

Badania magnetotelluryczne w Polsce — przeszłość, stan obecny i plany na przyszłość widziane z perspektywy Przedsiębiorstwa Badań Geofizycznych

Andrzej Gajewski*

Historia badań magnetotellurycznych liczy w Przedsiębiorstwie Badań Geofizycznych (PBG) 40 lat. Przez pierwsze trzydzieści lat wykonano w Polsce, głównie w Karpatach, kilkaset sondowań magnetotellurycznych i pomiarów tellurycznych aparaturami analogowymi, gdzie w charakterze czujników magnetycznych zastosowano systemy Bobrowa. W 1997 r. PBG zakupiło nową aparaturę magnetotelluryczną MT-1, skonstruowaną przez firmę EMI — Kalifornia, USA. We współpracy ze specjalistami z Akademii Górniczo-Hutniczej i Uniwersytetu Stanowego w Berkeley, PBG wdrożyło system do produkcji. Posiada on następujące zalety w stosunku do dotychczas stosowanych w Polsce: 1) Szeroki zakres częstotliwościowej rejestracji w przedziale 0,0005–25 000 Hz pozwalający na wiarygodną interpretację utworów leżących płycej. 2) Zastosowanie techniki referencyjnej w rejestracji i przetwarzaniu danych magnetotellurycznych, pozwalających na eliminację zakłóceń elektromagnetycznych. 3) Możliwość synchronicznej rejestracji maksymalnie 10 kanałów dla jednego zestawu aparaturowego oraz dla dowolnej liczby aparatów, co pozwoliło na eliminację wpływu niejednorodności przypowierzchniowych i na stosowanie jej w szczegółowych badaniach prospekcyjnych dla utworów względnie płytkich. Zakup i wdrożenie do produkcji systemu MT-1 zbiegł się z opracowaniem przez trzy instytucje, tj. Państwowy Instytut Geologiczny, Polskie Górnictwo Naftowe i Gazownictwo S.A. i Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych „Projektu badań magnetotellurycznych w Karpatach”. Projekt ten jest do dnia dzisiejszego realizowany. Poza tym z inicjatywy Przedsiębiorstwa Badań Geofizycznych opracowano międzynarodowy projekt nt.: „Bank danych geofizycznych i geologicznych Karpat — zebranie i unifikacja danych dla celów energetycznych i ochrony środowiska”, który będzie w przyszłości finansowany w ramach 5 programu ramowego z funduszy Unii Europejskiej. W najbliższej przyszłości Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych wystąpi z inicjatywą zastosowania wysokoczęstotliwościowego systemu MT-1 do rozwiązywania innych problemów w kraju i zagranicą.

Słowa kluczowe: geofizyka, wysokoczęstotliwościowa magnetotelluryka, system MT-1, badania regionalne i poszukiwawcze, współpraca międzynarodowa

Andrzej Gajewski — **Magnetotelluric investigations in Poland; past, presence, and future plans of the Geophysical Exploration Company in Warsaw, Poland.** *Prz. Geol.*, 49: 377–382.

Summary. The history of magnetotelluric investigations in PBG (Geophysical Exploration Company) dates back to the sixties. In Poland (mainly in the Carpathians), a few hundreds of magnetotelluric and telluric soundings with an analog equipment containing Bobrow systems as magnetic sensors had been performed for the first thirty years. In 1997 PBG purchased a new magnetotelluric equipment MT-1, manufactured by EMI company, California, USA. In cooperation with experts of the University of Mining and Metallurgy in Cracow and the State University of Berkeley (USA), PBG started implementing this system. This reveals the following advantages compared to those previously used in Poland: 1) A wide frequency range of recording 0.0005–25 000 Hz enabling reliable interpretation of shallow deposits. 2) Application of remote (reference) station technique in recording and magnetotelluric data processing that makes it possible to remove electromagnetic noise. 3) Possibility of synchronous recording of maximum 10 channels for one equipment set and for any number of equipments, which allows to remove subsurface heterogeneous influence, and the use for detailed prospecting of relatively shallow deposits. The purchase and implementation of MT-1 system coincided with preparation of "Project of magnetotelluric investigations in the Carpathians", by three institutions, eg. Polish Geological Institute, Polish Oil and Gas Company and Geophysical Exploration Company (PBG). This project is being carried out. In addition, PBG initiated the international project "The Carpathian Geodata Unification and Evaluation for the Energy and Environmental Purposes", funded by the EC Fifth Framework Programme. In the near future, PBG will apply a high-resistivity MT-1 system to solve other problems in Poland and abroad.

Key words: geophysics, high-resistivity magnetotelluric investigations, MT-1 system, regional and exploration studies, international cooperation

Badania geomagnetyczne w obszarze polskich Karpat rozpoczęto w latach sześćdziesiątych. Ich celem było rozpoznanie strefy anomalnego przewodnictwa elektrycznego, charakterystycznego dla głęboko pograżonych kompleksów korzeniowych gór fałdowych. Zastosowanym wariantem metodycznym były sondowania geomagnetyczne, dla których podstawowym materiałem interpretacyjnym są wektory Wiesego, ilustrujące związek między składową pionową i poziomą indukowanego zmiennego pola magnetycznego. W okresie ponad trzy-

dziestu lat badań, prowadzonych przez Instytut Geofizyki PAN, obszar Karpat został pokryty siatką sondowań geomagnetycznych, wykonanych wzdłuż transwersalnych profili oddalonych od siebie o ok. 50 km, przy wzajemnych odległościach punktów sondowań na profilach ok. 10–20 km (Jankowski i in., 1991). Pomiarami objęto także obszar Karpat czeskich i słowackich we współpracy z geofizykami tych krajów.

W połowie lat siedemdziesiątych rozpoczęto w obszarze karpackim badania magnetotelluryczne ukierunkowane na rozpoznanie głęboko pograżonych kompleksów fliszowych i ich podłoża, a więc na problemy znacznie płytsze w relacji do sondowań geomagnetycznych (Święcicka-Pawliszyn & Molek, 1975; Święcicka-Pawliszyn & Pawliszyn, 1978). Wykorzystano dwa warianty metodycz-

*Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych, ul. Jagiellońska 76, 03-301 Warszawa; pbg@ikp.atm.com.pl

ne metody magnetotellurycznej: sondowania magnetotelluryczne i profilowania telluryczne.

Wykonawcą badań magnetotellurycznych było Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych w Warszawie.

Sondowania magnetotelluryczne w Karpatach w mniejszym zakresie były wykonywane także przez Instytut Geofizyki PAN (Jankowski i in., 1991) i Instytut Geofizyki AGH (Miecznik i in., 1995).

W PBG, które wykonuje te prace od czterdziestu lat zostały zrealizowane liczne projekty zlokalizowane w różnych rejonach geologicznych kraju. W najszerszym zakresie badania magnetotelluryczne zostały przeprowadzone w Karpatach, gdzie w okresie 1975–1990 wykonano ok. 500 sondowań magnetotellurycznych (Święcicka-Pawliszyn, 1980; Molek & Klimkowski, 1991).

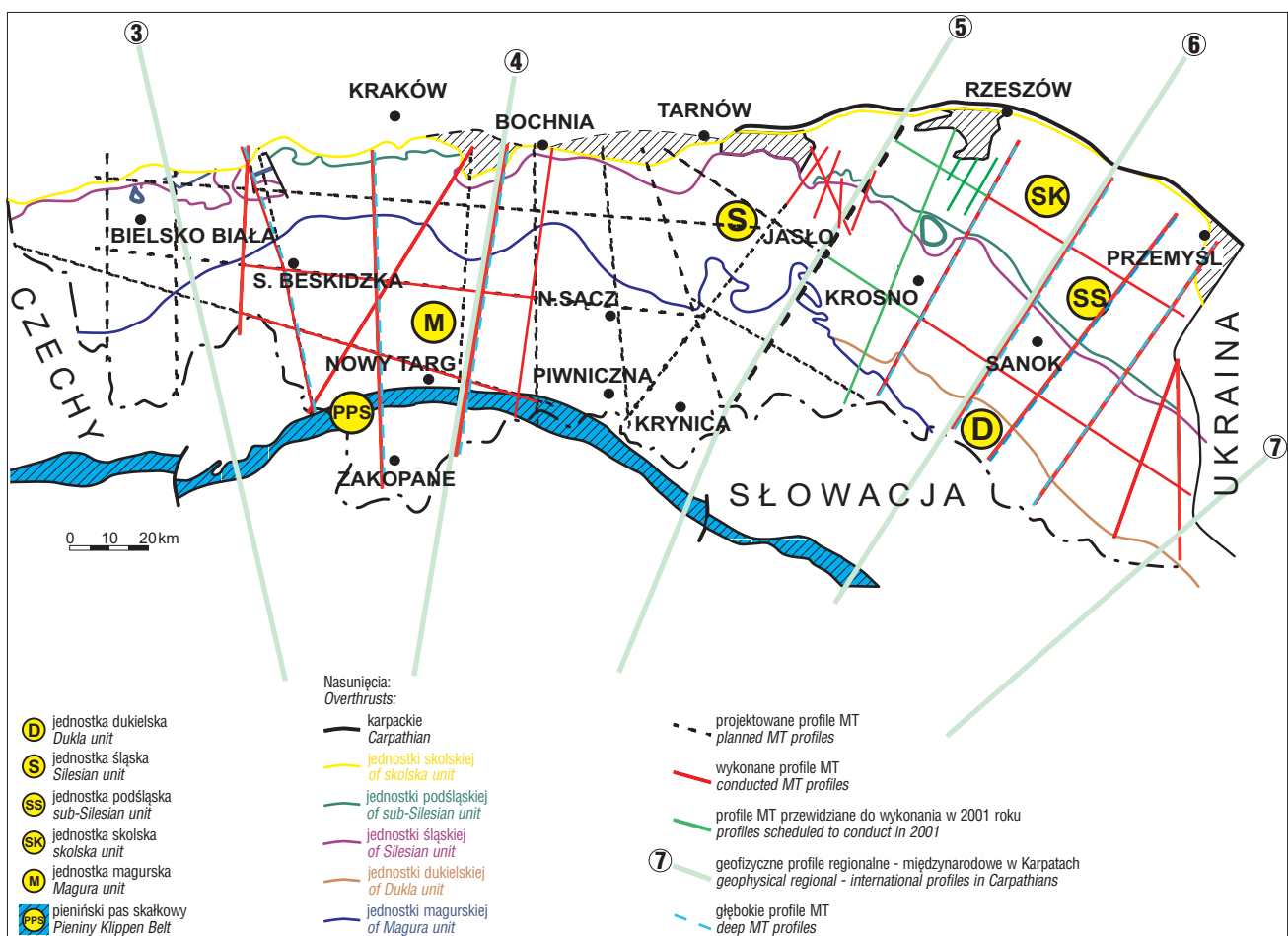
Ogólnie znane problemy ekonomiczne w latach osiemdziesiątych nie pozwoliły niestety na sukcesywną modernizację aparatury pomiarowej i metodologii badań. Na świecie natomiast w tym czasie, nastąpił burzliwy rozwój elektronicznych i informatycznych technik pomiarowych, przetwarzania i interpretacji danych. Diametralnie zmienił się w związku z tym zakres zastosowań metody magneto-

tellurycznej z głębokich badań strukturalnych na problematykę złożową, hydrogeologiczną, ekologiczną, a także na badania strukturalne o mniejszym zasięgu głębokościowym.

W sytuacji rosnącego dystansu technologicznego, pod koniec lat osiemdziesiątych Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych zrezygnowało z wykonywania badań magnetotellurycznych. Okazało się jednak, że istnieje w Polsce zainteresowanie i zapotrzebowanie na prospekcyjne badania magnetotelluryczne, wobec czego w 1996 r. w Przedsiębiorstwie Badań Geofizycznych podjęto decyzję o reaktywowaniu prac magnetotellurycznych. Prace nad tym problemem podjęto we współpracy ze specjalistami z Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie i Kalifornijskim Uniwersytetem Stanowym w Berkeley. Pod koniec 1996 r. został zakupiony najnowocześniejszy wówczas magnetotelluryczny system pomiarowy i interpretacyjny MT-1.

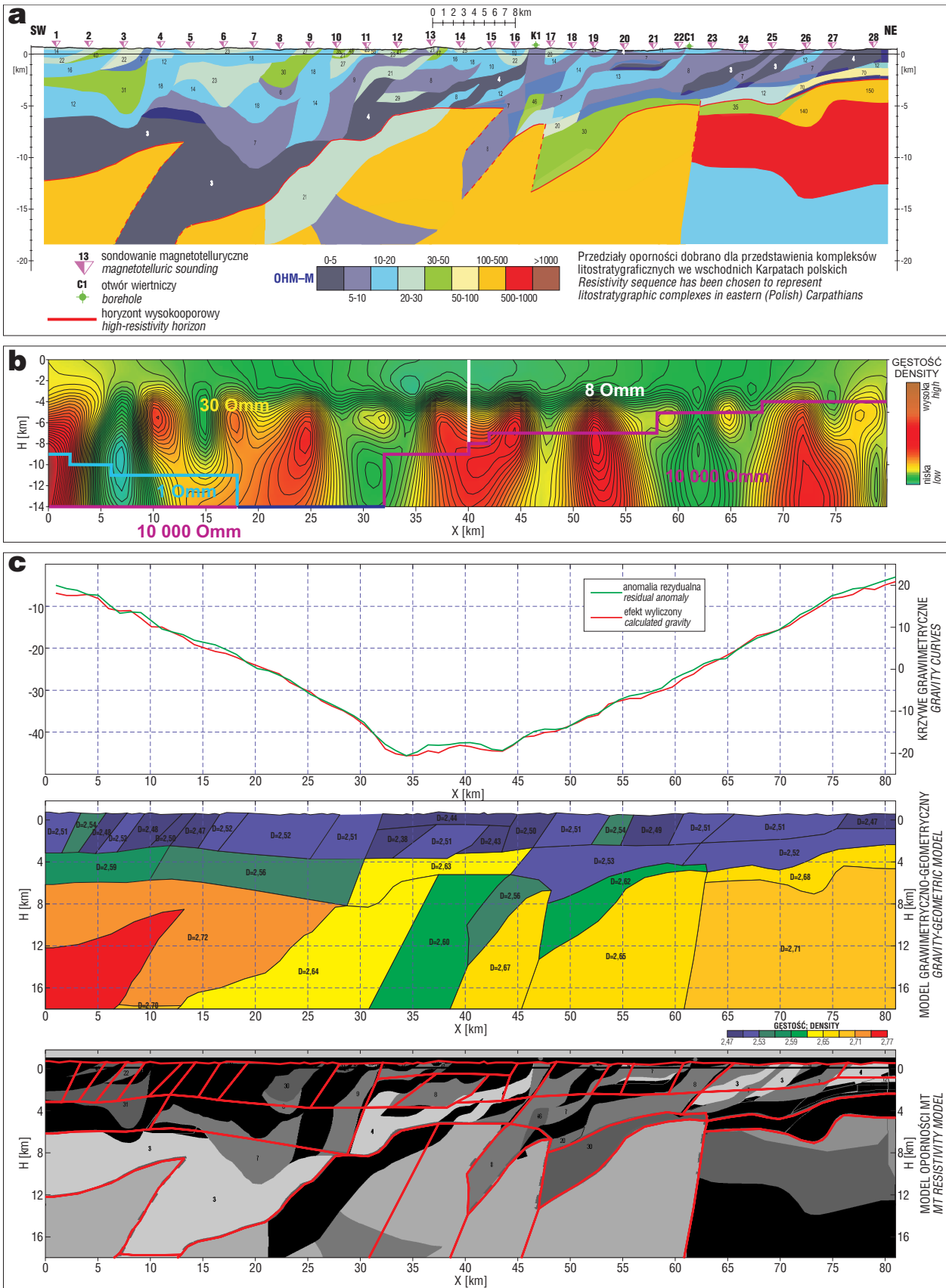
Zakup nowoczesnego systemu MT-1

System magnetotelluryczny MT-1, wdrożony w PBG w 1997 r., został skonstruowany według najnowszych stan-



Ryc. 1. Lokalizacja geofizycznych profili regionalnych — międzynarodowych na tle profili magnetotellurycznych i głównych jednostek geologicznych Karpat polskich

Fig. 1. Localization of geophysical regional — international profiles versus magnetotelluric profiles and main geological units of the Polish Carpathians



Ryc. 2. Zestawienie wyników kompleksowej interpretacji geofizyczno-geologicznej na profilu Radoszyce–Przemysł (Wójcicki & Stefaniuk, 2000); a — przekrój geoelektryczny 2–D; b — przedłużenie analityczne w dół siły ciężkości zestawione ze zgeneralizowanym modelem oporności z danych archiwalnych MT; c — modelowanie grawimetryczne

Fig. 2. Results of integrated geophysical-geological interpretation at profile Radoszyce–Przemysł (Wójcicki & Stefaniuk, 2000); a — 2D resistivity section; b — gravity downward continuation section compiled with a generalized resistivity model based on archival MT data; c — gravity modeling

dardów elektronicznych i informatycznych. Jest to zintegrowany zestaw urządzeń elektronicznych i oprogramowania obejmujący sterowaną komputerowo elektroniczną aparaturę pomiarową, pakiet programów sterujących procesem pomiarowym oraz oprogramowanie zastosowane do przetwarzania i interpretacji danych MT. Te wszystkie elementy razem wzięte zastosowane w systemie MT-1 oraz związane z nim implikacje metodyczne, pozwalają na stwierdzenie, że wdrożenie tego systemu oznaczało radykalny skok jakościowy w realizacji badań magnetotellurycznych w kraju. Za najważniejsze innowacje w stosunku do poprzednio stosowanych metod pomiarów i przetwarzania danych wprowadzone wraz z systemem MT-1 należy uznać:

— radykalne rozszerzenie zakresu częstotliwościowego rejestracji w stronę wysokich częstotliwości, w porównaniu z aparatami produkcji krajowej;

— zastosowanie techniki referencyjnej w rejestracji i przetwarzaniu danych magnetotellurycznych;

— możliwość synchronicznej rejestracji maksymalnie 10 kanałów dla jednego zestawu aparaturowego oraz dla dowolnej liczby aparatów.

Rozszerzenie zakresu częstotliwościowego rejestracji jest związane z zastosowaniem czujników indukcyjnych. Przy zastosowaniu wymiennych zestawów takich czujników zakres częstotliwościowy aparatury MT-1 mieści się w granicach 0,0005–25000 Hz. Najbardziej istotna, zwłaszcza dla badań o charakterze prospekcyjnym jest

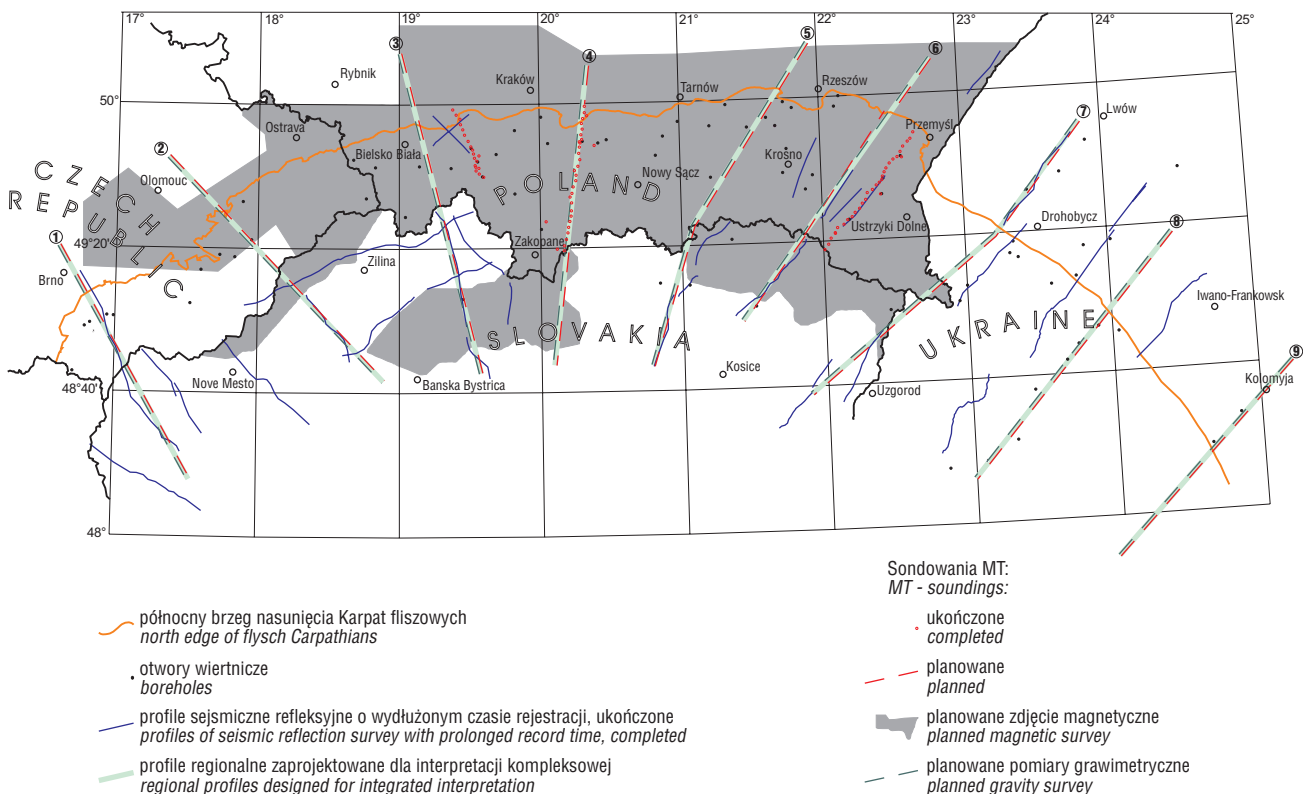
możliwość rejestracji w zakresie wysokich częstotliwości ok. 1,0–1000 Hz.

W aparaturach produkcji krajowej bazujących na magnetotellurycznych systemach Bobrowa w charakterze czujników magnetycznych, zakres pomiarowy był ograniczony w praktyce do częstotliwości niższych od 0,1 Hz. Jeżeli założymy, że minimalny i możliwy do zarejestrowania aparaturą krajową okres wariacji pola wynosił ok. 3 s, przy średniej oporności ośrodka ok. kilkudziesięciu omm, to zasięg głębokościowy aparatury krajowej wynosił od ok. 5 km do kilkudziesięciu km.

Sytuacja taka powodowała konieczność stosowania skomplikowanych zabiegów interpretacyjnych i nie pozwalała na wiarygodną interpretację oporności w górnej części przekroju, tj. w przedziale kilkaset metrów do 5 km. (Miecznik i in., 1995, 1996, 2001; Czerwiński i in., 2001; Wójcicki & Stefaniuk, 2000).

Pełne możliwości zarówno w odniesieniu do podłoża, jak i kompleksów fliszowych daje rejestracja w szerszym i wyższym zakresie częstotliwości.

Pomiar referencyjny i referencyjne przetwarzanie danych są obecnie standardowo stosowane w obszarach występowania zakłóceń elektromagnetycznych. Technika referencyjna polega na ściśle synchronicznej rejestracji wybranych par składowych pola magnetotellurycznego na dwóch punktach: polowym i referencyjnym. Na punkcie referencyjnym, z założenia wolnym od zakłóceń, rejestruje się na ogół składowe magnetyczne. Korzystając ze związków składowych tensora impedancji z funkcjami



Ryc. 3. Badania geofizyczne wykonane i przewidziane do wykonania dla projektu CARTA
 Fig. 3. Completed and planned geophysical investigations for the CARTA Project

koherencji dla odpowiednich par przebiegów czasowych składowych pola magnetotellurycznego, przy uwzględnieniu kanałów referencyjnych, eliminuje się wpływ zakłóceń nieskorelowanych na tych dwóch punktach.

Jak już wspomniano pojedynczy zestaw aparaturowy MT-1 pozwala na równoczesną rejestrację dla 10 kanałów pomiarowych. Istnieje ponadto możliwość precyzyjnej synchronizacji rejestracji za pomocą dowolnej liczby zestawów aparaturowych. Pozwala to na projektowanie różnorodnych wersji konfiguracji układu pomiarowego w zależności od warunków geologicznych i topograficznych, w których wykonywane są badania MT. Możliwość taka jest szczególnie istotna wobec konieczności eliminacji wpływu niejednorodności przypowierzchniowych o niewielkich rozmiarach, oraz w przypadku prowadzenia względnie płytkich szczegółowych badań prospekcyjnych. (Jones, 1988). Dla badań o charakterze szczegółowym — w USA została opracowana metoda profilowania ciągłego — ze specyficznym, dostosowanym do takiej metodyki oprogramowaniem interpretacyjnym.

Prace z aparaturą MT-1

Eksperymentalne i szkoleniowo-metodyczne prace pomiarowe z zastosowaniem nowego systemu zostały rozpoczęte w 1997 r. Pierwsze dwa miesiące prac polowych zostały poświęcone zagadnieniom metodycznym, kontroli poprawności funkcjonowania aparatury, a także szkolenia zespołu. Szczególnie trudne okazało się znalezienie odpowiedniego punktu referencyjnego. W tym celu zostały wykonane pomiary testowe w kilkunastu punktach pomiarowych, przy zastosowaniu specjalnie zaprojektowanej konfiguracji układu pomiarowego. Pierwsze prace o charakterze metodycznym zostały wykonane wzdłuż krótkich profili Zawoja-Potrójna w zachodniej części Karpat i Kamienica Dolna-Głębikowa w części wschodniej.

W 1997 r. przedstawiciele Państwowego Instytutu Geologicznego, Polskiego Górnictwa Naftowego i Gazownictwa oraz Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych opracowali projekt badań magnetotellurycznych w Karpatach. Projekt ten zyskał uznanie Komisji Zasobów Kopalni i został skierowany do realizacji. Celem projektu jest dostarczenie informacji niezbędnych do rozwiązania regionalnych problemów odnoszących się do głębokiej budowy Karpat i ich podłoża oraz do rozwiązania niektórych problemów związanych z poszukiwaniem złóż węglowodorów. Dodatkowym zadaniem jest rozpoznanie głębokiej struktury skorupy ziemskiej do strefy Moho.

Dla wyżej wymienionych zadań zaprojektowano 27 profili rozmieszczonych na całym, polskim, obszarze Karpat. Dziewiętnaście profili zorientowano poprzecznie do rozciągłości struktur fliszowych, a pozostałe mają charakter wiążący. Prace pomiarowe zostały rozpoczęte w 1998 r. i są prowadzone do dnia dzisiejszego. Zakończenie prac i interpretacja będzie zakończona w 2002 r. Lokalizacje profili magnetotellurycznych pokazano na ryc. 1.

Do końca 2000 r. zostały wykonane prace polowe i wstępne opracowane danych pomiarowych dla profili nr

3–8 w części zachodniej, profili 14–19 w części wschodniej oraz dla wybranych odcinków profili wiążących o numeracji 20, 21, 24 i 25 (ryc. 1). Dane pomiarowe są sukcesywnie interpretowane, a ich wyniki zestawiane w pięcioczęściowej dokumentacji. Dwie części tej dokumentacji zostały już przekazane instytucjom finansującym prace i były przedmiotem obrony i dyskusji w szerokim gronie specjalistów geologów i geofizyków. Powszechnie są wyrażane opinie, że badania magnetotelluryczne wniosą wiele istotnych, nowych informacji odnoszących się do budowy pokrywy fliszowej Karpat i ich podłoża. Przykład interpretacji sondowań magnetotellurycznych, ze wschodniej części Karpat, łącznie z grawimetrią przedstawia ryc. 2.

Dla rozpoznania skomplikowanej budowy geologicznej Karpat jest niezbędna znajomość danych geofizycznych i geologicznych z obszaru Polski i krajów sąsiednich. W tym celu została nawiązana współpraca przygraniczna z Czechami, Słowacją, a także z Ukrainą, w efekcie której mają być sporządzone wspólne mapy geofizyczne i geologiczne oraz wykonane regionalne geofizyczno-geologiczne profile przecinające cały łuk Karpat. W 1999 r. został opracowany wspólny program badawczy Czech, Słowacji, Ukrainy i oczywiście Polski *Bank danych geofizycznych i geologicznych Karpat — zebranie i unifikacja danych dla celów energetycznych i ochrony środowiska* (Gajewski & Jawor, 1999). Na ryc. 3 pokazano lokalizację prac, które będą wykonywane w ramach projektu. Wymieniony program przewiduje także wykonanie badań magnetotellurycznych wzdłuż profili regionalnych. Projekt przewiduje wykonanie i opracowanie danych geofizycznych i geologicznych ze środków finansowych krajów uczestniczących w programie i Unii Europejskiej.

Obydwa wymienione programy: polski (badań magnetotellurycznych) i międzynarodowy (badań geofizycznych i geologicznych), w zakresie magnetotelluriki zająć się wzdłuż 4 profili regionalnych. W ten sposób wyniki prowadzonych obecnie badań MT będą mogły zostać wykorzystane do kompleksowej interpretacji profili regionalnych. Dlatego też, szczególnie interesujące jest przedłużenie pomiarów magnetotellurycznych wzdłuż wymienionych 4 profili na terytorium Słowacji. Kompleksowa interpretacja z wykorzystaniem przekrojów geologicznych, analizy parametrów fizycznych skał oraz wyników nowych pomiarów magnetotellurycznych i grawimetrycznych powinna dostarczyć szczególnie interesujących danych do rozpoznania budowy geologicznej orogenu karpackiego i jego podłoża.

W okresie lat 1996–2001 rezultaty badań magnetotellurycznych wykonanych aparaturą MT-1 przedstawiano w trakcie czterech dużych konferencji krajowych i wielu międzynarodowych (Stefaniuk i in., 1998a; Stefaniuk & Czerwiński, 1999; Stefaniuk i in., 1998b; Stefaniuk, 1995; Czerwiński & Miecznik, 1999).

Przyszłość badań magnetotellurycznych

Próbując ocenić dotychczasowe wyniki badań MT można stwierdzić, że metoda ta może się stać jednym z

podstawowych narzędzi przyspieszających postęp w rozpoznaniu regionalnej budowy geologicznej Karpat, a także stanowić w kompleksie z sejsmiką refleksyjną i grawimetrią istotną pomoc w poszukiwaniach naftowych. Wykorzystanie w metodzie magnetotellurycznej i grawimetrycznej naturalnych zjawisk fizycznych nie powoduje zmian w naturalnym środowisku, co jest szczególnie ważne w Karpatach.

Kilkuletnie doświadczenie PBG w stosowaniu tej metody upoważnia do stwierdzenia, że metoda MT jest względnie tania, łatwa do stosowania w trudnym morfologicznie terenie, może uzupełniać wyniki badań sejsmicznych lub też wspomagać ich interpretację.

W przyszłości planowane są prace, które mogą rozszerzyć możliwości stosowania metody MT o takie zagadnienia jak:

— wykrywania koncentracji złota i rud metali (np. rejon projektowanych wierceń Miedzianka PIG-1, Gryfów PIG-1)

— rozpoznania wglębnej struktury krystaliniku bystrzyckiego na obszarze południowej części Polanicy i Cieplic Zdroju w aspekcie wykrycia stref krążenia wód termalnych.

— wykorzystania metody MT w kompleksie z danymi sejsmicznymi do rozpoznania struktur podcechszczyńskich na Niżu Środkowopolskiego i Pomorza oraz do kartowania struktur fliszowych.

bezpośredniego poszukiwania i rozpoznawania złóż węglowodorów

— wykorzystanie metody magnetotellurycznej w wersji kontrolowanego źródła w problematyce hydrogeologicznej i ochronie środowiska.

W dniach 22–24 maja br. w Moravianach nad Wagiem odbędzie się międzynarodowa konferencja nt. *The Carpathian Geodata*. W trakcie sesji referatowych i posterowych zostanie zaprezentowane 38 referatów, z czego 6 będzie poświęconych wysokoczęstotliwościowym badaniom magnetotellurycznym w Karpatach.

W ciągu ostatnich siedmiu lat wiele uwagi problemom MT poświęcili: dr Krzysztof Szamałek, dr inż. Witold Weil, dr Jacek Henryk Jezierski, prof. dr hab. Stanisław Speczik, prof. dr hab. Aleksander Guterch, prof. dr hab. inż. Wojciech Górecki, dr Stefan Młynarski, dr Jędrzej Pokorski, dr inż. Eugeniusz Jawor, mgr inż. Zenon Borys, prof. dr Frank H. Morrison, dr Giuseppe Guarino, dr Edward Nichols, dr Erika Gasperikowa, dr Jozef Vozar i wiele wiele nie wymienionych z nazwiska koleżanek i kolegów. Za pomoc jakiej mi udzielili serdecznie dziękuję

Literatura

CZERWIŃSKI T. & MIECZNIK J. 1999 — Interpretation of magnetotelluric data along the line Bukowina Tatrzańska–Niepołomice, western part of the Polish Carpathians–Dobrogea — the interface between

Carpathians and the Trans — European Suture Zone; Program and abstracts volume, Bucharest.

CZERWIŃSKI T., GAJEWSKI A., KLITYŃSKI W., MIECZNIK J. & STEFANIUK M. 2001 (w druku) — Badania magnetotelluryczne w Karpatach. Kwart. AGH. Geologia.

GAJEWSKI A. & JAWOR E. 1999 — Bank danych geofizycznych i geologicznych Karpat — zebranie i unifikacja danych dla celów energetycznych i ochrony środowiska (maszynopis). Arch. PBG.

GAJEWSKI A. 2001 — The Carpathian geodata unification and evaluation for energy and environmental purposes — „CARTA” (maszynopis). Arch. PBG.

JANKOWSKI J., PAWLISZYN J., JÓ WIĄK W. & ERNST T. 1991 — Synthesis of electric conductivity surveys performed on the Polish part of the Carpathians with geomagnetic and Magnetotelluric Sounding methods. *Publs. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sci.*, A-19 (236).

JONES A.G. 1988 — Static shift of magnetotelluric data and its removal in a sedimentary basin environment. *Geophysics*, 53: 967–978.

MIECZNIK J. 1993 — Reinterpretacja sondowań magnetotellurycznych w obszarze dodatnich anomalii grawimetrycznych Strzyżowa–Babicy i Gogołowa. *Oprac. niepublikowane, Archiwum Zakładu Poszukiwań Nafty i Gazu, Jasło*.

MIECZNIK J., STEFANIUK M. & KLITYŃSKI W. 1995 — The methodology of magnetotelluric investigation in heterogeneous media. *Bull. Pol. Ac. Sci., Earth Sciences*, 43: 99–112.

MIECZNIK J., STEFANIUK M. & KLITYŃSKI W. 1996 — Badania magnetotelluryczne w Karpatach fliszowych. *Kwart. AGH. Geologia*, 22: 39–48.

MOLEK M. & KLIMKOWSKI W. 1991 — Dokumentacja badań magnetotellurycznych. temat: badania wglębnej budowy geologicznej Karpat: Karpaty, lata 1988–1990. Arch. PBG Warszawa.

STEFANIUK M. 1995 — Selected problems of the basement tectonics of the Polish Carpathians in the light of magnetotelluric sounding interpretation. *XV Congress CBGA. Spec. Publ. Geol. Soc. Greece, Athens*: 1155–1160.

STEFANIUK M., CZERWIŃSKI T., WAJDA A. & MRZYGLÓD T. 1998a — Perspektywy i problemy wykorzystania badań magnetotellurycznych do rozpoznawania utworów fliszowych na przykładzie przekroju Zawoja–Potrójna. *XIX Konferencja Terenowa Sekcji Tektonicznej Pol. Tow. Geol. — Magura 98. Mat. Konf.*: 42–43.

STEFANIUK M., CZERWIŃSKI T., WAJDA A. & MRZYGLÓD T. 1998b — First results of high-frequency magnetotelluric investigations in Poland. *Book of Abstracts, the 14th Workshop on Electromagnetic Induction in The Earth, Sinai*.

STEFANIUK M., CZERWIŃSKI T., WAJDA A. & MRZYGLÓD T. 1998c — Some problems of magnetotelluric survey under conditions of complex geology and strong EM noise: a Polish Carpathians case study — Conference and exhibition “Modern exploration and improved oil and gas recovery methods”, Kraków.

STEFANIUK M. & CZERWIŃSKI T. 1999 — Selected results of laboratory investigations of pulse electromagnetic radiation from subjected to stress and destruction. *Conference IUGG 99 Birmingham*.

STEFANIUK M. & KLITYŃSKI W. 2000 — Selected results of magnetotelluric data interpretation in eastern part of the Polish Carpathians. *Vijesti Hrvatskoga Geoloskog Društva*, 37: 121.

ŚWIĘCICKA-PAWLISZYN J. 1980 — Dokumentacja badań geoelektrycznych, temat: Karpaty. *Profile regionalne F i V rok 1975 i lata 1978–1979*. Arch. PBG Warszawa.

ŚWIĘCICKA-PAWLISZYN J. & MOLEK M. 1975 — Dokumentacja badań geoelektrycznych, temat: Profile regionalne. *Profil F (Bali-gród–Przemysł)*. Arch. PBG.

ŚWIĘCICKA-PAWLISZYN J. & PAWLISZYN J. 1978 — Zastosowanie badań magnetotellurycznych do rozpoznawania złożonych struktur geologicznych. *Biul. PBG, Warszawa*, 2: 16–25.

WÓJCICKI A. & STEFANIUK M. 2000 — Kompleksowa interpretacja danych magnetotellurycznych i grawimetrycznych dla profilu IG (Radoszyce–Przemysł). *Materiały seminaryjne*: 27–29.