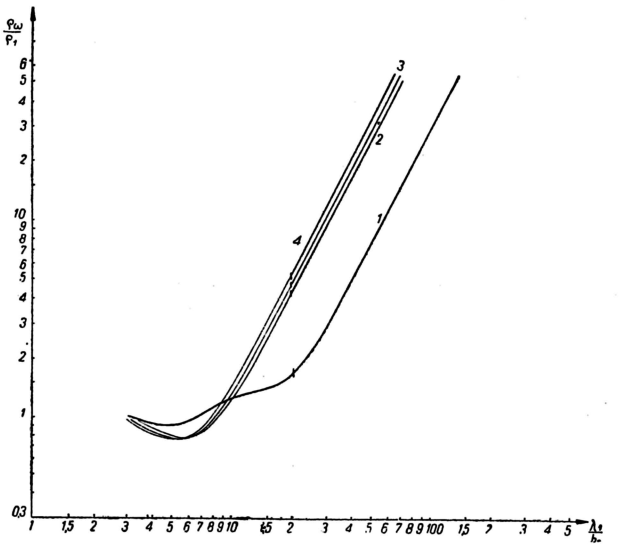


Ryc. 3. Krzywe sondowań magnetotellurycznych dla przekrojów geologicznych Przedgórza Karpat. Krzywe oznaczone cyframi odpowiadają podanym w tekście schematom.

λ_1 — długość fali elektromagnetycznej w pierwszej warstwie, h_1 — miąższość pierwszej warstwy.

Fig. 3. Curves of magnetotelluric sounding for geological cross sections of the Carpathian piedmont area. Curves marked by figures correspond with the schemes given in the text.

λ_1 — electromagnetic wave length in the first bed, h_1 — thickness of the first bed.



Ryc. 4. Krzywe fazowe sondowań magnetotellurycznych dla przekroju Przedgórza Karpat. Oznaczenia jak na ryc. 3.

Fig. 4. Phase curves of magnetotelluric soundings for the Carpathian piedmont area. Explanations the same as in Fig 3.

ża bez obawy zakłóceń przez jakiekolwiek wyżej leżące „ekrany". Oczywisty z obliczeń (wzór 1) jest wniosek, iż ilościową charakterystykę dotyczącą głębokości zalegania prekambryjskiego podłoża mogą zapewnić sondowania magnetotelluryczne i elektromagnetyczne*. Przytaczana właściwość badań elektromagnetycznych w podanych warunkach ekranowania jest ogólnie znana (4, 5) i nie może budzić żadnych zastrzeżeń. Są to właściwości charakterystyczne wyłącznie polu elektromagnetycznemu, a co za tym idzie wyłącznie metodom geoelektrycznym.

Jak wykazały najnowsze badania I. d'Erceville'a i G. Kunetza (1) oraz G. G. Obuchowa (3) wymienioną metodą magnetotelluryczną z powodzeniem mogą być wydzielone większe naruszenia tektoniczne, których ilość i wielkość w omawianym rejonie dostatecznie charakteryzują przytoczone przekroje ryc. 1 i 2.

Pomijając rozwlekłą analizę przytoczonych na ryc. 3 i 4 krzywych sondowań magnetotellurycznych, zwracamy uwagę na stosunkowo szybkie wyjście ich na asymptotę, i na fakt, iż wymagane częstotliwości wariacji naturalnego pola magnetotellurycznego obejmują pasmo szeroko wykorzystywane od wielu lat do powszechnie znanych badań metodą telluryczną. Tylko jedna firma francuska (1) w ciągu 14 lat wykonała ich prawie dwukrotnie więcej niż ZSRR w latach 1955—1957. Jeżeli przypomnimy (1), iż badania telluryczne prowadzono nie tylko w Europie, lecz w USA, Wenezueli, Madagaskarze, Afryce Północnej, Afryce Podzwrotnikowej i Azji, to oczywisty stanie się fakt, iż wymieniony zakres wariacji jest powszechny i nie budzi żadnych zastrzeżeń. Metoda magnetotellurycznego profilowania podobnie do metody prądów telluricznych jest jedną z najtańszych i najszybszych geofizycznych metod poszukiwawczych. W stosunku do badań sejsmicznych koszty tych metod są dziesięciokrotnie i więcej mniejsze.

Przytoczone dane pozostawiamy bez obszerniejszych komentarzy. Rozwój problematyki poszukiwawczej oraz znane właściwości stosowanych dotychczas metod geofizycznych ze szczególnym uwzględnieniem aspektu ekonomicznego pozwalają stwierdzić, iż metodyczne i ekonomiczne przesłanki, niezależnie od jakichkolwiek zapatrywań na metodykę poszukiwawczą, wskazują na to, że wcześniej czy później omawiane metody będą musiały być stosowane. Im wcześniej fakt ten zostanie konstruktywnie zrealizowany, tym lepiej będzie przede wszystkim dla gospodarki narodowej.

* W przypadku, gdy magnetotelluryczne profilowanie wykonywane będzie w rejonach o nawierconym w kilku miejscach podłożu prekambryjskim może zaistnieć możliwość przybliżonego określenia na nim rozkładu średniej oporności wzdłużnej $\varrho_{\parallel}$, a stąd przeliczenia jakościowych obserwacji (5) w ilościowe ($H = S\varrho l$).

LITERATURA

1. d'Erceville J., Kunetz G. — The effect of a fault on the earth's natural electromagnetic field. Geophysics", vol. XXVII, No 5, 1962.
2. Hawelka R. — Vierstellige Tafeln der Kreis und Hyperbelfunktionen, so vie ihrer Umkehr funktionen im Komplexen in Schritten von $\pi/2$ 0,02 und 0,02, Vieweg, Braunschweig, 1931.
3. Obuchow G. G. — Zadacza o magnitotiełłuriczeskom pole w nieodnorodnom słoje. „Prikładnaja gieofizika" 1962, nr 35.
4. Wanian Ł. Ł. — Niekotoryje woprosy tieorii czastotnych zondirowanij gorizontalnych napłastonanij. Ibidem, 1959, nr 23.
5. Wanian Ł. Ł., Tieriechin E. J., Sztimmer A. I. — Mietodika rasczieta wołnowych krywych czastotnogo zondirowanija. Ibidem, 1961, nr 30.

SUMMARY

It is shown on the basis of calculations of magneto-telluric sounding for real characteristics of geological cross sections in the Carpathian piedmont area that the deposits of Miocene anhydrites and Jurassic limestones screening the constant electrical field and the elastic wave, do not make a hindrance for the magneto-telluric investigation of crystalline basement. This conclusion and its practical value are illustrated by sounding curves and geological cross sections.

The authors suggest methodical and economical necessity to introduce these investigations in Poland, first of all in the Carpathian piedmont area.