

Artur POREBA¹, Wacław M. ZUBEREK², Maria ŁANCZONT³, Jolanta NOGAJ-CHACHAJ⁴

ROZPOZNANIE POKRYW LESSOWYCH METODĄ PSEUDOTOMOGRAFII OPORU
RECOGNITION OF THE LOESS COVERS BY USING A RESISTIVITY IMAGING METHOD

Abstract

A main aim of research work was to recognize loess covers by geoelectrical method for three tipped areas, to define loess thickness and show their variability. Resistivity imaging method was used. To research chose Kańczuga Plateau, Nałęczów Plateau and Prydnistrov'ja region (Ukraine). There were used resistivity imaging methods, and the work results were corelated with geological documentation of the research area. The research showed variability in loess covers related to their stratigraphy and allow determine thickness loesses deposit.

Key words: resistivity imaging method, loess thickness

Wstęp

Lessy występujące w południowo-wschodniej części Polski oraz w zachodniej części Ukrainy są fragmentem równoleżnikowej strefy, biegnącej od atlantyckich wybrzeży Francji do Uralu. Osady lessowe tworzą charakterystyczne pokrywy, o znacznej miąższości.

Głównym celem prac badawczych była próba rozpoznania metodą geoelektryczną pokryw lessowych dla trzech wytypowanych obszarów, a więc określenie ich miąższości oraz wykazanie zmienności cech litologicznych. Do badań wybrano obszar Wysoczyzny Kańczuckiej, Płaskowyżu Nałęczowskiego oraz przydniestrzańską część Wyżyny Podola (Ukraina). Zastosowano metodę obrazowania elektroopornościowego (ERT, Electrical Resistivity Tomography), a rezultaty w formie przekrojów oporności właściwej korelowano z dostępną dokumentacją geologiczną obszarów badań.

Metodyka prac badawczych

W badaniach zastosowano metodę obrazowania elektroopornościowego (ERT), wykorzystując aparaturę LUND Imaging System szwedzkiej firmy ABEM. W pracach zastosowano układy 41 oraz 61 elektrodowe z najmniejszym rozstawem elektrod w przedziale od 4 do 10m (0,5m dla badań płytkich). Zastosowano protokół pomiarowy Schlumbergera, a dane modelowano i interpretowano w programie Res2Dinv, który do obliczenia oporności rzeczywistej wykorzystuje algorytmy inwersyjne (Loke and Dahlin, 2002, Loke, 2004). Do uzyskania modeli 2-D oporności górotworu wykorzystano inwersję gładką, a maksymalna ilość iteracji, czyli kolejnych cykli dopasowania modelu do uzyskanych danych nie przekroczyła 5. Dla wszystkich opracowanych modeli średni błąd kwadratowy (RMS, wartość ta podana jest na każdym z przekrojów) zawierał się w przedziale od 1,4 do 7,1, a natężenie prądu dla elektrod zasilających miało wartość 100 i 200mA. Do przekrojów wprowadzono poprawkę topograficzną na wysokość elektrod.

Lokalizacja i geologia obszarów badań

Wysoczyzna Kańczucka

Obszar badań położony jest w południowej części Kotliny Sandomierskiej, kilka kilometrów na SW od Jarosława, pomiędzy Cieszacinem Wielkim a Pawłosiowem. Pokrywa czwartorzędowa w rejonie badań jest zmiennej miąższości (od kilku do kilkudziesięciu metrów) i złożona jest głównie lessów oraz osadów glaciogenicznych (głina zwałowa, piaski i żwiry fluwioglacjalne, ily

¹ doktorant, Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, Sosnowiec, aporeba@wnoz.us.edu.pl

² prof. dr hab. inż., Wydział Nauk o Ziemi, Sosnowiec, zuberek@us.edu.pl

³ prof. dr hab., Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, Instytut Nauk o Ziemi, Lublin, lanczont@biotop.umcs.lublin.pl

⁴ dr, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin, Katedra Archeologii, jnogaj@klio.umcs.lublin.pl

zastoiskowe). W podłożu osadów czwartorzędowych znajdują się utwory miocenu autochtonicznego strefy zewnętrznej zapadliska przedkarpackiego. Są to głównie iły miocenijskie. Głębokość zalegania skał podłoża jest dość zróżnicowana, co wiąże się z miąższością osadów czwartorzędowych. Z dostępnych badań i odwiertów archiwalnych, w odległości do 10 km od rejonu badań iły stwierdzono na głębokości od 7,5 do 43 metrów (Alexandrowicz & Łanczont, 2001, ZGiUG, 1991, WODROL, 1998). Zwierciadło wód występuje najczęściej w spągu utworów czwartorzędowych.



Fig.1 Lokalizacja rejonów badań. 1. zasięg pokryw lessowych, 2. granica Karpat.

Plaskowyż Nałęczowski

Obszar badań położony jest w zachodniej części Wyżyny Lubelskiej, pomiędzy Nałęczowem a Kazimierzem Dolnym. Profil pomiarowy zlokalizowano na garbie lessowym, na wysokości ok. 210 m n.p.m. w okolicy wsi Karmanowice. Czwartorzędowa pokrywa zbudowana jest z lessów o miąższości do 20 m oraz glin zwałowych zlodowacenia środkowopolskiego. Podłoże osadów czwartorzędowych jest reprezentowane głównie przez utwory górnej kredy i dolnego paleogenu, wykształcone jako gezy i opoki, lokalnie piaski i mulki (Harasimiuk & Henkiel, 1976). Wody podziemne występują na znacznych głębokościach, głównie w spągowych partiach lessu lub w stropie glin zwałowych, a także w lokalnych wkładkach piaszczystych (Malinowski, 1959).

Przydniestrzańska część Wyżyny Podola

Obszar badań położony się kilka kilometrów na południe od miasta Halicz, na płacie wysokiej piątej (ok. 295 m n.p.m.) terasy plejstocenijskiej Dniestru. Terasę halicką budują aluwia Dniestru (piaski i żwiry o miąższości do 10 metrów) oraz lessowa pokrywa o miąższości do 40-50 m, złożona z ogniw reprezentujących 5 kolejnych zlodowaceń plejstocenijskich. Wyniki wierceń oraz odsłonięcia geologiczne wskazują na znaczne zróżnicowanie pokrywy – występuje tutaj szereg przewarstwień wzbogaconych w frakcję piaszczystą (nawet do 30 i 50%), zwłaszcza w dolnej części pokrywy lessowej. Osady czwartorzędowe zalegają na cokole zbudowanym ze skał wieku kredowego, położonym około 245 m n.p.m. (Łanczont & Boguckij, 2002).

Analiza wyników

Wysoczyzna Kańczucka

Pomiary zrealizowano na dwóch profilach pomiarowych. Pierwszy profil pomiarowy (Fig.2), o długości 400m usytuowano w części szczytowej lessowego garbu. Profil miał długość 400 metrów, a odległość między kolejnymi elektrodami wynosiła 5m. Na przekroju oporności właściwej zaobserwowano 4 warstwy (Fig. 1). Pierwsza charakteryzuje się opornością w przedziale 40-60 Ω m i miąższością rzędu 5-15m i występuje na całej długości profilu pomiarowego. Druga warstwa ma wartość oporności rzędu 15-30 Ω m i miąższość od kilku do ok. 15 metrów. Poniżej znajduje się warstwa o oporności 10-15 Ω m, dla której nie określono spągu. Drugi profil (Fig. 3) o długości 800m i odległością między kolejnymi elektrodami wynoszącą 10 metrów zlokalizowano u podnóża garbu, w poprzek doliny niewielkiej rzeki, która jest dopływem Mleczyki Wschodniej. Podobnie jak w przypadku pierwszego profilu uzyskano wartości oporności w przedziale 10-60 Ω m. Wydzielono warstwę o oporności rzędu 25-60 Ω m i miąższości do 20m. Poniżej zalega warstwa niskoopornościowa (10-25 Ω m) której strop względem powierzchni jest zróżnicowany, a granica względem warstwy pierwszej cechuje się niskim kontrastem. Odległość między profilami wynosiła ok. 2,5km, a różnica wysokości ok. 25m.

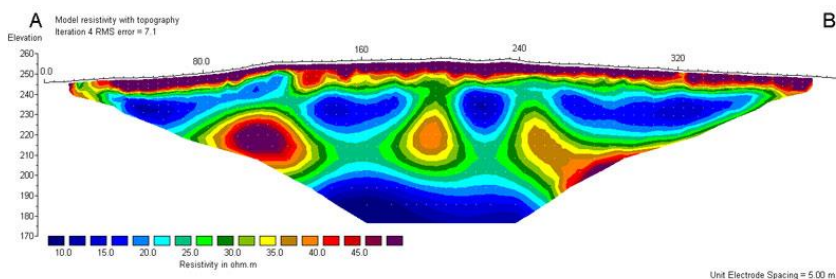


Fig.2 Model oporności właściwej – profil nr 1 (Cieszacin Wielki).

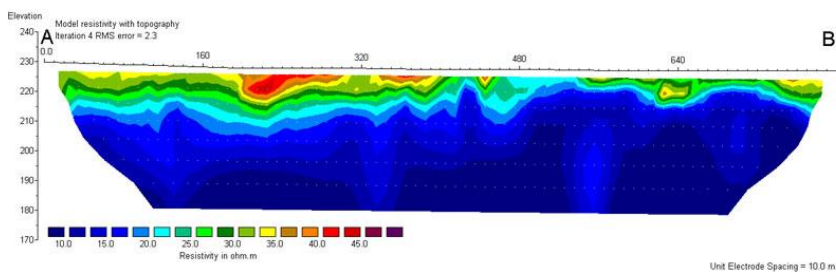


Fig.3 Model oporności właściwej – profil nr 2 (Cieszacin Wielki).

Plaskowyż Nałęczowski

Na modelu oporności właściwej (Fig. 4) zaobserwowano zmiany mierzonego parametru w zakresie 20-110 Ω m. Warstwa pierwsza, o oporności właściwej rzędu 45-110 Ω m ma miąższość ok. 20m w części początkowej przekroju (A), a w części końcowej (B) jej miąższość wynosi ok. 15m. Druga warstwa o oporności rzędu 20-45 Ω m ma miąższość ponad 30m, w jej spągu oporność wzrasta.

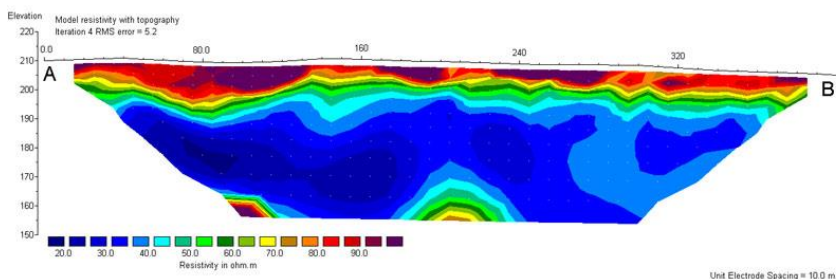


Fig.4 Model oporności właściwej – profil nr 3 (Karmanowice).

Przydniestrzańska część Wyżyny Podola

Na modelu oporności właściwej zaobserwowano zmiany mierzonego parametru w zakresie od 20-do ok. 90 Ω m (Fig. 5, zastosowano skalę liniową w zakresie 20-60 Ω m). Jako warstwę pierwszą przyjęto przypowierzchniową część, zaznaczającą się do głębokości ok. 20m o krzywoliniowym horyzoncie i znacznych wahanich oporności (30-60 Ω m). Druga warstwa ma miąższość ok. 10-25m i wartość oporności oscyluje od 20 do ponad 30 Ω m. Poniżej wyznaczono trzecią warstwę o oporności 40-90 Ω m, której na modelu zaznaczył się jedynie strop.

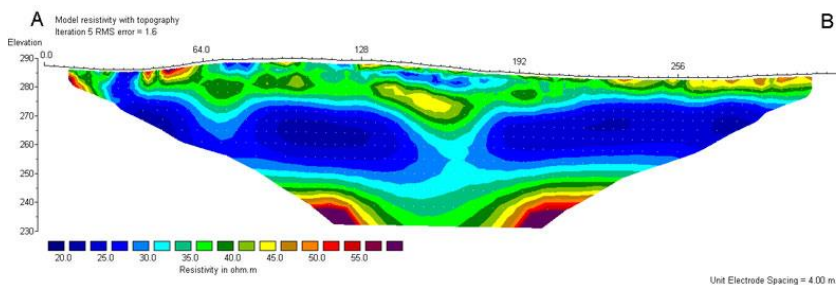
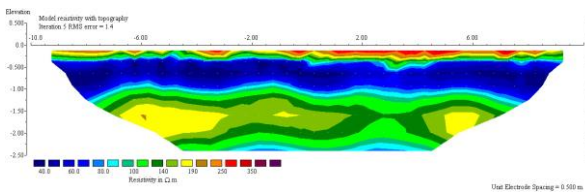


Fig.5 Model oporności właściwej – profil nr 4 (Halicz).

Przypowierzchniowe rozpoznanie lessów w rejonie Płaskowyzu Nałęczowskiego Dodatkowo przeprowadzono pomiary w celu rozpoznania przypowierzchniowej części pokryw lessowych (do głębokości kilku metrów). Dla uzyskania wyskorozdzielczego, płytkiego przekroju geoelektrycznego zastosowano również metodę ERT (najmniejsza odległość między elektrodami wynosiła 0,5m, a głębokość zastabilizowania elektrod w gruncie ok. 10cm). W artykule przedstawiamy jeden przykład modelu oporności właściwej, wykonany na stoku lessowym, użytkowanym rolniczo w rejonie Karmanowic (Fig. 6), który zestawiony jest z wynikami wierceń i fotografią profilu. Na przekroju obserwuje się trzy warstwy: pierwsza warstwa o miąższości 0,3-0,5m i oporności w przedziale 90-450 Ω m, druga warstwa o miąższości 0,5-0,8m i oporności w przedziale 40-60 Ω m oraz poniżej warstwa o miąższości powyżej 1m o oporności właściwej rzędu 90-180.



Głębokość [m]	Litologia
0-0,3	Poziom humusowy, pylasty
0,3-0,9	Poziom Bt1, utwór pylasto-ilty rdzawy
0,9-1,1	Poziom Bt2, utwór pylasty, beżowo płowy
>1,1	Less żółty, skała macierzysta

Fig.6 Zestawienie modelu oporności właściwej do głębokości 2,5m, fotografii wiercenia, wykonanego w punkcie 0,0m przekroju oraz litologia, analizowana na podstawie wiercenia.

Dyskusja wyników

Do interpretacji przekroju elektroopornościowego w rejonie Wysoczyzny Kańczuckiej wykorzystano materiały z wierceń oraz sondowań elektroopornościowych, zlokalizowanych i wykonanych w celu wyznaczenia poziomów wodonośnych dla zaopatrzenia ludności w wodę (ZGiUG, 1991, WODROL, 1978). Pierwsza warstwa koreluje się z pokrywą lessową, a jej miąższość wiąże się z morfologią terenu. Druga wyznaczona warstwa odpowiada miąższości oraz głębokości występowania w rejonie badań serii glin zwałowych, trzecia koreluje się z serią piasków i żwirów fluwioglacjalnych (zawodnionych w części spągowej). Dolna, niskoopornościowa część przekroju odpowiada głębokości zalegania ilów miocenu. Na przekroju, który realizowano w części dolinnej nie zaobserwowano warstwy wiązanej z piaskami, a podobna wartość oporności glin zwałowych oraz ilów miocenińskich nie pozwala na wydzielenie metodą obrazowania elektroopornościowego granicy między tymi osadami. Przyjmując, że osady miocenińskie zalegają na rzędnej 200 m. n.p.m., warstwa glin w tej części obszaru badań ma miąższość do ok. 20m.

Na profilu elektroopornościowym w rejonie Karmanowic pierwszą warstwę wiążemy z pokrywą lessową. Podwyższone wartości mierzonego parametru w stosunku do wartości oporności przyjętej dla lessów związane są prawdopodobnie z zapiaszczeniem. Warstwa druga odpowiada serii glin zwałowych, w której w spągu podwyższenie wartości oporności właściwej może sugerować strop utworów górnej kredy i dolnego paleogenu.

Do interpretacji przekroju elektroopornościowego w rejonie Halicza wykorzystano odsłonięcia oraz wiercenia, wykonane w odległości ok. 400m od środka profilu pomiarowego. Zarówno pierwsza jak i druga warstwa związana jest z pokrywą lessową, przy czym wyniki i analiza wierceń, wykonanych w rejonie badań wskazują na znaczne zglinienie i zażelazienie osadów, na głębokości rzędu 25-35m (obecność gleb kopalnych).

Na głębokości 40-60m wyraźny wzrost oporności koreluje się z głębokością występowania osadów aluwialnych (żwiru i piaski z poziomem wodonośnym) oraz stropu zalegających pod osadami czwartorzędu skał kompleksu kredowego.

Interpretację przekroju płytkiego rozpoznania elektroopornościowego w rejonie Karmanowic oparto na wierceniach wiertnicą ręczną. Korelację przedstawiono na Fig. 6. Wydzielona warstwa elektroopornościowa na głębokości 0,3-1,1 m odpowiada warstwie iluwium (poziom Bt), które wykształca się na skutek glebowych procesów wmywania. Poziom ten jest wyraźnie wzbogacony w związki żelaza oraz minerały ilaste.

Wnioski

Prace wykazały zmienność osadów czwartorzędowych pod względem oporności właściwej.

Za pomocą metody obrazowania oporności można określić miąższość pokrywy lessowej, jeżeli warstwa podścielająca zbudowana jest z utworów o wyraźnym kontraście mierzonego parametru. Możliwe jest również zastosowaną metodą geofizyczną wyznaczenie granicy pomiędzy osadami glacialnymi a podłożem skalnym.

Wartości oporności lessów generalnie zawierają się w przedziale oporności tabelarycznej, a zmiany oporności w warstwach interpretowanych jako lessy związane są z występowaniem wkładek piaszczystych oraz lokalnym zaileniem tych osadów, powiązanych np. z obecnością gleb kopalnych.

Z badań geologicznych wynika, że poziom wodonośny w rejonie pokryw lessowych najczęściej występuje w ich spągowej części lub bezpośrednio na utworach podłoża. Rozpoznanie miąższości pokrywy lessowej metodami geofizycznymi może więc dostarczyć informacji o hydrogeologii obszarów lessowych, zazwyczaj ubogich w wodę.

Z badań, prowadzonych przez autorów pracy wynika, że bardzo dobre wyniki rozpoznania elektroopornościowego metodą ERT uzyskuje się dla warstw przypowierzchniowych, gdzie można wyznaczyć strop lessu, nie zmienionego przez procesy glebowe oraz bez przekształceń spowodowanych aktywnością rolniczą człowieka. Przedstawiony przekrój dla płytkiego rozpoznania osadów lessowych, a w zasadzie gleby rozwiniętej na lessach wskazuje na dużą użyteczność metody obrazowania do wydzielenia granic niektórych poziomów glebowych.

Korzystne warunki pomiarowe dla metod geoelektrycznych na obszarach lessowych oraz przedstawione wyniki badań rekomendują metody elektroopornościowe do rozpoznania pokryw lessowych.

Literatura

- [1] Aleksandrowicz, S.W. & Łanczont, M. (2001): Profil lessów w Zalesiu na Pogórzu Przemyskim. In: Maruszczak, H. (ed.): Podstawowe profile lessów II. Wydawnictwo UMCS, Lublin, 128-132.
- [2] Harasimiuk, M. & Henkiel, A. (1975): Wpływ budowy geologicznej i rzeźby podłoża na ukształtowanie pokrywy lessowej w zachodniej części Płaskowyżu Nałęczowskiego. *Annales Universitatis Mariae-Skłodowska*, vol. XXX/XXXI, 4, sectio B, 55-80.
- [3] Loke, M.H. & Dahlin, T. (2002): A comparison of the Gauss-Newton and quasi-Newton methods in resistivity imaging inversion. *Journal of Applied Geophysics*, vol. 49, 149-162.
- [4] Loke, M.H. (2004): 2-D and 3-D electrical imaging surveys. Lecture notes on 2D & 3D electrical imaging surveys. web site: www.geoelectrical.com, 128.
- [5] Łanczont, M. & Boguckij, A. (2002): Badane profile lessowe i stanowiska paleolityczne Naddniestrza halickiego. In: Madeyska, T. (ed.) *Lessy i paleolit Naddniestrza halickiego*. *Studia Geologica Polonica*, vol. 119, 33-165.
- [6] Malinowski, J. (1959): Wyniki badań geotechnicznych lessu między Kazimierzem Dolnym a Nałęczowem. *Kwartalnik Geologiczny*, 3, tom 2, 425-456.
- [7] WODROL (1978): Dokumentacja odwiertów geologicznych w ramach rozpoznania wód podziemnych dla potrzeb gminy Zarzecze. Przedsiębiorstwo Zaopatrzenia Rolnictwa w Wodę WODROL, Rzeszów (documentation, not published).
- [8] ZGIUG (1991): Dokumentacja badań geofizycznych Roźwienica-Rudołowice, woj. przemyskie. Zakład Geofizyki i Usług Geologicznych, Rzeszów (documentation, not published).