

Józef STAJNIAK

Tektonika zrębowego wyniesienia podlasko-lubelskiego w świetle wyników badań tellurycznych

WSTĘP

Zainteresowanie budową geologiczną jednostki określonej przez W. Pożaryskiego mianem wyniesienia zrębowego podlasko-lubelskiego datuje się od dość długiego czasu, a szczególnie wzrosło w ostatnich kilkunastu latach w związku z rozpoznawaniem wglębnej budowy geologicznej Niziny Polskiej. Wyrazem tego zainteresowania mogą być między innymi publikacje zawierające ogólne lub szczegółowe rozważania względnie dane dotyczące budowy geologicznej tej jednostki lub jej fragmentów. Są to prace następujących autorów: A. Dąbrowski i K. Karaczun (1956), S. Sokołowski i J. Znosko (1958), J. Skorupa (1959), K. Lendzion (1962), J. Skorupa i S. Młynarski (1962), J. Pawliszyn (1963), B. Areń (1964), A. Krassowska (1965), A. M. Żelichowski (1968), K. Wierzchowska-Kicułowa (1968).

Istnieją również opracowania archiwalne zawierające przyczynki do poznania budowy geologicznej tej jednostki. Spośród tych opracowań na szczególną uwagę zasługują liczne dokumentacje badań geofizycznych, omawiające wyniki prac polowych zrealizowanych metodą sejsmiczną, grawimetryczną, telluryczną i magnetyczną, w których wyniku nagromadzona została wielka ilość informacji o istotnym znaczeniu dla rozważanego problemu.

W latach 1968—69 w Przedsiębiorstwie Poszukiwań Geofizycznych, na zlecenie Instytutu Geologicznego, po wspólnym uzgodnieniu odpowiedniego programu dokonano reinterpretacji i zbiorczego zestawienia wszystkich istniejących materiałów geofizycznych z rejonu Lubelszczyzny, w tym również i materiałów tellurycznych.

W efekcie przeprowadzonej przeze mnie reinterpretacji tych ostatnich materiałów uzyskano wyniki, które przedstawiam w niniejszym artykule.

*

Początek badań tellurycznych w tym rejonie datuje się na rok 1961. W tym roku bowiem po raz pierwszy w Polsce wprowadzono do prospekcji metodę telluryczną, a pierwszymi badaniami były prace o charakterze

regionalnym, przeprowadzone na wyniesieniu Stawatycz pod kierunkiem J. Pawliszyna. Badania telluryczne w tym rejonie kontynuowano 1962 r. pod kierunkiem J. Święcickiej-Pawliszyn.

Prace te przeprowadzono w pasie o szerokości 15—30 km i długości ok. 60 km — od Terespoła na północy do Włodawy na południu. Łącznie na obszarze ok. 1400 km² wykonano obserwacje na 279 punktach. Daje to zagęszczenie 1 punktu na 5 km².

Na obszarze zdjęcia tellurycznego, jako jego uzupełnienie, w 1961 i 1962 roku wykonano pod kierunkiem B. Jagodzińskiej 15 sondowań symetrycznych o maksymalnych rozstawach AIB do 3 km oraz pod kierunkiem K. Rudzkiego 21 sondowań symetrycznych i dipolowych o maksymalnych rozstawach AIB względnie R wynoszących od 7 do 24 km. Całość tych prac w tym rejonie, tj. zarówno badania telluryczne, jak i sondowania elektryczne wykonało PPG. Prace te prowadzono w aspekcie śledzenia podłoża krystalicznego.

W latach 1964—66 szeroko zakrojone badania telluryczne w rejonie lubelskim prowadzone były pod kierunkiem R. Śmiechowskiego z ówczesnego Przedsiębiorstwa Geofizyki Przemysłu Naftowego. W tym okresie pomiarami tellurycznymi pokryto obszar o powierzchni około 7800 km² wykonując 1124 punkty. Daje to zagęszczenie 1 punkt na blisko 7 km². Obszar ten o kształcie prostokąta i wymiarach 60 × 130 km wyznaczają następujące miejscowości: od NW — Żelechów — Siedlce; od SW — Żelechów — Krasnystaw; od SE — Krasnystaw — Chełm — granica państwa; od NE — Włodawa — Międzyrzec Podlaski — Siedlce. Badania telluryczne na tym obszarze prowadzono metodą profilową. Średnie odległości między profilami wynosiły 4,5 km, a między punktami na profilu — 1,5 km. W 1967 r. badania te kontynuowano w kierunku północnym (Biała Podlaska i Siemiatycze). Celem badań było prześledzenie zalegania podłoża prekambryjskiego oraz struktur w utworach osadowych.

Badania telluryczne wykonane przez PGPIN i PPG ze względu na niewielkie zagęszczenie punktów pomiarowych (1 punkt na 5 do 7 km²) należy uważać jedynie za zdjęcie regionalne, na którego podstawie zarejestrowano zasadnicze elementy tektoniczne i duże jednostki strukturalne.

ANALIZA MATERIAŁÓW

Jednym z podstawowych warunków przeprowadzenia prawidłowej geofizyczno-geologicznej interpretacji materiałów tellurycznych jest znajomość charakterystyki opornościowej utworów występujących w profilu głębokościowym danego rejonu. Interesujące jest więc, jaki jest to typ przekroju geoelektrycznego, jakie są miąższości i oporność właściwa poszczególnych warstw, a tym samym jakie jest całkowite przewodnictwo elektryczne warstw osadowych, ponieważ natężenie pola tellurycznego w danym miejscu jest funkcją tego przewodnictwa. Zagadnienie to zostanie omówione niżej.

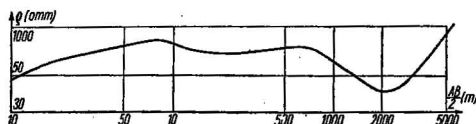
CHARAKTERYSTYKA OPORNOŚCIOWA

Danych odnośnie do charakterystyki opornościowej skał z tego rejonu, to jest wielkości ich elektrycznej oporności właściwej dostarczają boczne sondowania elektryczne wykonane w otworach wiertniczych i sondowa-

nia geoelektryczne o głębokim zasięgu. W oparciu o ilościową interpretację pomiarów elektrycznych w głębokich otworach z tego rejonu, przeprowadzoną przez B. Łaszczyńską i E. Jaszczuk, można stwierdzić, że w otworach Łuków, Radzyń, Wisznice, Holeszów i Kaplonosy oporność właściwa utworów kredy mieści się zwykle w przedziale 50—100 omm, jury 100—230 omm. Wszystkie utwory starsze — od jury do eokambru włącznie — posiadają małą oporność — od około 10 do kilkudziesięciu omm. Oporność właściwa podłoża jest bardzo wysoka (średnio kilka tysięcy omm).

Fig. 1. Krzywa sondowania elektrooporowego wykonanego przy otworze Kaplonosy

Curve of resistivity logging made at bore hole Kaplonosy



Charakterystykę tę w zgeneralizowanym ujęciu potwierdzają dane z sondowań o głębokim zasięgu. Tak np. krzywą sondowania wykonanego przy otworze Kaplonosy (fig. 1) można uznać jako typ KHKH, pomijając oporność właściwą gleby. Pierwsze maksimum odpowiada wyżej opornościowej serii czwartorzędowej (140 omm), następnie krzywa opada, co jest związane z niżej opornościowymi (46 omm) utworami górnych partii kredy. Następne maksimum to znów wyżej opornościowe (129 omm) utwory dolnych partii kredy i jury. Wszystkie głębsze utwory dają jedno minimum, po którym następuje ostry wzrost krzywej związany z podłożem krystalicznym. W otworze wykonanym na północ od tego rejonu (otwór Mielnik) na podkreślenie zasługują dwie zasadnicze zmiany w charakterystyce oporności serii paleozoicznej, a mianowicie: a — nawiercenie utworów permu, których oporność właściwa wynosi około 280 omm; b — występowanie w dolnym ordowiku i górnym kambrze serii utworów o miąższości 240 m i oporności właściwej 60 do 1000 omm. Wreszcie skądinąd wiadomo, że występujące na SW od wyniesienia łukowsko-wisznickiego wapienne utwory dewonu charakteryzują się opornością rzędu 1000 omm.

OBRAZ ANOMALII

Podstawowym materiałem dokumentacyjnym i jednocześnie wyjściowym dla dalszej interpretacji w badaniach tellurycznych jest mapa anomalii. Analizując mapy anomalii zawarte w dokumentacjach doszedłem do wniosku, że przy ich zbiorczym opracowaniu nie mogą one być mechanicznie zestawione, ale wymagają ponownego opracowania. Pierwotne mapy anomalii wykresiano bowiem przy założeniu liniowej interpolacji wartości bezpośrednio wyliczonych dla każdego punktu pomiarowego. Takie założenia spowodowały, że mapy anomalii na pewnych odcinkach nie były przejrzyste. Z jednej strony bowiem każdy pomiar obarczony jest pewnym błędem, z drugiej natomiast zmiany natężenia pola są funkcją złożoną. Opracowana przeze mnie mapa anomalii oparta jest na wartościach uśrednionych, a interpolacja wartości — na analizie zmian natężenia pola. Uśrednienie wartości, przeprowadzone metodą graficzną na profilach, miało za zadanie wyeliminowanie drobnych, pochodzących z błędów pomiarów, oscylacji natężenia pola. W wyniku tego opracowana mapa

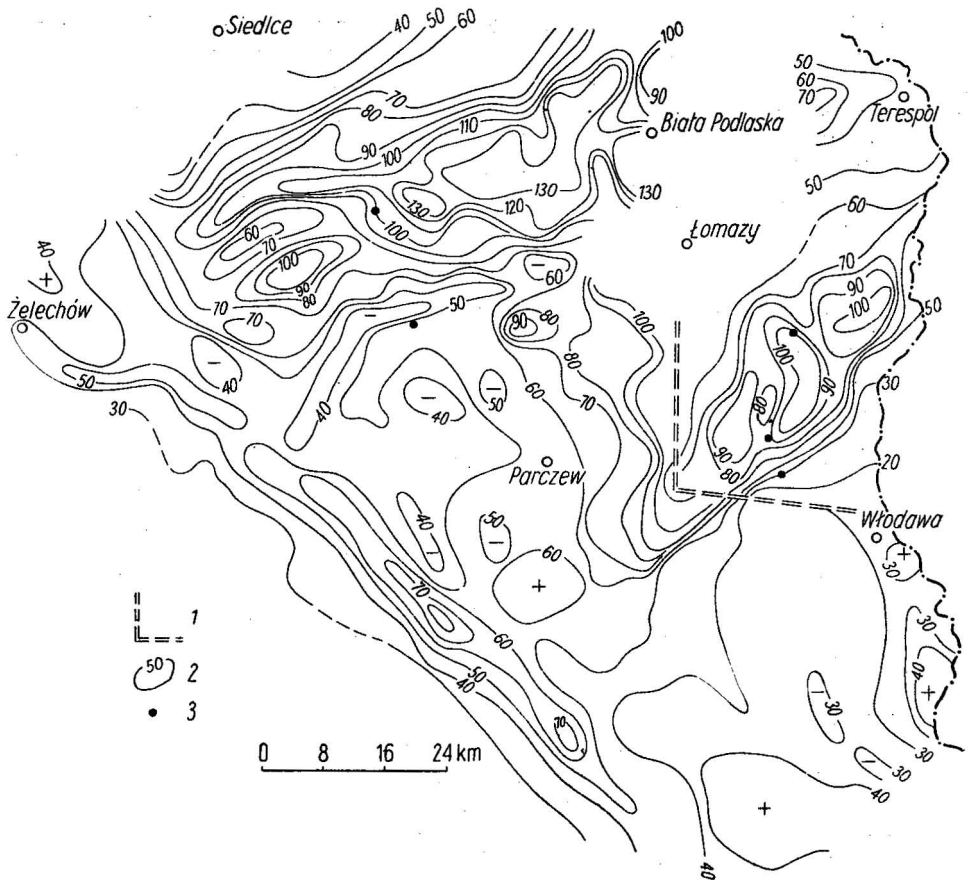


Fig. 2. Mapa anomalii tellurycznych
Map of telluric anomalies

- 1 — granica badań tellurycznych o różnych odniesieniach; 2 — granice i średnia wartość pola tellurycznego; 3 — otwory wiertnicze
1 — boundary of telluric examinations with various references; 2 — boundaries and mean value of telluric field; 3 — bore holes

(fig. 2) stała się bardziej przejrzysta, a przebieg anomalii bardziej konsekwentny.

Mapa została opracowana na podstawie prac PGPN i PPG. Wartości średniego natężenia pola tellurycznego podane są w jednostkach umownych, będących stosunkiem średniego natężenia pola tellurycznego w danym punkcie pomiarowym i w punkcie odniesienia. Należy wyjaśnić, że prace te posiadają różne punkty odniesienia: pomiary PGPN odniesione są do punktu bazowego, położonego przy otworze Łuków IG 1, a pomiary PPG do punktu bazowego położonego przy otworze Wisznice IG 1. Brak precyzyjnego powiązania między tymi punktami uniemożliwia przedstawienie powyższej mapy w jednym poziomie odniesienia.

Na mapie można zauważyć szereg charakterystycznych anomalii o różnym zasięgu oraz różnych amplitudach i formach, m. in.: 1 — anomalie

w rejonie Wisznic; 2 — zespół anomalii w rejonie Łukowa i Międzyrzeca; 3 — anomalię w rejonie Kock — Łęczna.

Anomalia w rejonie Wisznic o kierunku SW-NE przebiega od miejscowości Sosnowica na południowym zachodzie do Kodenia nad Bugiem, a więc na długości ok. 60 km. Na jej obszarze występują trzy kulminacje o wartościach w granicach 100 j.u. Kulminacja pierwsza położona jest pomiędzy miejscowościami Hołowno i Rozwadówka, około 5 km na zachód od otworu Holeszów. Kulminacja druga przebiega łukiem zwróconym ku wschodowi od otworu Holeszów do otworu Wisznice IG 1. Trzecia kulminacja znajduje się ok. 6 km na północ od Sławatycz. Kulminacje te przedzielone są dwiema strefami o niższych wartościach. Interesujący jest przebieg izolinii ograniczających tę anomalię. Od strony WE obserwuje się duże zagęszczenie izolinii związane z gwałtownym obniżeniem się wartości średniego natężenia pola tellurycznego. Od strony północno-zachodniej zagęszczenie izolinii ograniczających tę anomalię jest znacznie mniejsze niż od strony SE z tym, że jest ono różne na różnych odcinkach. Świadczy to o mniejszym gradiencie pola tellurycznego.

W rejonie Łukowa i Międzyrzeca obraz anomalii pola tellurycznego jest bardzo złożony. Pasem o szerokości ponad 20 km ciągnie się tu zespół anomalii o podwyższonych wartościach średniego natężenia pola tellurycznego w stosunku do otoczenia. Pas ten rozpoczyna się około 16 km na SW od Łukowa i biegnie poprzez Łuków do Międzyrzeca i dalej na NE. Wartości średniego natężenia pola tellurycznego są tu mocno zróżnicowane zarówno wzdłuż głównej osi, jak i w kierunku poprzecznym — szczególnie w rejonie Łukowa. Wartości te wynoszą od poniżej 60 j.u. w pobliżu Łukowa, po jego SW stronie poprzez wartości 100 j.u. przy otworze Łuków IG 1 do ponad 130 j.u. na NE od Międzyrzeca. Na W i N od Radzyna występuje anomalia o obniżonych wartościach średniego natężenia pola tellurycznego (nawet poniżej 40 j.u.). Oś tej anomalii posiada w części południowej kierunek SSW-NNE, a na wysokości Radzyna załamuje się i przyjmuje kierunek ENE.

Interesująco przedstawia się struktura Kocka w obrazie tellurycznym. Znaczona jest ona pasem anomalnym o podwyższonych wartościach w stosunku do otaczającego tła. Maksymalne wartości notowane są na E od Łęcznej (70 j.u.) i na E od Lubartowa (80 j.u.). Od strony SE anomalia ta rozpoczyna się kilka km na S od otworu Zawadów IG 1 i ciągnie się poprzez Łęczną, Lubartów, Kock aż do Żelechowa. Na odcinku Kock-Łęczna anomalia przebiega prawie prostoliniowo. W pobliżu otworu Kock IG 1, po jego NW stronie anomalia ta zmienia kierunek na zbliżony do zachodniego. O ile oś tej anomalii na odcinku Kock — Łęczna biegnie pod azymutem ok. 135° , to na NW od Kocka azymut tej osi wynosi ok. 120° . Następna zmiana kierunku osi anomalii na zachodni następuje w pobliżu otworu Okrzeja 1, po jego stronie zachodniej, po czym łukiem zmierza do Żelechowa. Otwór Okrzeja leży po południowej stronie anomalii. Na odcinku od Kocka do Żelechowa anomalia ta posiada niższe wartości, bo ok. 50—60 j.u.

ANOMALIE TELLURYCZNE A BUDOWA GEOLOGICZNA

Głównym celem interpretacji pomiarów tellurycznych jest szukanie tzw. stratygraficznej przynależności śledzonego horyzontu oporowego, czyli innymi słowy, określenie, co w danym rejonie w sposób decydujący

wpływa na wartości średniego natężenia pola tellurycznego. Punktem wyjścia jest tu ogólna znajomość budowy geologicznej oraz w miarę możliwości szczegółowa charakterystyka oporności skał. Podstawowe znaczenie ma jednak obliczenie teoretycznych krzywych sondowań magnetotellurycznych dla typowych w danym rejonie przekrojów geoelektrycznych (ilość warstw, ich miąższość oraz oporność właściwa).

Najpewniejsze dane do tych obliczeń otrzymuje się z interpretacji bocznych sondowań elektrycznych w otworach wiertniczych. W pewnym stopniu można też wykorzystać dane z głębokich sondowań elektrooporowych i z badań sejsmicznych.

Na podstawie krzywych magnetotellurycznych można ocenić w oparciu o dane dotyczące przewodnictwa, do której z warstw oporowych odnoszą się zmiany średniego natężenia pola tellurycznego, określanego zwykle w oparciu o średniookresowe (10 do 80 sek) wariacje tego pola.

W niniejszym opracowaniu zestawiono siedem takich krzywych (fig. 3) obliczonych przy zastosowaniu elektronicznej maszyny cyfrowej według programu opracowanego przez J. Pawliszyna i J. Wasilewskiego. Krzywe te dotyczą następujących otworów: Mielnik, Łulków, Radzyń, Wisznice, Kapłonosy; dwie krzywe uzyskano w oparciu o dane z interpretacji głębokich sondowań elektrooporowych. Parametry tych krzywych są następujące (h w m, ρ w omm):

W $h_1 = 11$	$\rho_1 = 58$	L $h_1 = 130$	$\rho_1 = 90$
$h_2 = 61$	$\rho_2 = 135$	$h_2 = 407$	$\rho_1 = 56$
$h_3 = 368$	$\rho_3 = 65$	$h_3 = 177$	$\rho_3 = 156$
	$\rho_4 = \infty$	$h_4 = 212$	$\rho_4 = 21,6$
			$\rho_5 = \infty$
M $h_1 = 260$	$\rho_1 = 90$	R $h_1 = 45$	$\rho_1 = 84$
$h_2 = 330$	$\rho_1 = 150$	$h_2 = 432$	$\rho_2 = 51$
$h_3 = 580$	$\rho_2 = 16$	$h_3 = 190$	$\rho_2 = 214$
$h_4 = 240$	$\rho_4 = 104$	$h_4 = 1000$	$\rho_4 = 15$
$h_5 = 340$	$\rho_5 = 17$		$\rho_5 = \infty$
	$\rho_6 = \infty$		
K $h_1 = 8$	$\rho_1 = 44$	S 25/26	
$h_2 = 23$	$\rho_2 = 140$	$h_1 = 27$	$\rho_1 = 68$
$h_3 = 189$	$\rho_3 = 45$	$h_2 = 68$	$\rho_2 = 55$
$h_4 = 179$	$\rho_4 = 124$	$h_3 = 490$	$\rho_3 = 104$
$h_5 = 1478$	$\rho_5 = 17$	$h_4 = 2950$	$\rho_4 = 17$
	$\rho_6 = \infty$		$\rho_5 = \infty$
		S 41/42	
		$h_1 = 6$	$\rho_1 = 28$
		$h_2 = 89$	$\rho_2 = 85$
		$h_3 = 365$	$\rho_3 = 59$
		$h_4 = 527$	$\rho_4 = 224$
		$h_5 = 2100$	$\rho_5 = 17$
			$\rho_6 = \infty$

Na rysunku zestawiono jedynie krzywe amplitudowe, gdyż są one bardziej instruktywne od krzywych fazowych. Dla obliczenia tych krzywych brano pod uwagę, oczywiście, oporności wzdłużne, gdyż zmienne

pole na nie reaguje. W przypadku krzywych magnetotellurycznych $S_{41/42}$ i $S_{25/26}$ dla niskooporowego ośrodka zalegającego podłożu przyjęto oporność właściwą identyczną z opornością ośrodka w otworze Kapłonosy. Dane z tego otworu wykazały, że dla płytszych warstw oporność wzdłużna minimalnie różniła się od oporności poprzecznej, natomiast większa ich różnica związana była jedynie z grubą serią niskooporową, leżącą na podłożu. Ten fakt pozwalał właśnie, aby do obliczeń krzywych magnetotellurycznych wykorzystać również dane z interpretacji głębokich krzywych elektrooporowych.

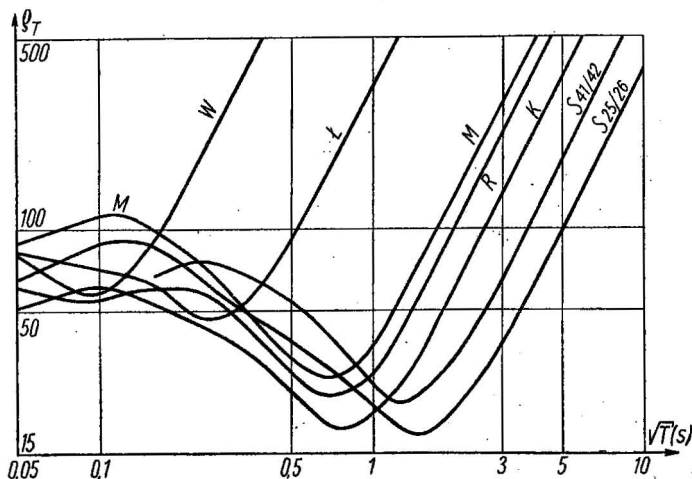


Fig. 3. Amplitudowe krzywe magnetotelluryczne
Magnetotelluric amplitude curves

Obliczenie tych dwóch dodatkowych krzywych było zachęcające, ponieważ interpretacja krzywych elektrooporowych wskazywała na to, że podłożo występuje tu jeszcze głębiej niż w otworze Kapłonosy. Zresztą do przyjęcia jest tu nawet przybliżona ocena wartości oporności właściwej. W związku ze zmienną budową geologiczną, a w szczególności z bardzo dużymi różnicami głębokości do stropu podłoża krystalicznego — poszczególne krzywe magnetotelluryczne znacznie się różnią. W miarę wzrostu głębokości do podłoża asymptoty prawych gałęzi krzywych wznoszących się pod kątem $63^{\circ}25'$ przesuwają się w kierunku coraz to większych okresów. Maksyma związane z wyżej opornościową warstwą utworów jury leżą natomiast w obrębie wariacji krótkookresowych.

Najistotniejszym wynikiem odczytania krzywych jest to, że średnio-okresowe wariacje pola tellurycznego leżą w obrębie prawych wznoszących się gałęzi, czyli że mieszczą się w przedziale tzw. głównego interwału S. Stąd wniosek, że zmiany średniego natężenia pola tellurycznego są funkcją zmian całkowitego przewodnictwa wzdłużnego utworów leżących na podłożu krystalicznym. Innymi słowy, zmiany głębokości stropu podłoża będą w istotny sposób wpływać na wartość natężenia tego pola. Należy jednak pamiętać, że wnioski te są słuszne w takim zakresie, w jakim zostają zachowane teoretyczne założenia modelu pola elektromagnetycz-

Tabela 1

Nazwa otworu	Wartość natężenia pola tellurycznego	Głębokość podłoża H (m)
Wisznice	200	436
Łuków	100	926
Radzyń	53	1668
Kapłonosy	45	1877

nego, tzn. gdy ośrodek składa się z warstw jednorodnych i poziomo zalegających. Jeżeli jednak w utworach osadowych nastąpi np. zafałdowanie warstw, w tym warstw wysokoopornościowych, to ich przewodnictwo elektryczne może silnie wzrosnąć i wówczas natężenie pola tellurycznego zależeć będzie nie tylko od zmian głębokości stropu podłoża krystalicznego, ale również od zmian głębokości wysokoopornościowej warstwy w nadkładzie (możliwość śledzenia struktur osadowych). Te dwa przypadki zachodzą na obszarze niniejszych badań tellurycznych.

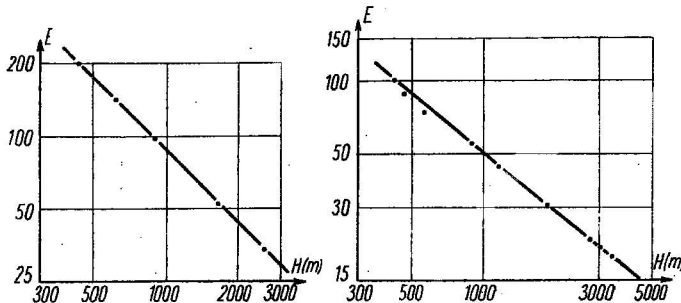


Fig. 4. Zależność natężenia pola tellurycznego od głębokości podłoża krystalicznego wyznaczona na podstawie pomiarów PGPIN

Dependence of telluric field intensity upon depth of crystalline basement, determined on the basis of the measurements made by the Geophysical Enterprises of Petroleum Industry

Fig. 5. Zależność natężenia pola tellurycznego od głębokości podłoża krystalicznego (obszar północno-wschodni) wyznaczona na podstawie pomiarów PPG

Dependence of telluric field intensity upon depth of crystalline basement (north-eastern area) determined on the basis of the measurements made by Geophysical Enterprise

Rozważmy dyskutowany problem również w innej płaszczyźnie. Znamy są nam pewne podstawowe ogólne dane odnośnie do budowy geologicznej tego rejonu. Danych tych dostarczają przede wszystkim otwory wiertnicze, a także w pewnej mierze inne badania geofizyczne (sejsmika, sondowania elektrooporowe, grawimetria, magnetyka). Te dane to: duże zróżnicowanie głębokości stropu podłoża krystalicznego, uskoki występujące w tym podłożu (np. znany uskoki Hanny), zasięg niektórych utworów (np.

dewonu) oraz występowanie wydłużonej struktury Kocka. Te wszystkie elementy budowy geologicznej zarejestrowane są w obrazie tellurycznym. Na przykład głębokość podłoża między otworami Wisznice i Holeszów a otworem Kaplonosy zmienia się kilkakrotnie. Również kilkakrotnie zmienia się natężenie pola tellurycznego po obu stronach uskoku Hanny. Oczywiście, im większa głębokość podłoża, tym mniejsze jest natężenie pola tellurycznego i na odwrót. Podobne proporcje zmian głębokości i natężenia pola tellurycznego zachodzą między otworami Łuków IG i Radzyń IG 1. Mianowicie: blisko dwukrotnemu wzrostowi głębokości (z 910 m na 1670 m) odpowiada blisko dwukrotne zmniejszenie natężenie pola tellurycznego (ze 100 na 55). W tych przypadkach zachodzi więc ścisła zależność proporcjonalna. Są to fakty o dużym znaczeniu dla rozważanego problemu.

Tabela 2

Rodzaj danych	Średnie natężenie pola tellurycznego (E)	Głębokość podłoża H (m)
Otwory		
Wisznice	100	436
Holeszów	90	466
Kaplonosy	30,6	1877
Dane sejsmiczne		
rejon 40 p. tell.	75	580
150 p. tell.	56	900
71 p. tell.	50	1000
154 p. tell.	45	1200
102 p. tell.	22	2800
PSE		
11/12	60	840
41/42	21	3000
25/26	19	3560

Reasumując można stwierdzić, że na wyniesieniu łukowsko-wisznickim na rozkład natężenia pola tellurycznego w głównej mierze wpływać będą zmiany głębokości stropu podłoża krystalicznego. W przypadku jednak, gdy w nadkładzie pojawiać się będą silne niejednorodności opornościowe (np. zafałdowania warstwy wysokoopornościowej) — to wówczas natężenie tego pola będzie również od tych zaburzeń w nadkładzie. W tych przypadkach efekty te mogą się nakładać, a ich rozdzielenie nie zawsze może być proste.

Następnym zadaniem było szukanie empirycznych związków ilościowych pomiędzy natężeniem pola tellurycznego a głębokością podłoża krystalicznego. Oczywiście i w tym przypadku za punkt wyjściowy przyjęto otwory wiertnicze osiagające podłoże, przy których wykonano obserwacje telluryczne. Są to otwory: Łuków IG 1, Radzyń IG 1, Wisznice IG 1 oraz Kaplonosy IG 1. Głębokość nie zwietrzałego i wysokoopornościowego podłoża krystalicznego brano z pomiarów karotażowych. Dane te zestawiono w tab. 1. Wartości średniego natężenia pola tellurycznego podane w tabeli pochodzą z pomiarów PGPIN. Zależność tę przedstawiono graficznie na

fig. 4. Jest to prosta nachylona do osi odciętych pod kątem 45° . Należy podkreślić, że rozrzut punktów, na podstawie których wykreślono tę prostą, jest minimalny. Ponieważ zdjęcie PPG posiada inny punkt odniesienia dla tego obszaru, należało wyznaczyć nową zależność $E = f(H)$. Podstawowych danych dostarczają tu otwory Wisznice, Holeszów i Kaplanosy, przy których wykonano pomiary telluryczne i które stwierdziły duże różnice głębokości podłoża. Ponadto wykorzystano częściowo dane uzyskane z badań sejsmiki refrakcyjnej i PSE, które starano się tak dobrać, aby dotyczyły różnych głębokości podłoża.

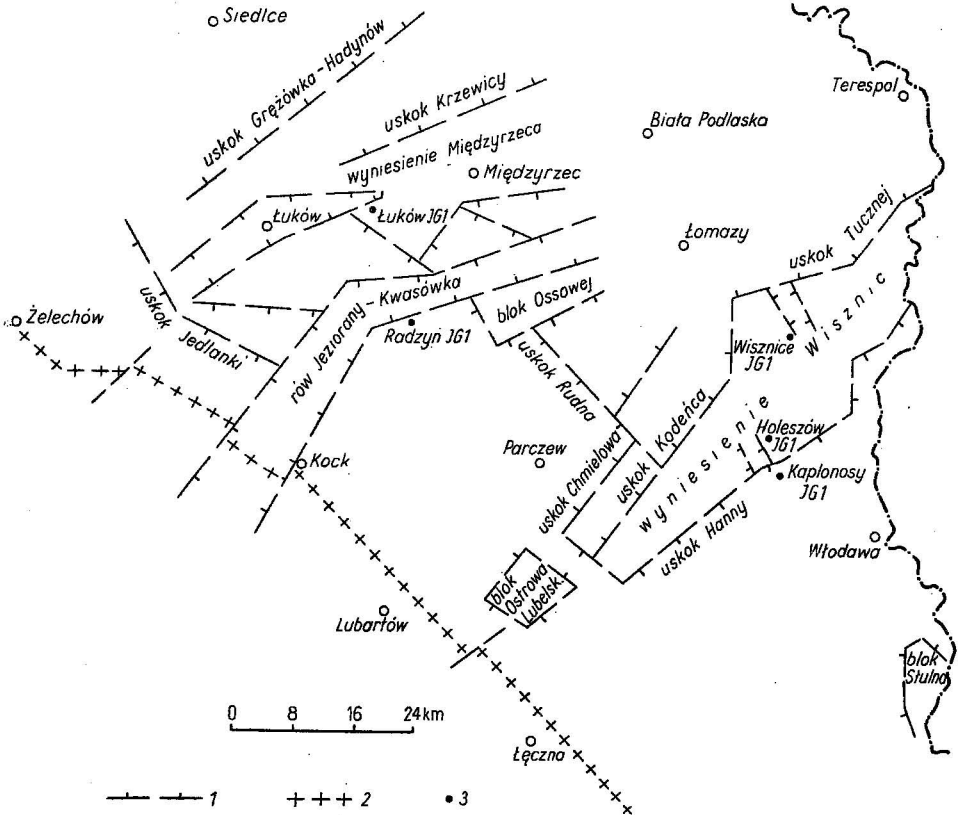


Fig. 6. Mapa tektoniczno-strukturalna
Tectonic-structural map

- 1 — uskoki; 2 — oś struktury Kocka; 3 — otwory wiertnicze
1 — faults; 2 — axis of Kock structure; 3 — bore holes

Interpretację krzywych PSE przeprowadzono ponownie, a następnie dla upewnienia się skonstruowano (przy pomocy obliczeń na maszynie cyfrowej) krzywe teoretyczne i porównano z polowymi. Dla części krzywych otrzymano od razu dobrą lub nawet bardzo dobrą zgodność (np. dla $S_{25/26}$), dla innych mniejszą i w tych przypadkach powtórnie reinterpretowano zgodnie ze wskazówkami, jakie wynikały z krzywych teoretycznych. Ostatecznie przyjęto dane wyjściowe przedstawione w tab. 2 i na fig. 5.

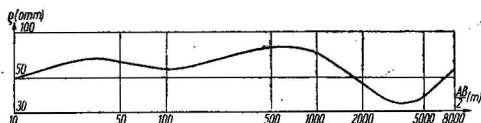
Zależności przedstawione na fig. 5 posiadają dużą wymowę i mogą służyć do szacowania, a nawet interpretacji głębokościowej zdjęcia tellurycznego w aspekcie śledzenia podłoża krystalicznego.

W przypadku zdjęcia PGPN zależność podana na fig. 4 nie może być przyjęta dla całego obszaru, szczególnie dla części południowo-zachodniej i południowej. Na tak dużym obszarze mogą pojawiać się lokalne niejednorodności opornościowe w nadkładzie, na co wskazują zresztą dane geologiczne (np. struktura Kocka). Niemniej jednak istniejące materiały telluryczne pozwoliły na opracowanie mapy tektoniczno-strukturalnej omawianego rejonu (fig. 6).

WYNIKI BADAŃ

Przedstawiony obraz tektoniki tego obszaru jest obrazem nowym w porównaniu ze znanym z publikacji dotyczących tego rejonu. Dotyczy to nawet znanego uskoku Hanny. Badania telluryczne wniosły uzupełniające dane dotyczące lokalizacji i wielkości zrzutu tego uskoku. Długość uskoku Hanny na terenie Polski wynosi ok. 55 km, jego przebieg, szczególnie w części NE, jest zaburzony. W okolicy wsi Dołhobrody uskok ten ulega załamaniu i poprzez wieś Hanna przebiega na północ do wysokości Sławatycz, następnie ulega załamaniu po raz drugi, przyjmując kierunek NE, zdąża do Bugu i na pewnym odcinku przebiega równoległe do tej rzeki. Wielkość zrzutu uskoku Hanny jest różna na różnych odcinkach. Jak wiadomo, w otworze Kaplonosy nawiercono podłoże na głębokości blisko 1900 m. Według danych tellurycznych w pasie przyległym do uskoku od NE podłoże leży na głębokości podobnej jak w otworze Kaplonosy, natomiast w kierunku SE od tego otworu (według danych tellurycznych i głębokiego sondowania elektrooporowego) podłoże ulega dalszemu zagłębieniu. Na podstawie interpretacji krzywej sondowania 25/26 (fig. 7) wyko-

Fig. 7. Wykres sondowania elektrooporowego nr S 25/26
Diagram of resistivity logging
No S 25/26



nanego ok. 4 km na SE od tego otworu określono, że podłoże występuje na głębokości ok. 3500 m. Jest to wynik dość zaskakujący, gdyż według badań sejsmicznych podłoże w rejonie Włodawy leży na głębokości zbliżonej do tej, jaką stwierdzono w Kaplonosach. Między Kaplonosami i Włodawą występuje więc rów w podłożu, miąższość paleozoiku gwałtownie tu wzrasta (fig. 8). W kierunku SW od otworu Kaplonosy głębokość podłoża również systematycznie wzrasta. W pobliżu otworu Krowie Bagno występuje na głębokości około 3100 m (dane na podstawie sejsmiki i interpretacji krzywej sondowania elektrooporowego nr 41/42). Według danych tellurycznych wyniesione skrzydło uskoku Hanny w znacznej swej części leży na głębokości 400–500 m. Tak więc wielkość zrzutu omawianego uskoku wynosi od 1,5 km do ponad 2 km.

Uskok Hanny ogranicza od strony SE najbardziej wypiętrzoną część podłoża krystalicznego, zwaną wyniesieniem Wisznic lub wyniesieniem Sławatycz. (Tu należy zaznaczyć, że ta ostatnia dość rozpowszechniona

nazwa nie jest adekwatna, ponieważ Sławatycze nie leżą na wyniesieniu, lecz po zrzuconej stronie uskoku Hanny, tj. tam, gdzie podłoże występuje na głębokości około 2 km.).

Wyniesienie Wisznic — przebiegające od Sosnowicy do Kodenia — również od strony zachodniej i północnej obcięte jest uskokami. Uskok zachodni nazwałem uskokiem Kodeńca, a północny — uskokiem Tuczej. Wielkość zrzutu tych uskoków jest znacznie mniejsza od zrzutu uskoku Hanny. Średnia wielkość zrzutu tych uskoków wynosi od 200 do 300 m. Strop omawianego wyniesienia w przeważającej części leży na głębokości 400 do 500 m, niekiedy poniżej 400 m (np. punkty telluryczne nr 117, 118, 31). Głębokość ta łagodnie wzrasta na NE i SW krańcach tego wyniesienia, w okolicach Sosnowicy wynosi blisko 800, a nawet 1000 m.

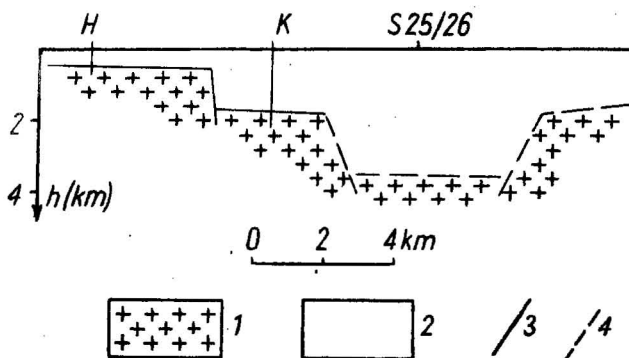


Fig. 8. Przekrój Holeszów — Kaplonosy — Adampol
Cross section Holeszów — Kaplonosy — Adampol

1 — podłoże krystaliczne; 2 — utwory osadowe; 3 — uskoki stwierdzone; 4 — uskoki prawdopodobne
1 — crystalline basement; 2 — sedimentary deposits; 3 — certain faults; 4 — supposed faults

Na SW od wyniesienia Wisznic zdjęcie telluryczne zarejestrowało nowy element w okolicy Ostrowa Lubelskiego, nazwany przeze mnie blokiem Ostrowa Lubelskiego. Jest to prawdopodobnie lokalne wypiętrzenie podłoża, występujące dość głęboko; wykonany tu otwór Kolechowice IG 1 do 1402 m zakończony został w karbonie. Blok ten z pewnością posiada wglębne połączenie z wyniesieniem Wisznic, może więc stanowić jego południowo-zachodnie zakończenie. O tym wglębnym połączeniu może świadczyć chociażby otwór Orzechów IG 1, który na głębokości 1199 m zakończony został w kambrze dolnym, co wskazuje, że strop podłoża występuje na niewiele większej głębokości.

Strop podłoża w kierunku zachodnim od omówionego wyniesienia ulega znacznemu zagłębieniu poprzez uskoki Kodeńca, Chmielowa, Rudna i jeden nie nazwany, a leżący kilka km na W od miejscowości Wisznice. Wielkość zrzutu uskoku Chmielowa wynosi od około 200 m w części NE, do ponad 400 w części SW. Natomiast zrzut uskoku Rudna wynosi ok. 400 m.

Na SW od uskoku Rudna, między Radzyniem i wyniesieniem Wisznic, podłoże nie wykazuje większego zuskokowania i zapada monoklinalnie.

Interesującym elementem dotychczas nigdzie nie sygnalizowanym jest stosunkowo wąskie, a długie zagłębienie podłoża leżące na zachód i północ od Radzyna. Formie tej nadałem nazwę rowu Jeziorany — Kwasówka. Prześledzony on został na znacznej przestrzeni, bo na długości ok. 60 km. Największą szerokość posiada on w rejonie Kocka, w kierunku północnym stopniowo się zęża, a w rejonie Radzyna załamuje się, zmieniając kie-

runek ku wschodowi. Wielkości zrzutów uskoków ograniczających ten rów, a szczególnie głębokości rowu są mocno zróżnicowane. Najmniejszą głębokość notuje się w NE w części rowu, tj. w pobliżu Łomaz, w kierunku SW głębokość systematycznie wzrasta, np. na przekroju Radzyń IG 1 — Zembry IG 1 dno tego rowu występuje na głębokości ok. 2200 m, czyli w stosunku do otworu Radzyń IG 1 różnica wynosi ponad 500 m (fig. 9). Przekrój geologiczny tego odcinka jest dość złożony i znacznie odbiega od obrazu przedstawionego przez A. M. Żelichowskiego (1968).

Na północ od wymienionego rowu występuje rozległe wypiętrzenie podłoża, rozciągające się od okolic Łukowa, poprzez Międzyrzec, Białą Podlaskę, dochodzące prawdopodobnie aż do Terespoła, gdyż według zdjęcia wykonanego przez PPG na zachód od Terespoła rysuje się również wyraźna anomalia dodatnia. Wypiętrzenie to w rejonie Łukowa i Międzyrzecza jest silnie pocięte uskokami (najważniejsze uskoki zaznaczono na mapie — fig. 6). Od strony SW obcięte jest uskokiem Jedlanki, a od strony NW — uskokiem Grężówka — Hadynów, który jest jednocześnie południowo-wschodnią granicą zapadliska podlaskiego.

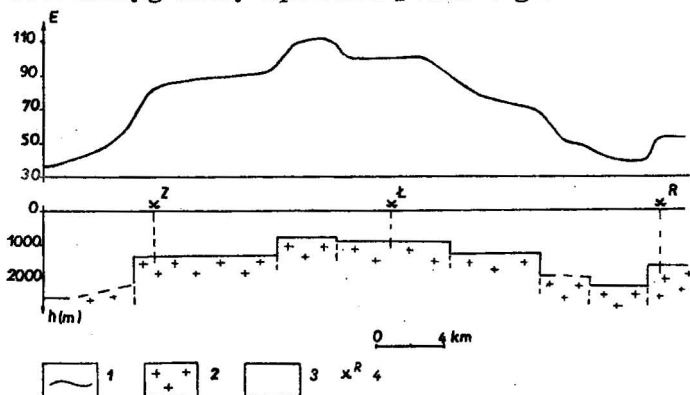


Fig. 9. Przekrój Radzyń — Zembry

Cross section Radzyń — Zembry

1 — profil telluryczny; 2 — podłoże krystaliczne; 3 — utwory osadowe; 4 — otwory wiertnicze

1 — line telluric; 2 — crystalline basement; 3 — sedimentary deposits; 4 — bore hole

W otworze Łuków IG 1 stwierdzono podłoże na głębokości nieco ponad 900 m, nie są to jednak najwyższe partie tego wyniesienia. Strop podłoża najpłycej leży w rejonie Międzyrzecza. Po jego stronie NE może on występować nawet tylko na głębokości rzędu 500 m. W innych miejscach podłoże leży na głębokości 1000 m, tak więc głębokość stropu podłoża jest na wyniesieniu mocno zróżnicowana. Główne uskoki obcinające to wyniesienie, tj. uskoki Grężówka — Hadynów, uskoki Jedlanki i uskoki od strony SE, posiadają duże zrzuty — od kilkuset do około 1000 m. Należy jeszcze zwrócić uwagę na lokalne obniżenie stropu podłoża w okolicach Łukowa i na SW od niego.

Badania telluryczne dostarczyły również informacji dotyczących budowy struktury Kocka, tj. jej lokalizacji, przebiegu i głównych uskoków tnących tę strukturę. Struktura ta zaznacza się około 16 km na SE od

Łęcznej (otwór Zawadów IG 1) i biegnie w linii prostej na NW. Na SW od Ostrowa Lubelskiego, w pobliżu miejscowości Brzostówka, występuje uskok poprzeczny, poza którym oś struktury jest przesunięta na SW. Dalej biegnie znów w linii prostej aż do miejscowości Kock. Na zachód od Kocka uskoki ograniczające rów Jeziorany — Kwasówka tną tę strukturę. W obrębie rowu wycinek omawianej struktury przesunięty jest na SW w stosunku do odcinków sąsiednich. Dalej oś struktury przebiega bardziej na zachód aż do wysokości otworu Okrzeja 1, gdzie znów rysuje się uskok tnący poprzecznie omawianą strukturę. Za tym uskokiem oś struktury biegnie najpierw równoleżnikowo, a następnie ciągnie się łukiem aż do Żelechowa. Tak więc na podstawie zdjęcia tellurycznego prześledzono strukturę Kocka na odcinku ponad 100 km. Jej dwie kulminacje zlokalizowane są na SE od Lubartowa i Łęcznej. Na zachód od Kocka struktura ta jest mniej wypiętrzona, a w rejonie Żelechowa prawdopodobnie zanika, chociaż nie jest to pewne, ponieważ nie prowadzono zdjęć tellurycznych na W od Żelechowa.

*

Za główny wynik przedstawionych w artykule badań tellurycznych należy uznać prześledzenie struktury Kocka oraz stwierdzenie wielkiego zaawansowania tektonicznego północnej części wyniesienia zrębowego podlasko-lubelskiego (na załączonej mapie zaznaczono ponad 20 uskoków). Szczegółowsze badania, być może, doprowadzą do ustalenia jeszcze innych uskoków.

Z punktu widzenia poszukiwań ważne wydają się być wspomniane rowy w podłożu, a także wyznaczenie przebiegu struktury Kocka wraz ze stwierdzeniem jej kontynuacji od Kocka do Żelechowa, oraz granicy rozdzielającej zapadlisko podlaskie od wyniesienia podlasko-lubelskiego.

Przedsiębiorstwo Poszukiwań Geofizycznych
Warszawa, ul. Stalingradzka 34
Nadesłano dnia 8 stycznia 1970 r.

PIŚMIENNICTWO

- AIREŃ B. (1964) — Wgłębna budowa geologiczna wschodniej Polski na przekroju Suwałki — Tyszowce. *Kwart. geol.*, 8, p. 77—90, nr 1. Warszawa.
- DAJBRCWSKI A., KARACZUN K. (1956) — Morfologia podłoża prekambryjskiego w północno-wschodniej Polsce. *Prz. geol.*, 4, p. 341—344, nr 8. Warszawa.
- KRASSOWSKA A. (1965) — Przekrój geologiczny Puławy — Radzyń. *Kwart. geol.*, 9, p. 53—63, nr 1. Warszawa.
- LENDZION K. (1962) — Paleozoik na anteklizie Ślawnic. *Kwart. geol.*, 6, p. 513—525, nr 4. Warszawa.
- PAWLISZYN J. (1963) — Wyniki pierwszych prób zastosowania metody tellurycznej w Polsce. *Techn. Poszuk.* nr 8, p. 13—19. Warszawa.
- SKORUPA J. (1959) — Morfologia magnetycznie czynnego podłoża krystalicznego w północno-wschodniej Polsce. *Biul. Inst. Geol.* 160. Warszawa.

- SKORUPA J., MLYNARSKI S. (1962) — Próba przedstawienia budowy geologicznej Lubelszczyzny i południowego Podlasia w nawiązaniu do geofizycznych prac regionalnych. Prace Inst. Geol., 30, cz. III, p. 525—561. (Warszawa.
- SOKOŁOWSKI S., ZNOSKO J. (1958) — Mapa tektoniczna Polski. W: Atlas geologiczny Polski, tabl. 7. (Warszawa.
- WIĘRZCHOWSKA-KUCIŁOWA K. (1968) — Wgłębna budowa geologiczna między Sokołowem Podlaskim a Łukowem w świetle nowych wierceń przemysłu naftowego. Geofiz. i geol. naft. nr 11—12, p. 308—314. Kraków.
- ŻELICHOWSKI A. M. (1968) — Karbon na obrzeżeniu wyniesienia Sławatycz. Kwart. geol., 12, p. 251—257, nr 2. Warszawa.

Юзеф СТАЙНЯК

ТЕКТОНИКА ГОРСТОВИДНОГО ПОДЛЯССКО-ЛЮБЛИНСКОГО ПОДНЯТИЯ В СВЕТЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕЛЛУРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Резюме

В 1961—62, а также 1964—67 годах в северной части горстовидного Подляско-Люблинского поднятия были выполнены теллурические измерения. Вторичная интерпретация этих материалов, произведенная автором статьи, позволила по новому представить тектонику этого района.

Опираясь на известные электрические свойства залегающих здесь пород, вычислены магнитотеллурические кривые, которые позволили установить, что напряженность теллурического поля в основном зависит от морфологии кристаллического фундамента. Однако, на части исследуемой территории появляются также аномалии, связанные со складчатостью осадочных пород высокого сопротивления.

Зная глубину залегания фундамента в нескольких скважинах или определенную при помощи других геофизических методов, установлена связь между напряженностью теллурического поля и глубиной залегания фундамента. Эта зависимость пригодилась при составлении карты кристаллического основания северной части описываемого элемента (фиг. 6). Одним из главных результатов этих исследований является показание далеко продвинувшегося тектонического развития этого элемента. Здесь имеется система поднятых или опущенных блоков. Особенно интересным является выявление наличия в фундаменте погруженных форм, а также указание к северу от Лукова границы, делящей два геологических элемента I ряда (Подлясская впадина и описываемое поднятие). Прослежена также осадочная структура Коцка с указанием её положения на отрезке от Коцка до Желехова.

Józef STAJNIAK

TECTONICS OF THE PODLASIE-LUBLIN HORST ELEVATION IN THE LIGHT OF TELLURIC MEASUREMENTS

Summary

In the periods 1961—1962 and 1964—1967 regional telluric surveys were made in the northern part of the Podlasie-Lublin horst elevation. The reinterpretation of these materials made by the present author allowed him to obtain a new tectonic outline of the area considered.

On the basis of the electric properties of the rocks examined, magnetotelluric curves were calculated. As a result of this it was ascertained that the intensity of telluric field mainly depends upon the morphology of the crystalline basement. However, a part of the area in study reveals also anomalies related to the folding of the high-resistivity sediments.

On the data obtained by several drillings and by means of geophysical methods relations were established between the telluric field intensity and the depth of the basement. These relations were a basis to plot a tectonic map of the crystalline basement of the northern part of this unit (Fig. 6). Determination of the great tectonic development of this unit is one of the main results of the study. There occurs here a system of blocks, which are elevated or downthrown. Of particular interest are here also the results of the investigation of grabens in the basement and the determination of boundary between two geological units of I order, situated north of Łuków (the Podlasie depression and the elevations considered). In addition, the sedimentary structure of Kock was investigated, and its continuation between Kock and Żelechów was traced.